

**STAN GLEB UŻYTKOWANYCH ROLNICZO  
NA OBSZARZE SUDETÓW  
I PRZEDGÓRZA SUDECKIEGO**



**Jarosław Kaszubkiewicz, Maciej Dębowski,  
Marcin Dębowski, Paweł Jezierski,  
Dorota Kawałko, Wanda Tasz**

**STAN GLEB UŻYTKOWANYCH ROLNICZO  
NA OBSZARZE SUDETÓW  
I PRZEDGÓRZA SUDECKIEGO**



**WROCLAW 2011**

*Autorzy:*

Jarosław Kaszubkiewicz, Maciej Dębowski, Marcin Dębowski,  
Paweł Jezierski, Dorota Kawałko, Wanda Tasz

*Opiniodawca*

prof. dr hab. Andrzej Mocek

*Redaktor merytoryczny*

prof. dr hab. inż. Zofia Spiak

*Opracowanie redakcyjne*

dr Ewa Jaworska

*Korekta*

mgr Elżbieta Winiarska-Grabosz

*Łamanie*

mgr inż. Małgorzata Sebzda

*Projekt okładki*

Halina Sebzda

Monografie CXXV

Publikacja finansowana ze środków budżetu Województwa Dolnośląskiego

© Copyright by Uniwersytet Przyrodniczy we Wrocławiu, Wrocław 2011

ISSN 2083-1151

ISBN 978-83-7717-061-8

**WYDAWNICTWO UNIWERSYTETU PRZYRODNICZEGO WE WROCŁAWIU**

**Redaktor Naczelny – prof. dr hab. Andrzej Kotecki**

**ul. Sopotcka 23, 50-344 Wrocław, tel. 71 328-12-77**

**e-mail: wyd@up.wroc.pl**

---

Nakład 100 + 16 egz. Ark. wyd. 8,9 Ark. druk. 8,0

Druk i oprawa: F.P.H. „ELMA”

# SPIS TREŚCI

1. WSTĘP.....	7
2. CHARAKTERYSTYKA BADANEGO OBSZARU .....	9
2.1. Fizjografia i budowa geologiczna.....	9
2.2. Klimat .....	17
2.3. Stosunki wodne .....	22
3. CZYNNIKI DEGRADUJĄCE ŚRODOWISKO GLEBOWE .....	27
3.1. Naturalne formy degradacji.....	27
3.1.1. Erozja wodna.....	28
3.1.2. Powierzchniowe ruchy masowe.....	29
3.1.3. Erozja wietrzna .....	30
3.2. Antropogeniczne formy degradacji .....	30
4. CHARAKTERYSTYKA GLEB I ICH UŻYTKOWANIE .....	33
4.1. Typy i podtypy gleb .....	34
4.2. Klasyfikacja gleb .....	36
4.2.1. Bonitacja gruntów ornych .....	36
4.2.2. Bonitacja trwałych użytków zielonych .....	38
4.3. Kompleksy przydatności rolniczej gleb.....	40
4.3.1. Kompleksy glebowo-rolnicze gruntów ornych .....	40
4.3.2. Kompleksy trwałych użytków zielonych .....	44
4.4. Struktura użytkowania .....	46
4.5. Obszary o niekorzystnych warunkach gospodarowania.....	49
4.6. Waloryzacja rolniczej przestrzeni produkcyjnej omawianych powiatów.....	51
5. WYBRANE WŁAŚCIWOŚCI BADANYCH GLEB.....	55
5.1. Metodyka badań laboratoryjnych .....	55
5.2. Skład granulometryczny.....	56
5.3. Stan zakwaszenia gleb.....	58
5.4. Zawartość makroskładników (fosfor, potas, magnez).....	63
5.4.1. Zawartość przyswajalnego fosforu .....	64
5.4.2. Zawartość przyswajalnego potasu .....	65
5.4.3. Zawartość przyswajalnego magnezu.....	67
6. ZAWARTOŚĆ METALI CIĘŻKICH W GLEBACH 11 POWIATÓW SUDETÓW I PRZEDGÓRZA SUDECKIEGO .....	69
6.1. Cynk (Zn).....	69

6.2. Miedź (Cu) .....	74
6.3. Ołów (Pb) .....	79
6.4. Kadm (Cd) .....	84
6.5. Nikiel (Ni) .....	84
6.6. Chrom (Cr) .....	90
6.7. Arsen (As) .....	91
6.8. Rtęć (Hg) .....	96
6.9. Sumaryczna ocena zawartości metali ciężkich w glebach SiPS.....	100
6. PODSUMOWANIE .....	104
8. LITERATURA .....	107
9. SPIS MAP .....	112

# 1. WSTĘP

Środowisko przyrodnicze jest zróżnicowane i ulega ciągłym przeobrażeniom, które zmieniają jego produkcyjne funkcje i ekologiczne właściwości. Gleba stanowi podstawowy składnik środowiska przyrodniczego i w zależności od przebiegu procesów glebotwórczych charakteryzuje się określonym układem właściwości chemicznych, fizycznych i biologicznych. Spełnia ona różnorodne funkcje, ma działanie filtrujące i buforujące, chroniące ekosystemy przed nadmiernym przepływem substancji niepożądanych do innych elementów środowiska. Wszelkie zmiany zachodzące w glebie, spowodowane zanieczyszczeniem środowiska przyrodniczego, wpływają na właściwości biologiczno-chemiczne i ograniczają filtrujące i buforujące działanie gleb. Zmiany w składzie chemicznym gleb oddziałują bezpośrednio na rośliny, a pośrednio także na zwierzęta i człowieka. Szczególne znaczenie ma zawartość pierwiastków śladowych (metale ciężkie), ponieważ organizmy żywe reagują zarówno na ich niedobór, jak i nadmiar oraz na zmiany form ich występowania i wzajemnych proporcji.

Wszędzie tam, gdzie żyje człowiek i przejawia swoją aktywność gospodarczą, towarzyszą mu, obok złożonych pozytywnych wyników, również negatywne skutki uboczne, prowadzące do powstawania strat.

Przemysłowa i gospodarcza działalność człowieka jest nieunikniona, bowiem stanowi nośnik postępu, niezależnie od poziomu rozwoju danego społeczeństwa. Daleko idąca ingerencja człowieka w skomplikowany układ środowiska przyrodniczego powinna być odpowiedzialna, gdyż skutki naszych poczynań będą oddziaływać na następne pokolenia. Człowiek ma prawo korzystać z dóbr przyrody, ale winien to czynić w sposób rozsądny i zrównoważony. Nadmierne i nieprzemysłane wykorzystywanie jej zasobów, wcześniej czy później, spowoduje katastrofalne skutki, gdyż prawa przyrody są nieubłagalne i działają z żelazną konsekwencją.

Gleba, będąc podstawowym elementem środowiska przyrodniczego, a zarazem środkiem produkcji, musi być racjonalnie użytkowana i podlegać szczególnej ochronie, a kierunki i rozmiary zmian zachodzących w środowisku glebowym powinny być przedmiotem stałych badań. Ochrona zasobów glebowych dyktowana jest potrzebą wytwarzania odpowiedniej ilości produktów roślinnych, o wysokich walorach jakościowych.

Potrzebom tym wychodzi naprzeciw Urząd Marszałkowski Województwa Dolnośląskiego, podejmując szereg inicjatyw służących rozpoznaniu jakości i dynamiki zmian środowiska glebowego na terenie województwa. Jednym spośród podejmowanych działań jest inicjowanie badań gleb na terenie poszczególnych powiatów oraz rozpowszechnianie informacji o ich wynikach. Rezultatem takich działań jest między innymi niniejsze opracowanie.

Merytoryczny zakres opracowania obejmuje cztery główne części. Pierwsza poświęcona jest charakterystyce obszaru Sudetów i Przedgórze Sudeckiego. W drugiej scharakteryzowano czynniki degradujące środowisko glebowe na badanym obszarze. W części trzeciej dokonano charakterystyki gleb i ich wybranych właściwości, a w czwartej omówiono i oceniono

zawartość metali ciężkich w glebach oraz odniesiono stwierdzone w badaniach zawartości do standardów jakości gleb.

Treść opracowania ukierunkowana jest na wykorzystanie przy podejmowaniu decyzji administracyjnych i agrotechnicznych, których skutkiem powinna być ochrona gleb i racjonalizacja ich wykorzystania.

Koszty opracowania zostały sfinansowane ze środków Terenowego Funduszu Ochrony Gruntów Rolnych Województwa Dolnośląskiego.



## 2. CHARAKTERYSTYKA BADANEGO OBSZARU

W poniższym rozdziale przedstawiono podstawowe informacje z zakresu fizjografii województwa dolnośląskiego. Długa historia geologiczna Sudetów ma swoje odzwierciedlenie w mozaikowej strukturze składającej się z obszarów o rozmaitej budowie geologicznej. Zagadnienia te opisano w odniesieniu do analizowanych powiatów. Charakterystyka klimatu została przedstawiona z uwzględnieniem siedmiu regionów klimatycznych. W pracy zawarto dane dotyczące średnich temperatur powietrza i rozkładu opadów atmosferycznych, co bezpośrednio przekłada się na długość okresu wegetacyjnego. Dokonano również oceny agroklimatu, wykorzystując wskaźnik bonitacji. W części tej opisano także stosunki powietrzno-wodne na terenie jedenastu powiatów należących do Sudeckiego Regionu Hydrogeologicznego.

### 2.1. Fizjografia i budowa geologiczna

#### Powiat jeleniogórski

W całości ma charakter górski. Położony w Sudetach Zachodnich – zajmuje Kotlinę Jeleniogórską (400–450 m n.p.m.) oraz otaczające ją góry, tj. północną część Karkonoszy ze Śnieżką liczącą 1602 m n.p.m., południowe zbocza Gór Kaczawskich, ze szczytami przekraczającymi 700 m wysokości, wschodnią część Gór Izerskich z ponad 1000 metrowymi szczytami oraz zachodnią część Rudaw Janowickich z najwyższym Skalniem (945 m n.p.m.) [Atlas... 1997].

Rzeźba terenu cechuje się dużym zróżnicowaniem form, co jest bezpośrednim wynikiem wieloletniego wypiętrzania i fałdowania górotworu i długich okresów niszczenia. Stąd też starym masywom górskim o wyrównanych grzbietach towarzyszą: rozległa Kotlina Jeleniogórska, głębokie doliny rzek (m.in. Bobru, Kamiennej, Szklarki, Kamińczyka, Podgórnego), malownicze skałki dochodzące do 25 m wysokości, a w Karkonoszach ponadto formy polodowcowe takie jak kotły (Śnieżne Kotły, Kocioł Wielkiego Stawu i Kocioł Małego Stawu), niske niwalne (Biały Jar), moreny, jeziora (Wielki Staw – 8,2 ha powierzchni i 24 m głębokości, Mały Staw – 2,9 ha powierzchni i 6 m głębokości) oraz wodospady (Kamińczyk, Szklarka) [Plan rozwoju lokalnego powiatu jeleniogórskiego na lata 2004–2006].

Centralna część Kotliny Jeleniogórskiej, jak i sąsiadujący z nią od południa główny grzbiet Karkonoszy zbudowane są z granitów [Borkowska 1966]. Znajdujące się na zachodzie Góry Izerskie i Pogórze Izerskie, a także leżące na wschodzie Rudawy Janowickie tworzą skały starsze, wielokrotnie pofałdowane i przeobrażone. Góry Izerskie utworzone są z granitoidów, a w części północnej ze skał metamorficznych, natomiast Przedgórze Izerskie z gnejsów, granitognejsów, szarogłazów i bazaltów. Wschodnia część powiatu wkracza na Rudawy

Janowickie, zbudowane w zachodniej części również z granitów. Południowy człon Gór Kaczawskich zamykający Kotlinę Jeleniogórską od południa wykazuje bardzo duże zróżnicowanie pod względem budowy geologicznej (kwarcyty, łupki, skały wulkaniczne, wapienie krystaliczne), przez co spotyka się tu bogactwo form – zębate grzebienie, ostre stożki, niskie kopce [Oberc 1972].

### **Powiat kamiennogórski**

Powiat kamiennogórski pod względem geograficznym znajduje się na pograniczu Sudetów Zachodnich i Środkowych. Przeważająca jego część leży w Kotlinie Kamiennogórskiej, której środkiem płynie rzeka Bóbr z lokalnymi dopływami. Centralną część zajmuje Brama Lubawska wznosząca się na wysokości 420–500 m n.p.m., będąca śródgórskim obniżeniem utworzonym w obrębie skał karbońskich niecki środkowosudeckiej [Stuczyński i in. 2004]. Od zachodu powiat ograniczają Karkonosze (niewielki, wschodni człon zbudowany z łupków metamorficznych) oraz Rudawy Janowickie (w części wschodniej masywu zbudowane ze skał metamorficznych) z silnie rozczłonkowanymi stokami. Na północy powiatu znajduje się wschodnia część Gór Kaczawskich (charakterystyka – powiat jaworski), natomiast na wschodzie Góry Wałbrzyskie i Kamienne (charakterystyka – powiat wałbrzyski). Od południa omawiany obszar ogranicza północno-wschodni fragment Gór Stołowych (charakterystyka – powiat kłodzki) oraz Góry Krucze zbudowane głównie z piaskowców, zlepieńców i porfirów. Najwyższymi szczytami powiatu są Łysocina (1188 m n.p.m.) na południowym zachodzie, Skalnik (945 m n.p.m.) na zachodzie, Krąglak (692 m n.p.m.) na wschodzie, Róg (715 m n.p.m.) i Szeroka (842 m n.p.m.) na południu [Program ochrony środowiska dla powiatu kamiennogórskiego 2004].

### **Powiat wałbrzyski**

Powiat wałbrzyski w całości ma charakter górski. Północna część obejmuje Pogórze Wałbrzyskie zbudowane przeważnie ze skał paleozoicznych, zrównanych w poziomie od 300 do 500 m n.p.m. i opada tektonicznym stopniem ku Obniżeniu Podsudeckiemu. Krawędź tego progu rozcinają jarowe doliny Strzegomki i Pełcznicy – rzek spływających z Gór Wałbrzyskich.

W północno-wschodniej części powiatu znajdują się Góry Sowie. Budują je prekambryjskie gnejsy. Ich kulminację stanowi lekko falista wierzchowina, ponad którą wznoszą się płaskie kopuły szczytów (Wielka Sowa 1014 m n.p.m.). Strome skoki porożcinane są krótkimi, głębokimi i stromościennymi dolinami potoków. Doliny górnej Bystrzycy i jej dopływów dzielą masyw na kilka członów.

Góry Wałbrzyskie stanowią centralną i północno-zachodnią część powiatu. Przedstawiają izolowane kopuły (Rybnicki Grzbiet, Borowa 854 m n.p.m., Chełmiec 834 m n.p.m.), wznoszące się ponad poziomem Pogórza Wałbrzyskiego. Są to wychodnie porfirowych żył kominowych, przecinających skały karbońskie z węglem kamiennym i inne paleozoiczne formacje skalne. Sąsiadują z nimi płaskie, płytowe wyżyny rozczłonkowane głębokimi dolinami o zatorfionych dnach i łagodnych zboczach.

Przedłużeniem Gór Wałbrzyskich w kierunku południowo-wschodnim jest Obniżenie Nowej Rudy (charakterystyka – powiat kłodzki). Północno-zachodni skraj powiatu stanowi dolina górnej Bystrzycy. Tu w naturalnym krajobrazie widnieją liczne szyby kopalń i stożkowate hałdy [Kondracki 2002, Stuczyński i in. 2004].

Od południa Góry Wałbrzyskie graniczą z Górami Kamiennymi. Budują je odporne permskie porfiry, odsłonięte wzdłuż brzegu niecki śródsudeckiej, tworząc grzbiety o stromych zboczach. W wyniku procesów denudacyjnych doszło do ich wydzielenia spod mało odpornych skał osadowych. Najwyższą część Gór Kamiennych stanowią Góry Suche (Waligóra 936 m n.p.m.).

Południowo-zachodni skraj powiatu obejmuje niewielkie fragmenty dwóch mezoregionów – Gór Stołowych i Obniżenia Ścinawki (charakterystyka – powiat kłodzki).

### **Powiat kłodzki**

Pod względem geomorfologicznym powiat kłodzki leży na obszarze Sudetów Środkowych i Wschodnich. Centralną jego część stanowi śródgórskie obniżenie Kotliny Kłodzkiej wraz z przedłużeniem w kierunku południowym w postaci rowu Górnej Nysy Kłodzkiej oraz w kierunku północno-zachodnim w postaci Obniżenia Ścinawki i Obniżenia Noworudzkiego. Na jego obszarze wyróżnia się mniejsze jednostki, do których można zaliczyć w obrębie Sudetów Środkowych: Góry Sowie, Góry Suche, Góry Bardzkie, Góry Stołowe, Wzgórza Włodzickie z Obniżeniem Noworudzkim i Obniżeniem Ścinawskim, Wzgórza Ścinawskie, Góry Bystrzyckie, Góry Orlickie, Wzgórza Lewińskie z Obniżeniem Kudowy oraz Kotlinę Kłodzką z Rowem Górnej Nysy Kłodzkiej. Natomiast w obrębie Sudetów Wschodnich mniejszymi jednostkami są: Masyw Śnieżnika, Góry Bialskie i Góry Żłote [Atlas...1997]. Do najbardziej charakterystycznych elementów morfologicznych należą grzbiety górskie Masywu Śnieżnika, a także grzbiety Gór Bystrzyckich, Stołowych, Sowich, Żłotych i Bardzkich. Pasma górskie Gór Bystrzyckich i Orlickich mają przebieg zbliżony do południkowego, natomiast pozostałe, tj. Góry Sowie, Bardzkie, Żłote, Stołowe i Krowiarki mają przebieg NW-SE. Wysokości bezwzględne na obszarze powiatu wahają się od około 260 m n.p.m. w rejonie północnego odcinka Nysy Kłodzkiej do 1423,7 m n.p.m. (Śnieżnik) w Masywie Śnieżnika.

Utwory geologiczne występujące na terenie powiatu kłodzkiego reprezentują przedział czasowy od starszego proterozoiku po czwartorzęd. Badany obszar charakteryzuje się skomplikowaną budową geologiczną powstałą w różnych warunkach i przynależną do różnych jednostek geologicznych [Program ochrony środowiska i plan gospodarki odpadami dla powiatu kłodzkiego 2003].

Centralną część powiatu zajmuje Kotlina Kłodzka będąca rowem tektonicznym o kierunku południowym, oddzielającym Sudety Środkowe od Wschodnich. Dno Kotliny jest powierzchnią ścinającą różnowiekowe serie skalne, nie tylko warstwy kredowe, lecz również paleozoiczne, w poziomie 300–450 m n.p.m. Budują je paleozoiczne łupki metamorficzne, szarogłazy, amfibolity i sjenity. W części południowej, w obrębie tektonicznego Rowu Górnej Nysy, występują osady górnokredowe. Wierzchowinę dna Kotliny w partii północnej pokrywa częściowo less. Poza osadami rzecznyymi w dolinach cieków zachowały się pozostałości czwartorzędowych pokryw morenowych i iłow zastoiskowych [Kondracki 2002, Stuczyński i in. 2004].

W kierunku północno-wschodnim Kotlina Kłodzka przechodzi w Obniżenie Ścinawki powstałe na wychodniach iłowcowych i piaskowcowych skał górnopermskich i dolnotriasowych niecki śródkowosudeckiej. W dolnym biegu Ścinawki wyróżniają się niewysokie Wzgórze Ścinawskie (Gardzień 556 m n.p.m.), powstałe z porfirów i melafirów.

Od wschodu Kotlinę Kłodzką zamyka Masyw Śnieżnika zbudowany z gnejsu (kulminacje) oraz metamorficznych łupków łuszczycowych (obniżenia dolinne i przelęczce). Od kopuły

samego Śnieżnika (1425 m n.p.m.) rozchodzą się promieniście niższe odgałęzienia, tworząc grzbiety łączące masyw główny z sąsiednimi kulminacjami. Doliny rzek i potoków głęboko wcinają się w zbocza górotworu, tworząc jary z wodospadami.

W części południowo-wschodniej powiatu występują Góry Złote (990 m n.p.m.). Ich wąski grzbiet rozbity jest na kilka członów, zbudowanych z różnych pod względem odporności skał: sjenitów, gnejsów, wapieni i łupków krystalicznych oraz amfibolitów i fyllitów. Tak zróżnicowana budowa geologiczna ma swoje odzwierciedlenie w bogactwie form rzeźby.

Od zachodu Kotlinę Kłodzką zamykają Góry Bystrzyckie i Góry Stołowe. Góry Bystrzyckie pod względem budowy geologicznej tworzą wspólny blok prekambryjski z równoległym do nich pasmem Gór Orlickich. W części północnej zbudowane są z kredowych, grubych piaskowców ciosowych i margli, które płasko zalegają na kambryjskich gnejsach i łupkach mikowych. Część południowa wykazuje nieco odmienną rzeźbę, nie zalega na niej pokrywa mezozoiczna [Stuczyński i in. 2004].

Góry Stołowe stanowią jedyne w Polsce góry płytowe (Mały i Wielki Strzeliniec 919 m n.p.m.). Największy obszar zajmują górnokredowe skały osadowe niecki śródsudeckiej, w północno-zachodniej części leżące prawie poziomo, w północno-wschodniej zapadające się lekko ku południowi. Skały te tworzą różne kompleksy skalne: piaskowce ciosowe dolne, piaskowce ciosowe górne i piaskowce glaukonitowe, margle ilasto-piaszczyste z wkładkami piaskowca ciosowego. Efektem różnic w odporności pomiędzy poszczególnymi poziomami oraz dużej przepuszczalności piaskowców jest powstanie skalnych labiryntów.

Od południa Góry Stołowe graniczą z Górami Orlickimi, a od zachodu z Pogórzem Orlickim. Góry Orlickie tworzą skały metamorficzne: głównie różne odmiany gnejsów oraz łupków łuszczkowych z wkładkami wapieni krystalicznych, amfibolitów i kwarcytów. W kilku miejscach skały metamorficzne przecięte są niewielkimi masywami granitów. Pogórze Orlickie obejmuje wzgórza powstałe z granitu, skał paleozoicznych i kredowych (Grodziec 803 m n.p.m.).

Część północną powiatu, w przedłużeniu Kotliny Kłodzkiej, stanowią Góry Bardzkie (500–700 m n.p.m.). Budują je skały paleozoiczne: zlepieńce, piaskowce kwarcytowe, łupki oraz skały pochodzenia wulkanicznego. Kierunek fałdowań przebiega w poprzek do rozciągłości gór, wyznaczonej przez trzeciorzędowe uskoki (500–700 m n.p.m.), co warunkuje mimo niewysokich wysokości bezwzględnych urozmaicenie rzeźby [Kondracki 2002].

Od zachodu Góry Bardzkie sąsiadują z Obniżeniem Nowej Rudy powstałym w obrębie wychodni mało odpornych skał karbońskich oraz permskich – utworów czerwonego spągowca (piaskowce, zlepieńce). W jego podłożu występują utwory karbonu – węgiel kamienny i łupki ogniotrwałe.

Góry Kamienne to wąski grzbiet rozdzielający Obniżenie Nowej Rudy i Obniżenie Ścinawki. Budują je odporne permskie porfiry, odsłonięte wzdłuż brzegu niecki śródsudeckiej, tworząc grzbiety o stromych zboczach. Ich wschodnia część, w okolicy Nowej Rudy, zbudowana jest z czerwonego spągowca, gabra oraz diabazu i wydzielana jako Wzgórze Włodzickie (758 m n.p.m.) [Stuczyński i in. 2004].

Niewielką powierzchnię w północnej części powiatu zajmują Góry Sowie (charakterystyka – powiat dzierzoniowski).

## **Powiat zgorzelecki**

Powiat zgorzelecki znajduje się w strefie granicznej Niziny Śląsko-Łużyckiej i Pogórza Zachodniosudeckiego. Jego północna część leży w regionie Borów Dolnośląskich – płaskiej, lekko nachylonej ku północy równinie pokrytej utworami glacialnymi (gliny zwałowe moreny dennej) i fluwioglacjalnymi (piaski i żwiry rzeczne oraz sandrowe) z miejscowo występującymi formami wydmowymi.

Na południu Bory Dolnośląskie graniczą z Pogórzem Izerskim, które przeważnie budują gnejsy i granity batolitu izersko-karkonoskiego, trzeciorzędowe bazalty. Ponadto występują tu morskie osady mezozoiczne (piaskowce kredowe, wapienie muszlowe), osady morza miocenińskiego oraz piaski i gliny czwartorzędowe. Jest to teren lekko falisty o wysokościach na poziomie 300–500 m n.p.m [Kondracki 2002, Walczak 1970].

Południowo-zachodnia część powiatu obejmuje Obniżenie Żytawsko-Zgorzeleckie. Składa się ono z Kotliny Turosszowskiej, Obniżenia Zawidowskiego i Równiny Zgorzeleckiej. Kotlina Turosszowska jest największym mikroregionem Obniżenia i stanowi zapadlisko tektoniczne wypełnione trzeciorzędowymi osadami jeziornymi z grubymi pokładami węgla brunatnego.

Południowo-wschodnia część powiatu to niewielki fragment Gór Izerskich (charakterystyka – powiat lwówecki).

## **Powiat bolesławiecki**

Powiat bolesławiecki leży na styku jednostek fizjograficznych (prowincji) rangi europejskiej – Niżu Środkowoeuropejskiego (część północna) oraz Masywu Czeskiego (część południowa). Wynikiem takiego położenia powiatu jest znaczna odmienność hipsometryczna, geomorfologiczna i geologiczna obydwu jego części.

Środkowa część powiatu obejmuje Bory Dolnośląskie (na zachodzie) oraz Równinę Chojnowską (na wschodzie), gdzie wysokości bezwzględne zmniejszają się od około 250–260 m n.p.m. w sąsiedztwie Pogórzy do około 120–130 m n.p.m. Przy północnym skraju powiatu Bory Dolnośląskie to teren równinny, pokryty utworami glacialnymi (gliny zwałowe moreny dennej) i fluwioglacjalnymi (piaski i żwiry rzeczne i sandrowe). Na wschód od niego rozciąga się Równina Chojnowska, będąca denudowaną równiną morenową z ostańcami kemowymi, miejscami z pokrywą lessową. Północno-wschodnia część powiatu obejmuje Wysoczyznę Lubińską – teren pofałdowany, pokryty osadami zlodowaceń środkowopolskich – głównie piaskami i żwirami oraz glinami. W części zachodniej Równiny występują Wzniesienia Chocianowskie dochodzące do 180–190 m n.p.m. [Stuczyński i in. 2004].

Obszary na południu powiatu dochodzą do 310 m n.p.m. i wchodzą w skład Pogórza Izerskiego i Pogórza Kaczawskiego. Pogórze Izerskie jest zbudowane przeważnie z gnejsów oraz granitów batolitu izersko-karkonoskiego i przecięte żyłami bazaltu. W części północnej na skałach starszego podłoża występują osady morza miocenińskiego oraz piaski i gliny czwartorzędowe.

Pogórze Kaczawskie położone jest w obrębie dwóch jednostek geologicznych: metamorfiku kaczawskiego oraz niecki północnosudeckiej. W części południowej Pogórza niecka północnosudecka tworzy zagłębienie między starszymi fragmentami skorupy ziemskiej, wypełnione skałami osadowymi: piaskowcami, mułowcami, zlepieńcami, wapieniami i marglami, którym towarzyszą skały wulkaniczne: porfiry i melafiry. W kilku miejscach starsze skały

przebite są przez trzeciorzędowe bazalty. Starsze podłoże przykryte jest częściowo przez osady plejstocenijskie – gliny i piaski oraz lessy, a także holocenijskie piaski, żwiry i utwory akumulacji rzecznej [Kondracki 2002].

### **Powiat lubański**

Obszar powiatu lubańskiego częściowo przynależy do geograficznego makroregionu Przedgórze Sudeckiego, którego fragmentem jest Pogórze Izerskie, częściowo natomiast do Sudetów Zachodnich, obejmując m.in. Góry Izerskie [Strategia rozwoju powiatu lubańskiego 2004]. Pogórze Izerskie budują paleozoiczne skały metamorficzne i osadowe, morskie osady mezozoiczne (piaskowce kredowe, wapienie muszlowe) oraz trzeciorzędowe bazalty. W krajobrazie Pogórza przeważa lekko falista wierzchovina (300–500 m n.p.m.) o niewyraźnej północnej granicy na skutek zanurzenia się skał podłoża pod osady morza miocenijskiego oraz piaski i żwiry czwartorzędowe. Powierzchnię jej częściowo pokrywają rzeczne osady lodowcowe i plejstocenijskie z twarżielowymi pagórami bazaltowymi. Centralną część powiatu stanowi Dolina Kwisy, której dno wypełniają aluwia rzeczne.

W południowej części powiatu występuje północno-zachodni skraj Gór Izerskich (charakterystyka – powiat lwówecki), oddzielony od Pogórza tektonicznym stopniem wysokości około 400 m. Wysokości bezwzględne dochodzą tu do około 1100 m n.p.m. [Kondracki 2002, Walczak 1970].

### **Powiat lwówecki**

Powiat lwówecki znajduje się w obrębie Sudetów Zachodnich. Centralną i południowo-wschodnią jego część obejmuje bardzo zróżnicowane pod względem fizjograficznym Pogórze Izerskie, w części położonej na międzyrzeczu górnej Kwisy i Bobru [Atlas 1997]. Podłoże większej partii Pogórza Izerskiego stanowi blok karkonosko-izerski. Budują je gnejsy, granitognejsy, szarogłazy i bazalty, a wysokości dochodzą tu do 450–540 m n.p.m. Wzniesienia Radoniowskie to płaskie pagóry (350–400 m n.p.m.) wytworzone z gnejsów, przykrytych glinami zwałowymi i utworami pyłowymi. Obniżenie Lubomierskie jest tektoniczną zakłębłością o pagórkowatej powierzchni na północy graniczące ze Wzgórzami Radomickimi, które stanowią falistą wyżynę (300–350 m n.p.m.) zbudowaną z gnejsów i zlepieńców permskich.

Pogórze Izerskie od południa sąsiaduje z Górami Izerskimi, które tylko w kilku miejscach przekraczają 1000 m n.p.m. (Wysoka Kopa 1126 m n.p.m.). Erozja rozczłonowała wyrównaną powierzchnię szczytową na dwa pasma (Grzbiet Kamieniecki i Grzbiet Wysoki) oddzielone szerokim padolem górnej Kwisy [Stuczyński i in. 2004]. Góry Izerskie tworzą rozległy i rozgałęziony system orograficzny (blok izersko-karkonoski), stanowiący odzwierciedlenie złożonej struktury geologicznej całego górotworu z granitową częścią centralną i otoczką skał metamorficznych (gnejsy, granitoidy i łupki łuszczycowe, wkładki amfibolitów). Selektywne wietrzenie skał o różnym stopniu odporności doprowadziło do powstania różnorodnych form ostańcowych [Kondracki 2002, Stuczyński in. 2004].

Północne i północno-wschodnie tereny powiatu obejmuje Pogórze Kaczawskie położone w obrębie dwóch jednostek geologicznych: metamorfiku kaczawskiego oraz niecki północno-sudeckiej. W części południowej Pogórza niecka północnosudecka tworzy zagłębienie między starszymi fragmentami skorupy ziemskiej, wypełnione skałami osadowymi: piaskowcami, mułowcami, zlepieńcami, wapieniami i marglami, którym towarzyszą skały wulkaniczne:

porfiry i melafiry. W kilku miejscach starsze skały przebite są przez trzeciorzędowe bazalty. Starsze podłoże przykryte jest częściowo przez osady plejstocenijskie – gliny i piaski oraz lessy, a także holocenijskie piaski, żwiry i twory akumulacji rzecznej [Kondracki 2002, Program ochrony środowiska dla powiatu lwóweckiego 2004].

### **Powiat jaworski**

Powiat jaworski pod względem fizjograficznym składa się z dwóch części – nizinnej (północno-wschodniej) i górskiej (południowo-zachodniej). Graniczne położenie powiatu sprawia, że w jego obrębie występują zarówno krajobrazy górskie (Góry Kaczawskie i Wałbrzyskie), podgórskie (Pogórze Kaczawskie i Wałbrzyskie) oraz równinne (Równiny Chojnowska i Wrocławska) z wyspowymi Wzgórzami Strzegomskimi [Atlas... 1997].

Górską część powiatu tworzą cztery mezoregiony: Góry Kaczawskie z Pogórzem Kaczawskim oraz fragment Gór Wałbrzyskich z Pogórzem Wałbrzyskim [Stuczyński i in. 2004].

Góry Kaczawskie (południowo-zachodnia część powiatu) są typem gór niskich, gdzie wysokości względne nie przekraczają 250 m n.p.m., a piętrowość klimatyczno-roślinna się nie zaznacza. Ich szczyty (najwyższy, Skopiec 724 m n.p.m.) tworzą zębate grzbiecienie, ostre stożki lub niskie kopce. Znaczne urozmaicenie form urzeźbienia wiąże się ze zróżnicowaniem materiału skalnego. Zbudowane są z krystalicznych wapieni kambryjskich, kwarcytów, łupków i skał wulkanicznych. Na północ od nich rozpościera się Pogórze Kaczawskie. Pod względem budowy geologicznej przedstawia nieckę wypełnioną skałami triasowymi i kredowymi. Najwyższe wzniesienia są stożkami bazaltowymi wulkanów mioceńskich (Ostrzyca 499 m n.p.m.).

W sąsiedztwie Pogórze Kaczawskiego rozciąga się Pogórze Wałbrzyskie, zbudowane przeważnie ze skał paleozoicznych, zrównanych w poziomie od 300 do 500 m n.p.m., które opada tektonicznym stopniem ku Obniżeniu Podsudeckiemu. Krawędź tego progu rozcinają jarowe doliny Strzegomki i Pelcznicy – rzek spływających z Gór Wałbrzyskich. Góry Wałbrzyskie zajmują niewielką powierzchnię w południowej części powiatu (charakterystyka – powiat wałbrzyski).

Północno-wschodnią część powiatu obejmują Wzgórze Strzegomskie, które stanowią północno-zachodni człon Przedgórze Sudeckiego. Są granitową intruzją w obrębie zmetamorfizowanych łupków paleozoicznych, przebitą przez żyły trzeciorzędowych bazaltów, które tworzą kulminację tych wzgórz (350 m n.p.m.). W ich obrębie zlokalizowane są liczne kamieniołomy [Kondracki 2002, Stuczyński i in. 2004].

Pomiędzy Wzgórzami Strzegomskimi a pogórzem Wałbrzyskim rozciąga się Obniżenie Podsudeckie. Pod względem geologicznym stanowi ono rodzaj rowu tektonicznego, wypełnionego osadami mioceńskiego morza oraz piaskami i glinami czwartorzędowymi.

Część północna powiatu to Równina Chojnowska. Jest to teren pofałdowany z kulminacją na wysokości 250 m n.p.m. Pod względem geologicznym to obszar bloku przedsudeckiego, pokryty osadami zlodowaceń południowopolskich – głównie piaskami, żwirami i glinami oraz lessami, gdzie w południowej, wyższej części mezoregionu odsłaniają się miejscami bazalty.

W północno-wschodniej części powiatu znajduje się Równina Wrocławska. Jest to morenowo-sandrowa równina z ostańcami moren czołowych i kemów. W obrębie powiatu osiąga wysokości 140–160 m n.p.m. [Kondracki 2002, Stuczyński i in. 2004].

## **Powiat dzierzoniowski**

Geograficznie powiat dzierzoniowski w swej głównej części znajduje się na Przedgórzu Sudeckim. Jest to obszar zróżnicowany, w zasadniczej części równinny (Kotlina Dzierżoniowska), poprzepłatany licznymi wzgórzami (Wzgórze Krzyżowe, Gilowskie, Bielawskie i Łagiewnickie) [Atlas... 1997]. Teren powiatu obejmuje również północno-wschodnie stoki Gór Sowich i część Masywu Ślęży z górą Radunią oraz zachodnią część Wzgórz Niemczańsko-Strzelińskich [Program ochrony środowiska dla powiatu dzierzoniowskiego 2004]. Granicę pomiędzy poszczególnymi makroregionami stanowi sudecki uskok brzeżny o kierunku NW-SE i amplitudzie kilkuset metrów.

Najwyższą część powiatu tworzą Góry Sowie, wznoszące się w jego obrębie na wysokości do 800-900 m n.p.m. Budują je prekambryjskie gnejsy. Ich kulminację stanowi lekko falista wierzchowina, ponad którą wznoszą się płaskie kopuły szczytów (do około 1000 m n.p.m.). Strome stoki porozcinane są krótkimi, głębokimi i stromościennymi dolinami potoków [Stuczyński i in. 2004].

Obniżenie Podsudeckie pod względem geologicznym stanowi rodzaj rowu tektonicznego, wypełnionego osadami mioceneskiego morza oraz piaskami i glinami czwartorzędowymi. Rozciąga się na wysokości 250-300 m n.p.m. w centralnej i zachodniej części powiatu. Południowo-wschodnia część Obniżenia wyodrębniana jest jako Kotlina Dzierżoniowska granicząca od wschodu ze Wzgórzami Niemczańsko-Strzelińskimi, a od północy z Masywem Ślęży.

Niewysokie pasmo Wzgórz Niemczańsko-Strzelińskich zbudowane jest z różnych skał magmowych (gabro, bazalt) i metamorficznych (gnejsy, serpentyny). Miejscami występuje kaolinowa zwietrzelina skał podłoża, a w obniżeniach trzeciorzędowe ropy. Zachowało się też przejściowo pokrycie piaskami i glinami czwartorzędowymi [Kondracki 2002]. Wysokości bezwzględne zmieniają się tu od 430 m n.p.m. w pagórkowatej części południowej, do 160-170 m n.p.m. w równinnej północnej części regionu.

Część północna powiatu obejmuje południowy skłon Masywu Ślęży, wyodrębniony jako Pasma Raduni (573 m n.p.m.) oraz Wzgórze Oleszeńskie (387 m n.p.m.). Budują je skały serpentynitowe [Stuczyński i in. 2004].

## **Powiat ząbkowicki**

Środkową część powiatu ząbkowickiego zajmuje Obniżenie Otmuchowskie. Jest to zapadlisko tektoniczne, które wykorzystuje Nysa Kłodzka w swym środkowym biegu. Z Obniżeniem wiąże się Kotlina Ząbkowicka nad lewym dopływem Nysy – Budzówką. W zachodniej części mezoregionu zaznacza się izolowany Masyw Grochowski (492 m n.p.m.) – diabazowo-magnezowy twardzielec ze złożami magnezytu, eksploatowanymi odkrywkowo.

Od północy Obniżenie Otmuchowskie graniczy ze Wzgórzami Niemczańsko-Strzelińskimi, regionem bardzo zróżnicowanym pod względem budowy geologicznej i rzeźby. Na terenie powiatu znajduje się ich południowa część, w obrębie której wyróżnia się szereg mikroregionów. Zbudowane z serpentynitów Wzgórze Szklarskie zamykają od północy Kotlinę Ząbkowicką. Wzgórze Bielawskie to gnejsowe pagórki (441 m n.p.m.), położone na zachód od Wzgórz Szklarskich. Wysoczyzna Ziębicka jest szerokim garbem o wysokości 260-300 m n.p.m., położonym na północ od Obniżenia Otmuchowskiego. Tworzą ją ropy mioceneskie, na których zalegają zdenudowane utwory morenowe i kemowe. Na północ od niej jest górny odcinek szerokiej i płaskiej Doliny Oławy.



Na południe od Obniżenia Otmuchowskiego znajduje się granitowe Przedgórze Paczkowskie (w obrębie powiatu tylko zachodnia część) [Stuczyński i in. 2004]. Zbudowane jest z granitu, a na powierzchni zalegają żwiry i piaski z okresu zlodowacenia odrzańskiego [Kon-dracki 2002].

Południową część powiatu stanowią Góry Żłote (Smrek 1125 m n.p.m.). Ich zróżnicowana budowa geologiczna (gnejsy, granity, gabra, wapień, łupki krystaliczne, fylity i amfibolity) ma swoje odzwierciedlenie w różnorodnych formach grzbietowych, szczytowych i ostańcowych. W naturalnym krajobrazie widoczne są liczne hałdy i wyrobiska, będące pozostałością po eksploatacji surowców mineralnych i skalnych (m. in. złoto, arsen).

Przedłużeniem Gór Żłotych są Góry Bardzkie (charakterystyka – powiat kłodzki). Na północny-zachód od nich ciągną się Góry Sowie (zachodni fragment powiatu). Ciągną się one w postaci jednego wału na wysokości 800–900 m n.p.m., obniżającego się do Przełęczy Srebrnej (586 m n.p.m.). Grzbietowi towarzyszą po obu stronach spłaszczenia na wysokości 600–700 m n.p.m. Kulminację Gór Sowich stanowi lekko falista wierzchowina wznosząca się ponad płaskie kopuły szczytów. Strome stoki porozcinane są krótkimi, głębokimi i stromościetymi dolinami potoków. Szczyty oraz powierzchnię zboczy urozmaicają liczne formy ostańcowe [Stuczyński i in. 2004].

## 2.2. Klimat

Według podglądów wyrażanych przez klimatologów pod pojęciem klimatu rozumie się regularne następstwo zmian atmosferycznych występujących w danej miejscowości lub regionie geograficznym. Wspomniane następstwo jest rezultatem działania wszystkich elementów meteorologicznych oraz procesów fizycznych uwarunkowanych charakterem powierzchni Ziemi i jej pokryciem. Suma tych wpływów decyduje o charakterystycznych w danym regionie lub miejscowościach typach pogody i ich układzie w czasie. W dużym skrócie można więc klimat określić jako wieloletni reżim pogody, przy czym pojęcie reżim oznacza nie tylko całokształt, ale i następstwo zmian pogody [Woś 1999].

Cechy klimatu Polski są uwarunkowane wpływami rozległych obszarów lądowych na wschodzie oraz są kształtowane przez duże połacie wodne Oceanu Atlantyckiego.

Główne czynniki kształtujące i różnicujące klimat Polski to [Woś 1999]:

- 1) czynniki geograficzne – szerokość geograficzna, odległość od morza, prądy morskie, wysokość nad poziomem morza, rzeźba terenu, rodzaj podłoża;
- 2) czynniki radiacyjne – usłonecznienie, bilans promieniowania słonecznego i jego składowe;
- 3) czynniki cyrkulacyjne – ciśnienie powietrza atmosferycznego, kierunki napływu powietrza, fronty atmosferyczne, kierunek i prędkość wiatru.

Klimat obszaru województwa dolnośląskiego zaliczany jest do kategorii klimatów umiarkowanych o cechach przejściowych między klimatem morskim i kontynentalnym. Współwystępowanie morskich i kontynentalnych cech, jak również sporadyczny napływ mas powietrza arktycznego i zwrotnikowego warunkują w tym rejonie dość wysoką zmienność typów pogody w ciągu roku.

Najsilniejszy wpływ na zróżnicowanie warunków klimatycznych na Dolny Śląsku wywiera ukształtowanie terenu i urozmaicona rzeźba terenu.

Zwięzłej charakterystyki najważniejszych cech klimatu województwa dolnośląskiego można dokonać na podstawie opracowania Wosia [1999] i Schmucka [1960]. W obszarze województwa wyróżniono osiem regionów klimatycznych:

- Region Południowowielkopolski,
- Region Dolnośląski Środkowy,
- Region Dolnośląski Zachodni,
- Region Zgorzelecki,
- Region Jeleniogórski,
- Region Kamiennogórski,
- Region Wałbrzyski,
- Region Kłodzki.

Regiony i piętra klimatyczne w województwie dolnośląskim zaprezentowane są na mapie 14. Zwięzłą charakterystykę siedmiu regionów klimatycznych, spośród wcześniej wymienionych ośmiu regionów, zamieszczono poniżej [Głowicki i in. 2005]. W zasięgu objętych charakterystyką siedmiu regionów usytuowane są obszary 11 powiatów.

**Region Dolnośląski Zachodni** – obejmuje Nizinę Śląsko-Łużycką i Północną część Pogórza Zachodniosudeckiego. Najczęściej w roku występuje tu pogoda umiarkowana ciepła (138 dni) i pogoda bardzo ciepła (86 dni). Region wyróżnia największa w Polsce częstość pogody umiarkowanie ciepłej z dużym zachmurzeniem (51 dni). Stosunkowo rzadko pojawia się tu pogoda z przymrozkami (73 dni) i pogoda mroźna (28 dni).

W zasięgu tego regionu znajduje się północna część powiatu zgorzeleckiego (gminy – Pieńsk i Węgliniec), powiat bolesławiecki, z wyjątkiem gminy Nowogrodziec, północno-wschodnia część powiatu lwóweckiego (gmina – Lwówek Śląski) i cztery gminy powiatu jaworskiego (Jawor, Miękinia, Paszowice oraz Bolków).

**Region Dolnośląski Środkowy** – obejmuje Nizinę Śląską i Przedgórze Sudeckie. Ma słabo wyrażoną granicę z regionem Południowowielkopolskim, która biegnie wzdłuż Wału Trzebnickiego. Ostro rysuje się natomiast granica klimatyczna z Sudetami. Najczęściej w roku występuje tu pogoda umiarkowanie ciepła (131 dni), bardzo ciepła (87 dni) oraz z przymrozkami (83 dni). Dni mroźnych jest 28, w tym bardzo mroźnych 1–4.

Swoim zasięgiem rejon ten obejmuje również dwie gminy powiatu jaworskiego – Mściwojów i Wądroże Wielkie.

**Region Zgorzelecki** – obejmuje zachodnią część Pogórza Izerskiego. Leży w klimatycznym piętrze a – ciepłym, zaś tylko na małym skrawku koło Bogatyni w piętrze b – umiarkowanie ciepłym. Jest najcieplejszym regionem sudeckim, ze średnią roczną temperaturą powietrza powyżej 8°C. Okres wegetacyjny rozpoczyna się w trzeciej dekadzie marca i trwa ponad 220 dni. Lato termiczne ( $T_d > 15^\circ\text{C}$ ) trwa około 90 dni i jest najdłuższe w Sudetach.

W zasięgu tego regionu znajdują się gminy powiatu zgorzeleckiego (Bogatynia, Sulików, Zawidów i Zgorzelec) i cztery gminy powiatu lubańskiego (Świeradów Zdrój, Leśnica, Platearówka i Siekierczyn).

**Region Jeleniogórski** – obejmuje Kotlinę Jeleniogórską i otaczające ją 4 masywy górskie; Karkonosze, Góry Izerskie, Rudawy Janowickie oraz Góry Kaczawskie. Schmuck [1960] wyróżnił w tym regionie pięć pięter klimatycznych, położonych w określonych strefach wysokościowych (H):

- piętro a – ciepłe ( $H < 450$  m n.p.m.), z dość długim okresem lata termicznego (47–63 dni), stosunkowo krótką zimą (70 dni) i początkiem okresu wegetacyjnego w pierwszej dekadzie kwietnia;

- piętro b – umiarkowanie ciepłe (450 m n.p.m.<H<600 m n.p.m.), z wydłużonym o 10 dni okresem zimy termicznej, kończącym się w pierwszej dekadzie marca i tylko trzytygodniowym sezonem letnim;
- piętro c – umiarkowanie chłodne (600 m n.p.m.<H<800 m n.p.m.), z trzymiesięcznym okresem zimy i brakiem lata termicznego oraz wysoka sumą roczną opadów (od 1020 do 1150 mm);
- piętro d – chłodne (800 m n.p.m.<H<1000 m n.p.m.), ze średnią roczną temperaturą 4–5°C i długą zimą, trwającą 4 miesiące oraz sumą rocznych opadów 1150–1400 mm;
- piętro e – bardzo chłodne (H>1000 m n.p.m.), z surowym reżimem termicznym, określonym pięcio-, sześciomiesięczną zimą i krótkim okresem wegetacyjnym, rozpoczynającym się w końcu maja.

W zasięgu tego regionu znajduje się obszar powiatu jeleniogórskiego, 3 gminy powiatu lwóweckiego (Mirsk, Gryfów Śląski, Lubomierz) i dwie gminy powiatu lubańskiego (Lubań, Olszyna).

**Region Kamiennogórski** – obejmuje Kotlinę Kamiennogórską z dwoma piętrami: b – umiarkowanie ciepłym (400–600 m n.p.m.) oraz c – umiarkowanie chłodnym (600–800 m n.p.m.). Jest to typowe zastoisko chłodu (zacisze śródgórskie), gdzie zima trwa cztery miesiące i kończy się w drugiej dekadzie marca, a tylko półroczny okres wegetacyjny zaczyna się w połowie kwietnia.

W zasięgu tego regionu znajduje się powiat kamiennogórski, gmina Bolków powiatu jaworskiego, gmina Stare Bogaczowice i Czarny Bór powiatu wałbrzyskiego oraz północny skraj Miasta Wałbrzych.

**Region Wałbrzyski** – to Góry Wałbrzyskie i Kamienne z piętrami b – umiarkowanie ciepłym (400–500 m n.p.m.) i c – umiarkowanie chłodnym (600–800 m n.p.m.) oraz Góry Sowie, w których wydzielić można także piętro d – chłodne (>800 m n.p.m.). Średnia roczna temperatura waha się od 5,5 do 6,5°C, okres wegetacji rozpoczyna się w drugiej dekadzie kwietnia, a lato termiczne w dolinach i na grzbietach nie występuje. W głębokich dolinach tworzą się tu zastoiska chłodu, np. mrozowisko Kotliny Sokołowskiej. Sumy roczne opadów wahają się w granicach 700–800 mm, a w Górach Sowich sięgają do 1000 mm.

W zasięgu tego regionu znajduje się centralna, zachodnia i południowa część obszaru powiatu wałbrzyskiego, północny obszar gminy Nowa Ruda i zachodnie skraje gminy Bielawa i Pieszycy z powiatu dzierzoniowskiego.

**Region Kłodzki** – obejmuje Kotlinę Kłodzką i sąsiadujące z nią masywy, tj. Góry Bystrzyckie i Orlickie, Góry Stołowe, Góry Bardzkie, Góry Bialskie i Masyw Śnieżnika. Podobnie jak w regionie jeleniogórskim występuje tu 5 pięter klimatycznych:

- piętro a – ciepłe (H<400 m n.p.m.), z dość długim okresem lata termicznego (70 dni), stosunkowo krótką zimą (80 dni) i początkiem okresu wegetacyjnego w pierwszej dekadzie kwietnia;
- piętro b – umiarkowanie ciepłe (H=400–600 m n.p.m.), z wydłużonym o 15 dni okresem zimy termicznej, kończącym się w pierwszej dekadzie marca i cztero- lub pięcioletniowym okresem letnim;
- piętro c – umiarkowanie chłodne (H=600–800 m n.p.m.), z czteromiesięcznym okresem zimy i brakiem lata termicznego oraz wysoką sumą roczną opadów (od 800 – 1000 m n.p.m.);

- piętro d – chłodne (H=800–1000 m n.p.m.), ze średnią roczną temperaturą 4–5°C i długą zimą trwającą 4–5 miesięcy oraz sumą roczną opadów powyżej 1 000 mm;
- piętro e – bardzo chłodne (H>1000 m n.p.m.), z surowym reżimem termicznym, określonym pięciomiesięczną zimą i krótkim okresem wegetacyjnym, rozpoczynającym się na początku maja.

Region Kłodzki swoim zasięgiem obejmuje obszar powiatu kłodzkiego (z wyłączeniem północnej części gminy Nowa Ruda) oraz południowo-zachodnie, skrajne obszary gmin Złoty Stok i Bardo z powiatu ząbkowickiego.

W opracowaniu zamieszczono informacje dotyczące warunków termicznych i sumy opadu atmosferycznego w 11 powiatach z obszaru Sudetów i Przedgórze Sudeckiego (SiPS). Na podstawie warunków termicznych określono długość okresu wegetacyjnego – liczbę dni z temperaturą >5°C. Do oceny warunków agroklimatycznych wykorzystano wskaźnik bonitacji agroklimatycznej opracowany w IUNG – Puławy [Stuczyński i in. 2007].

**Temperatura powietrza** – na przebieg w czasie i rozkład przestrzenny wskaźników charakteryzujących stosunki termiczne danego obszaru wpływają czynniki geograficzne i meteorologiczne. Decyduje z jednej strony szerokość geograficzna, wysokość nad poziomem morza, rzeźba terenu, oddalenie od zbiorników wodnych, a ponadto ogólna cyrkulacja nad danym obszarem, jak też transformacja powietrza wskutek wymiany energii pomiędzy atmosferą, a jej podłożem [Woś 1999].

Opierając się na Modelu Agroklimatu Polski (MAP), opracowanym na podstawie wieloletnich danych klimatycznych [Górski, Zaliwski 2002], obliczono średnie wartości temperatury jako norma temperatury powietrza na lata 2001–2010 [Stuczyński i in. 2007].

Średnie wartości temperatury powietrza, obliczone według ww. modelu w 11 powiatach objętych badaniami (w celu porównania podano również średnie temperatury powietrza dla Polski i województwa dolnośląskiego), zestawiono w tabeli 1.

Tabela 1. Średnie temperatury powietrza [°C]

Powiat	Miesiące							Rok
	I	II	VII	VIII	XI	XII	IV–IX	
bolesławiecki	-0,4	0,5	18,4	17,5	4,3	1,3	14,8	9,0
dzierżoniowski	-1,0	0,0	18,0	17,1	3,9	0,8	14,4	8,6
jaworski	-0,8	0,2	18,0	17,1	4,0	0,9	14,4	8,6
jeleniogórski	-1,9	-1,0	16,2	15,4	2,7	-0,3	12,7	7,2
kamiennogórski	-2,0	-1,1	16,3	15,5	2,7	-0,3	12,8	7,2
kłodzki	-1,9	-0,9	16,5	15,8	3,0	-0,2	13,1	7,4
lubański	-0,5	0,3	17,8	16,9	4,1	1,1	14,2	8,6
lwówecki	-1,0	-0,2	17,3	16,4	3,6	0,6	13,7	8,1
wałbrzyski	-1,8	-0,9	16,6	15,8	2,9	-0,2	13,1	7,4
ząbkowicki	-1,0	0,1	17,9	17,1	4,0	0,8	15,3	8,6
zgorzelecki	-0,2	0,6	18,2	17,3	4,4	1,5	14,6	9,0
Województwo dolnośląskie	-0,8	0,2	18,2	17,3	4,0	1,0	14,6	8,7
Polska	-1,7	-0,9	18,5	17,4	3,6	0,3	14,7	8,4

**Opady atmosferyczne**, w porównaniu z innymi elementami pogody, cechuje duża zmienność zarówno w czasie, jak i w przestrzeni. Największe średnie roczne sumy opadów na terenie Polski występują w Karpatach i Sudetach. Szczególnie na tych obszarach zaznacza się zależność rocznych sum opadów od rzeźby terenu i jego wzniesieniem nad poziom morza. Masy powietrza polarno-morskiego, przemieszczające się prostopadle względem pasm górskich Sudetów, pozostawiają na dowietrznych stokach znaczne sumy opadów typu wzniesieniowego [Woś 1999] (tab. 2).

Tabela 2. Średnie sumy opadu atmosferycznego [mm]

Powiat	Miesiące							Rok
	I	IV	V	VI	VII	VIII	IV-IX	
bolesławiecki	39,5	46,9	66,0	73,7	86,3	77,3	403	649
dzierżoniowski	33,3	47,1	72,4	78,2	95,1	80,0	430	653
jaworski	36,6	50,4	73,3	81,3	95,3	82,6	441	683
jeleniogórski	53,8	68,7	92,2	106,4	121,1	105,1	568	914
kamiennogórski	46,3	59,3	81,5	94,5	110,0	95,0	508	807
klodzki	48,4	58,4	82,5	94,7	113,3	96,7	515	825
lubański	50,1	55,7	76,1	88,2	101,4	90,2	473	777
lwówecki	49,7	60,8	82,9	95,4	109,1	95,8	511	823
wałbrzyski	50,5	58,0	78,5	88,9	104,5	89,3	484	797
ząbkowicki	32,6	48,3	75,4	80,4	99,2	82,1	445	668
zgorzelecki	46,0	48,6	66,5	76,2	88,6	80,0	413	686
Województwo dolnośląskie	37,7	46,8	68,7	76,0	91,7	78,6	417	657
Polska	36,0	42,0	58,0	72,0	88,0	76,0	388	616

Przyjmowane kryteria wyznaczania dat początku i końca **okresu wegetacyjnego** wskazują, że daty te pokrywają się z datami początku termicznej wiosny i końca termicznej jesieni. Termiczna wiosna rozpoczyna się, gdy średnia dobową temperatura powietrza przekroczy 5°C, natomiast początek termicznej jesieni przypada na czas, gdy średnia dobową temperatura powietrza osiąga wartość od 5 do 15°C. Ta pora roku kończy się z chwilą spadku średniej dobowej temperatury powietrza poniżej 5°C. Najwcześniej tak się dzieje w wyższych pasmach górskich Karpat i Sudetów, na Pojezierzu Suwalskim i w rejonie Łysogór [Woś 1999], co obrazuje tabela 3. Czas trwania okresu wegetacyjnego jest najdłuższy w zachodniej części Polski – 225 dni.

**Ocena agroklimatu** – do ogólnej oceny warunków agroklimatycznych wykorzystano wskaźnik bonitacji. Można go zastosować do wskazania zróżnicowania walorów klimatycznych dla rolnictwa w Polsce. Wartość 100 punktów oznacza najlepsze warunki agroklimatyczne i występuje w południowo-zachodniej Polsce. Wartości minimalne, dochodzące do 0 pkt. wskaźnik ten uzyskuje w górach. W województwie dolnośląskim średni wskaźnik agroklimatu wynosi 92 pkt., a między powiatami wykazuje zróżnicowanie od 69 pkt. w powiecie jeleniogórskim do 100 pkt. w powiecie oleśnickim (tab. 4).

Tabela 3. Długość okresu wegetacyjnego

Powiat	Długość okresu wegetacyjnego [liczba dni z temperaturą powietrza >5°C]		
	minimum	maksimum	średnia
1	2	3	4
bolesławiecki	219	237	233
dzierżoniowski	177	236	226
jaworski	201	236	226
jeleniogórski	136	229	207
kamiennogórski	170	219	208
kłodzki	154	231	212
lubański	176	234	226
lwówecki	169	234	219
wałbrzyski	181	226	210
ząbkowicki	183	225	216
zgorzelecki	220	237	233
Województwo dolnośląskie	136	238	228

Tabela 4. Wskaźniki bonitacji agroklimatu

Powiat	Bonitacja agroklimatu [pkt]		
	minimum	maksimum	średnia
bolesławiecki	87	97	96
dzierżoniowski	22	99	92
jaworski	65	98	92
jeleniogórski	0	93	69
kamiennogórski	3	86	73
kłodzki	0	95	74
lubański	18	96	90
lwówecki	0	96	83
wałbrzyski	31	92	76
ząbkowicki	49	98	92
zgorzelecki	86	97	95
Województwo dolnośląskie	0	100	92

## 2.3. Stosunki wodne

Pojęcie stosunki wodne w glebie oznacza, w najprostszym ilościowym ujęciu, proporcje między fazą stałą gleby, wodą i powietrzem. Znajomość tych proporcji umożliwia ocenę aktualnych warunków rozwoju roślin zarówno w aspekcie dostatecznej ilości tlenu w glebie

w okresach wilgotnych, jak i możliwości poboru wody przez korzenie w okresach posusznych. Stosunki wodne w glebie, stanowiące wynik krążenia wody w przyrodzie, są sprzężone (oprócz warunków powietrznych) także z warunkami cieplnymi i chemicznymi [Pierzgalski 2010].

W odniesieniu do obszaru i z uwzględnieniem wzajemnych sprzężeń związanych z przepływem pod wpływem energii słonecznej, wody i substancji mineralnych – ogólniejszą definicję stosunków wodnych podał Somorowski [1998]: „Stosunki wodne określane są jako całokształt zjawisk związanych z uwodnieniem terenu, którego zasoby wodne kształtowane są przez wilgoć atmosferyczną i glebowo-gruntową oraz wody powierzchniowe i podziemne w aspekcie ilościowym i jakościowym”.

Zmiany warunków klimatycznych objawiające się w ostatnich latach wzrostem temperatury powietrza, zwiększoną częstotliwością występowania ekstremalnych warunków pogodowych (susze, powodzie) oraz istniejące na gruntach rolnych (w przeważającej większości) jednokierunkowe – odwadniające systemy melioracyjne – sprawiają, że niedobory wody uznaje się obecnie za poważne zagrożenie w produkcji roślinnej.

Woda jest niezbędnym czynnikiem w procesach życiowych roślin. Stanowi ona również podstawowy składnik środowiska, w jakim żyje roślina, wpływając na życie mikroflory glebowej oraz na strukturę i koloidy glebowe. Do najważniejszych funkcji, jakie woda ma do spełnienia, należą [Dzieżyc 1974]:

- 4) udostępnianie roślinom składników pokarmowych w glebie przez ich rozpuszczanie (wodny roztwór glebowy);
- 5) rozprowadzanie składników pokarmowych do wszystkich części roślin;
- 6) udział w procesach asymilacji energii promienistej i CO<sub>2</sub> oraz w syntezie węglowodorów i innych związków organicznych, regulowanie procesów oddychania i temperatury roślin (transpiracja);
- 7) utrzymanie turgoru w komórkach (napięcia – ciśnienia) i odpowiedniego wzajemnego położenia pędów i liści.

Rośliny zużywają wodę do produkcji suchej masy, nasycenia komórek i na transpirację. Niedobory wodne występują wówczas, kiedy zapotrzebowanie wody przez rośliny przewyższa jej przychód. Niewystarczające uwilgotnienie gleby, zwłaszcza w okresach największego zapotrzebowania roślin na wodę, powoduje zahamowanie ich wzrostu, więdnienie oraz znaczne straty w plonach. Praktycznie przyjmuje się, że zużycie wody przez rośliny równe jest wielkości parowania terenowego. Na parowanie terenowe składa się woda zużyta na transpirację roślin, parowanie części opadu bezpośrednio z powierzchni roślin, parowanie gleby oraz woda przejściowo zatrzymana w roślinach, która najczęściej wraca ponownie do atmosfery. Parowanie terenowe zależy od gatunku rośliny, wysokości plonów, warunków klimatycznych i glebowych, uwilgotnienia gleby oraz agrotechniki [Pływczyk, Kowalczyk 2007].

Decydującą rolę w zaopatrzeniu roślin w wodę odgrywa charakter środowiska, a przede wszystkim czynniki klimatyczne, hydrologiczne i glebowe. Wszelkie zróżnicowanie przestrzenne tych czynników stwarza konieczność poznawania tego zróżnicowania, co skutkować winno zapobieganiem i likwidowaniem przypadków zakłócenia równowagi między zasobami wodnymi środowiska a okresowymi potrzebami roślin.

W ujęciu hydrogeologicznym obszar województwa dolnośląskiego można podzielić na trzy regiony, wyraźnie zróżnicowane pod względem warunków hydrogeologicznych oraz zasilań i drenażu [Kiełczawa i in. 2005, Paczyński 1995]:

- Region sudecki,
- Region wrocławski,
- Region wielkopolski.

W zdecydowanej przewadze obszar 11 charakteryzowanych powiatów usytuowany jest w zasięgu regionu sudeckiego. Region ten cechuje się dominacją udziału wód szczelinowych. Warunki hydrogeologiczne są w tym rejonie bardzo zmienne, co dotyczy między innymi charakteru zwierciadła wód (płycej – swobodne, głębiej – zwykle napięte), głębokości występowania poziomu użytkowego i jego miąższości. Częste są przypadki, gdy horyzonty tych wód nie spełniają wymogów użyteczności. Stosunkowo rozległe w regionie są obszary o charakterze depresyjnym, w obrębie których występują wody porowo-szczelinowe w utworach osadowych i wulkanicznych paleozoiku oraz w utworach osadowych mezozoiku. Obszary te w regionie sudeckim wydzielone zostały jako tzw. subregiony:

- bolesławiecki (region niecki północnosudeckiej),
- śródsudecki (region niecki śródsudeckiej),
- żyławsko-węgliniecki.

W skali województwa generalny kierunek wód podziemnych jest prostopadły do przebiegu głównych struktur geologicznych i hydrogeologicznych, i biegnie z kierunku południowo-zachodniego ku północno-wschodniemu.

Ilość wody zmagazynowanej w glebie uzależniona jest głównie od następujących czynników:

- ukształtowania terenu,
- warunków klimatycznych,
- zdolności retencyjnych gleby (zdolność do utrzymywania wody opadowej),
- hydrologicznych warunków tworzenia się poziomu wody gruntowo-glebowej,
- działalności gospodarczej człowieka.

Woda w glebie utrzymywana jest różnymi siłami. Wielkość fizyczną, która określa siłę wiązania wody przez glebę, nazywa się potencjałem wody glebowej lub siłą ssącą gleby. W zależności od sił wiążących wodę w glebie wyróżnia się trzy podstawowe formy wody glebowej [Mocek i in. 2006]:

- woda grawitacyjna utrzymuje się siłami mniejszymi od 0,33 atm, wykorzystywana jest przez rośliny podczas powolnego przemieszczania się w strefie przykorzeniowej;
- woda kapilarna utrzymuje się w glebie siłami od 0,33 do 31 atm, jest w większości dostępna dla roślin;
- woda hygroskopowa utrzymywana jest w glebie siłami od 31 do 10 000 atm, nie wykazuje właściwości cieczy i nie jest dostępna dla roślin, a w glebie przemieszcza się w postaci pary.

Z powyższego wynika, że tylko część wody glebowej jest dostępna dla roślin. Rośliny mogą korzystać jedynie z wody związanej przez glebę siłami mniejszymi, niż wynosi siła ssąca ich systemów korzeniowych. Powszechnie przyjmuje się, że rośliny mogą wykorzystywać jedynie wodę utrzymwaną w glebie siłami mniejszymi niż 15 atm.

Woda wypełniająca w glebie mezopory większe od kapilarnych oraz przemieszczająca się pod wpływem sił grawitacji nosi nazwę wody wolnej. Woda ta nie jest związana z cząstkami gleby ani siłami kapilarnymi, ani tym bardziej molekularnymi. Występuje w zasadzie w dwóch postaciach jako:

- woda infiltracyjna (prześliskająca-grawitacyjna),
- woda gruntowo-glebowa.



Źródłem wody wolnej może być także boczny napływ podpowierzchniowy.

Płytko zalegającą wodę podziemną nazywa się **wodą gruntową**. Jeżeli zwierciadło wody gruntowej zalega bezpośrednio w glebie lub poniżej, lecz na tyle płytko, że podsiąkanie kapilarne wywiera istotny wpływ na procesy zachodzące w glebie, wówczas wodę taką nazywa się **gruntowo-glebową** [Dobrzański i in 1981].

Zdolność danej warstwy gleby do utrzymywania określonej ilości wody nazywamy **pojemnością wodną** gleby. Wyróżnia się pojemność wodą gleby: maksymalną (pełną), kapilarną, połową i punktu wędnięcia [Dzieżyc 1988].

**Maksymalna pojemność wodna** to maksymalna ilość wody, jaka może mieścić się we wszystkich porach danej warstwy gleby podczas obfitego deszczu lub nawodnienia.

**Kapilarna pojemność wodna** to ilość wody zatrzymywana we wszystkich kapilarach gleby. Waha się ona w granicach od 10% w piaskach luźnych do 60% w glebach zwięzłych silnie próchnicznych.

**Połowa pojemność wodna** oznacza taki zapas wody w danej warstwie gleby, z głęboko położonym zwierciadłem wody gruntowej, jaki pozostaje po 2–4 dobach obsiakania gleby uprzednio maksymalnie nasyconej wodą. Jest to, inaczej mówiąc, górna granica zdolności zatrzymywania wody przez glebę w warunkach polowych. Wilgotność odpowiadająca połowej pojemności wodnej gleb waha się od 3–40% wagowych; stanowi ona dla piasków około 25%, a dla gleb ciężkich 80–90% ich porowatości [Dzieżyc 1974].

**Pojemność wodna w punkcie wędnięcia** to ilość wodny niedostępnej dla roślin. Przy tym stanie uwilgotnienia gleb rośliny wędną nieodwracalnie. Odpowiada ona zapasowi wody, jaki pozostaje jeszcze w glebie po trwałym zwiędnięciu roślin, tzw. punkt trwałego wędnięcia.

Na podstawie prac i badań IUNG–PIB w Puławach dokonano syntetycznej charakterystyki stosunków wodnych gleb w poszczególnych powiatach. Przyjętym w ocenie wskaźnikiem jest pojemność wodna gleb w profilu glebowym do 1m, wyliczona jako różnica pomiędzy połową pojemnością wodną (PPW) a punktem trwałego wędnięcia (PTW). Różnica ta stanowi objętość tak zwanej wody dostępnej dla roślin (WDR). Z takim stanem nasycenia mamy do czynienia w okresie wiosennym, po odprowadzeniu z profilu glebowego wody związanej w makroporach.

Obliczenia wody dostępnej wykonano, biorąc pod uwagę charakterystyki wodne różnych gatunków gleb, korzystając z informacji o budowie profili glebowych, przedstawionych na mapie glebowo-rolniczej w skali 1 : 25 000.

W przestrzennej ocenie pokrywy glebowej przyjęto trzy poziomy wody dostępnej w mm:

- niski, gdy <125 mm,
- średni, gdy 125–170 mm,
- wysoki, gdy >170 mm.

Analizę przeprowadzono z uwzględnieniem typów gospodarki wodnej:

- opadowo-gruntowego, w którym w profilu wody gruntowe występują na głębokości do 2 m,
- opadowego, w którym wody gruntowe występują na głębokości >2m.

Dane przestrzenne o poziomach lustra wody gruntowej pozyskano z mapy hydrogeologicznej w skali 1:300 000. W opadowym typie gospodarki wodnej system korzeniowy roślin może korzystać wyłącznie z wody opadowej zatrzymanej w profilu. W glebach o opadowo-gruntowym typie gospodarki wodnej zapasy wody dostępnej dla roślin, oprócz opadów,

są uzupełnione przez podsiak kapilarny, którego strefa znajduje się w zasięgu systemu korzeniowego roślin.

W tabeli 5 przedstawiono syntetyczne dane charakteryzujące stosunki wodne gleb w poszczególnych powiatach z obszaru SiPS

Tabela 5. Pojemność wodna użytków rolnych

Powiat	Gleby o poz. wody gruntowej do 2 m				Gleby o poz. wody gruntowej poniżej 2 m			
	% gleb o pojemności wodnej			% UR	% gleb o pojemności wodnej			% UR
	niskiej	średniej	wysokiej		niskiej	średniej	wysokiej	
bolesławiecki	28,2	35,2	36,6	17,6	20,5	37,5	42,0	82,4
dzierżoniowski	5,6	5,1	89,3	26,7	11,3	8,4	80,3	73,3
jaworski	11,3	3,1	85,7	11,2	15,6	2,8	81,5	88,8
jeleniogórski	22,0	10,6	67,3	25,5	32,1	7,9	59,9	74,5
kamiennogórski	24,2	7,0	68,8	27,0	28,8	6,3	64,9	73,0
kłodzki	25,0	8,1	66,8	5,6	39,7	9,0	51,3	94,4
lubański	16,7	7,5	75,8	6,9	6,2	10,3	83,4	93,1
lwówecki	13,7	4,0	82,3	11,9	22,1	4,8	73,1	88,1
wałbrzyski	42,0	5,0	53,0	13,5	48,3	9,5	42,1	86,5
ząbkowicki	6,5	8,1	85,5	13,1	9,3	10,7	79,9	86,9
zgorzelecki	13,1	19,2	67,7	12,2	13,1	18,8	68,0	87,8
Województwo dolnośląskie	23,3	20,6	56,1	26,3	20,5	15,9	63,6	73,7

Źródło: IUNG-PIB w Puławach, opracowanie niepublikowane

## 3. CZYNNIKI DEGRADUJĄCE ŚRODOWISKO GLEBOWE

Jednym z wielu czynników deformacji środowiska przyrodniczego i widocznego zagrożenia dla życia na Ziemi są nasilające się procesy degradacji gleb. W rozdziale przedstawiono naturalne formy degradacji (erozja, ruchy masowe), które mają miejsce na obszarze Sudetów i Przedgórze Sudeckiego. Konsekwencją złożonej budowy geologicznej tego regionu jest obecność wielu rzadkich minerałów, kamieni szlachetnych i półszlachetnych. Ponadto występują tu rudy i złoża szlachetnych metali, z których eksploatacją związane są początki tutejszego górnictwa. Sudety to także spore pokłady węgla kamiennego i brunatnego. W drugiej połowie XX w. pozyskiwano tutaj uran. Obfitość zasobów naturalnych spowodowała wiele nieodwracalnych zmian w środowisku, czego efektem są opisane poniżej antropogeniczne formy degradacji.

Degradacją nazywa się pogorszenie właściwości chemicznych, fizycznych, biologicznych gleb oraz spadek ich aktywności biologicznej, co powoduje zmniejszenie ilości oraz jakości pozyskiwanej biomasy roślin. Degradację gleby powoduje głównie człowiek w sposób bezpośredni, zniekształcając procesy glebotwórcze lub likwidując wierzchnią pokrywę glebową. Działania pośrednie, takie jak wielkopowierzchniowe wycinki lasów, nadmierna intensyfikacja produkcji rolnej, emisja zanieczyszczeń pyłowych i gazowych przez przemysł, transport, gospodarkę komunalną czy też obniżenie poziomu wód gruntowych wskutek nadmiernego ich eksploatowania również powodują degradację gleb. Odpowiedzialne za nią mogą być także czynniki naturalne, głównie erozja gleby oraz zmiany klimatyczne.

Istnieje wiele podziałów form degradacji, które tworzone są albo na podstawie klasyfikacji przyczyn degradacji, albo z uwzględnieniem w pierwszym rzędzie jej zróżnicowanych skutków. Trudność w dopracowaniu jednolitej, klarownej systematyki zagrożeń wynika stąd, że różne czynniki i mechanizmy nakładają się na siebie, co niekiedy uniemożliwia wyznaczenie głównej przyczyny degradacji. Ponadto, zwykle mamy do czynienia z jednoczesnym działaniem różnych czynników naturalnych i antropogenicznych, które wspólnie przyczyniają się do pogorszenia właściwości gleb lub ich zupełnego niszczenia [Karczewska 2008].

### 3.1. Naturalne formy degradacji

**Erozja** to niszczenie powierzchniowej warstwy gleby, polegające na dezintegracji jej struktury i mechanicznym przemieszczaniu cząstek glebowych pod wpływem działania sił wiatru lub wody. W znaczeniu geologicznym terminem erozja określa się wszelkie procesy wietrzenia i dezintegracji skał, czyli ich mechanicznego niszczenia oraz transportu i akumulacji powstałych w ten sposób produktów. Zależnie od rodzaju czynnika niszczącego moż-

na wyróżnić erozję: wodną (rzeczną, morską, podziemną, czyli sufozję), wietrzną, a niekiedy także lodowcową. Również powierzchniowe ruchy masowe, związane z mechanizmem soliflukcji, są klasyfikowane w geologii jako szczególne formy erozji, które prowadzą do podobnych skutków jak erozja wodna. Efektem działalności erozyjnej i ruchów masowych jest przemieszczanie materiału skalnego i jego osadzanie w innych położeniach.

Należy podkreślić, że erozja jest naturalnym procesem rozwoju krajobrazu, kształtującym zróżnicowane formy makro- i mikrorzeźby terenu. Nie można całkowicie wyeliminować naturalnych procesów erozyjnych, nawet jeśli wpływają one na ograniczenie działalności gospodarczej człowieka. Natomiast erozja spotęgowana, związana z nieodpowiedzialnymi decyzjami człowieka, jest zjawiskiem niepożądanym [Karczewska 2008].

### 3.1.1. Erozja wodna

Związana jest ze zmywaniem przez wodę cząstek gleby z terenów pochyłych, czemu towarzyszy powstawanie osadów deluwialnych i aluwialnych w miejscach położonych niżej. Nasilenie procesów erozyjnych uwarunkowane może być zarówno czynnikami przyrodniczymi (wielkość spadków terenu, długość stoków, formy rzeźby terenu, mikrorelief, gatunek i rodzaj gleby, wielkość i intensywność opadów), jak i gospodarczymi, związanymi ze sposobem użytkowania gruntów oraz organizacją przestrzeni. Na terenach narażonych na erozję wodną określa się zarówno potencjalne, jak i rzeczywiste (aktualne) zagrożenie. **Erozja potencjalna** jest to stan ogólnego zagrożenia erozją danego obszaru, uzależniony od czynników stałych, niezmiennych, niezależnych od sposobu użytkowania terenu i podejmowanych działań erozyjnych. **Erozja aktualna** to stan rzeczywistego postępu procesów erozyjnych na danym obszarze, uzależniony nie tylko od potencjalnego zagrożenia niszczeniem, ale także od czynników zmiennych, a zwłaszcza sposobu użytkowania i rodzaju pokrywy roślinnej.

Do gruntów najbardziej narażonych na erozję wodną należą utwory pyłowe (szczególnie lessy), gleby bardzo lekkie (piaski luźne i słabogliniaste) oraz rędziny (zwłaszcza kredowe i jurajskie).

Skutkiem erozji wodnej jest zazwyczaj zmiana wartości użytkowej gleb wynikająca ze zmian miąższości poziomu próchnicznego, właściwości morfologicznych i fizycznych gleby oraz zmniejszenia jej zasobności w składniki pokarmowe. Znaczna część materiału wymytego z powierzchni gleb jest transportowana wraz z wodami rzeczными na duże odległości, co prowadzi do bezpowrotnej straty tego materiału [Karczewska 2008].

Województwo dolnośląskie charakteryzuje się dużą przestrzenną zmiennością rzeźby terenu. Czynnikiem o zasadniczym znaczeniu przy występowaniu erozji w regionie jest przestrzenna zmienność stopnia podatności gleb na erozję, będąca pochodną ich składu granulometrycznego i właściwości skały macierzystej. Stąd, do najsilniej urzeźbionej części województwa należą Sudety i Podgórze Sudetów. Ujmując syntetycznie, największe zagrożenie erozyjną degradacją gleb dotyczy terenów górskich, należących do powiatów: wałbrzyskiego, jeleniogórskiego, kamiennogórskiego i kłodzkiego, gdzie potencjalna erozja w stopniu umiarkowanym, średnim, silnym i bardzo silnym łącznie obejmuje ponad 40% gruntów ornych [Stuczyński i in. 2007].

### 3.1.2. Powierzchniowe ruchy masowe

Powierzchniowe ruchy masowe, a w szczególności soliflukcja, spęływanie zboczy oraz tworzenie osuwisk i obrywów prowadzą do analogicznych skutków jak erozja wodna. Ustawą z dnia 19 lutego 2004 r. o zmianie ustawy – Prawo ochrony środowiska oraz niektórych innych ustaw [Dz.U.2004 Nr 49, poz. 464] wprowadzono do polskiego systemu prawnego termin **ruchy masowe ziemi**. Pojęcie to zostało zdefiniowane w art. 3, pkt 32a ustawy POŚ jako powstające naturalnie lub na skutek działalności człowieka osuwanie, spęływanie albo obrywanie powierzchniowych warstw skał, zwietrzliny i gleby. W ustawie wyróżniono dwie kategorie terenów, tzn. tereny zagrożone ruchami masowymi ziemi oraz tereny, na których takie ruchy występują.

Do warunków sprzyjających wystąpieniu ruchów masowych należą:

- duże nachylenie stoku,
- mały stopień spoistości (zwięzłości) zwietrzliny na stoku,
- duży ciężar poszczególnych okruchów skalnych oraz duża miąższość zwietrzliny na stoku,
- ułożenie warstw skalnych zgodnie z nachyleniem stoku,
- nasączenie wodą zwietrzliny na stoku (wyrazne zmniejszenie siły tarcia),
- podcinanie stoku przez wody, lodowiec lub fale morskie, albo w wyniku działania człowieka,
- trzęsienia ziemi.

Rozporządzenie Ministra Środowiska z dnia 20 czerwca 2007 r. w sprawie informacji dotyczących ruchów masowych ziemi [Dz. U. 2007 Nr 121, poz. 840] określiło:

- sposób ustalania terenów zagrożonych ruchami masowymi ziemi oraz terenów, na których występują te ruchy;
- metody, zakres i częstotliwość prowadzenia obserwacji terenów zagrożonych ruchami masowymi ziemi oraz terenów, na których występują te ruchy;
- informacje, jakie powinien zawierać rejestr terenów zagrożonych ruchami masowymi ziemi oraz terenów, na których występują te ruchy;
- sposób prowadzenia, formę i układ rejestru.

Tereny zagrożone ruchami masowymi ziemi oraz tereny, na których występują te ruchy, ustala się na podstawie:

- wywiadu i analizy dostępnych w tym zakresie materiałów archiwalnych;
- analizy dostępnych materiałów kartograficznych;
- analizy dostępnych dokumentacji geologicznych;
- analizy dostępnych zdjęć lotniczych, map satelitarnych i ortofotomap (materiałów teledetekcyjnych);
- wizji w terenie;
- badań geologiczno-inżynierskich, hydrogeologicznych, geotechnicznych i geofizycznych.

Osuwanie się gruntu czy też spęływanie zboczy powodowane jest często działaniem czynników naturalnych, np. podcinaniem brzegów rzeki przez wody rzeczne. Często przyczyną masowych ruchów gruntów są ekstremalne warunki pogodowe, np. obfite opady śniegu, a następnie jego intensywne topnienie, co sprzyja powstawaniu tak zwanych lawin gruntowych w warunkach wysokogórskich albo obfite opady deszczu – inicjujące osuwanie się ciężkich, nasiąkniętych wodą mas gruntu pod wpływem siły grawitacji. Działalność człowieka może prowadzić do intensyfikacji tego typu procesów. Z osuwaniem się i spęływaniem

gruntu mamy często do czynienia w rejonach rozległych robót ziemnych, związanych z górnictwem odkrywkowym, budową obiektów technicznych takich jak zapory, obwałowania, drogi i różne obiekty przemysłowe [Karczevska 2008].

Na terenie województwa dolnośląskiego ruchy masowe występują w niektórych częściach Sudetów (Góry Bardzkie), a także na obszarach powierzchniowej eksploatacji górniczej – na stokach dużych odkrywek w rejonie Turoszowa (powiat zgorzelecki).

### 3.1.3. Erozja wietrzna

**Erozja wietrzna** (eoliczna) polega na unoszeniu cząsteczek gleby przez wiatr i deponowaniu ich w odległych miejscach. O aktualnym i potencjalnym zagrożeniu erozją eoliczną decydują takie czynniki jak: rodzaj i gatunek gleby, czynniki geomorfologiczne i topograficzne, siła wiatru, wilgotność gleby oraz rodzaj pokrywy roślinnej i sposób użytkowania terenu.

Pośród różnych rodzajów gleb najbardziej narażone na erozję wietrzną są piaski (w szczególności luźne i słabogliniaste) oraz utwory murszowate i mursze.

Ukształtowanie terenu ma istotny wpływ na zagrożenie gleb erozją wietrzną. Procesy erozyjne szczególnie intensywnie zachodzą w wierzchowinowych partiach gór oraz na rozległych, płaskich, otwartych przestrzeniach. Najłatwiej wywiewane są cząstki gleb silnie przesuszonych. Okresem sprzyjającym temu zjawisku jest zima, gdy wieją silne wiatry, a gleba po suchej jesieni nie jest pokryta śniegiem. Nasilone procesy erozji eolicznej obserwuje się podczas mechanicznej uprawy gruntów ornych, jeśli zabiegi agrotechniczne (orka, bronowanie, kultywatorowanie) prowadzone są w okresach suchych.

W województwie dolnośląskim około 57% gleb gruntów ornych wykazuje średnią i silną podatność na procesy erozji wietrznej. Największe zagrożenie erozją eoliczną dotyczy powiatów: kamiennogórskiego, wałbrzyskiego, jeleniogórskiego i kłodzkiego, gdzie erozja wietrzna w stopniu silnym obejmuje ponad 50% gruntów ornych [Stuczyński i in. 2007].

## 3.2. Antropogeniczne formy degradacji

Antropogeniczne formy degradacji gleb wyróżnia się na podstawie tego, jakie właściwości gleby ulegają niekorzystnym zmianom. Można zatem wyróżnić: degradację geomechaniczną, hydrologiczną, chemiczną, biologiczną oraz mechaniczne zanieczyszczenie i zmęczenie gleby. Podział ten ma jednak charakter umowny, ponieważ różne właściwości gleb są ze sobą ściśle powiązane [Karczevska 2008].

Długa i bogata w wydarzenia geologiczna przeszłość Sudetów i Przedgórze Sudeckiego (SiPS) sprawiła, że w regionie tym występuje wiele surowców mineralnych. Pozyskiwanie ich na przestrzeni kilku wieków ma swoje konsekwencje. Nieodłącznym elementem krajobrazu obszarów górskich i podgórskich są liczne pozostałości dawnych robót górniczych. Występują one przeważnie w postaci wyraźnie wyróżniających się w terenie hałd skały płonnej, zapadlisk, nierzadko też częściowo lub w pełni zachowanych szybów, sztolni, ruin zabudowań kopalnianych, urządzeń do przeróbki i wzbogacania rud oraz licznych śladów intensywnych robót poszukiwawczych [Madziarz 2004].

Jednym z najniekorzystniejszych skutków działalności górniczej i procesów przeróbki wydobytej kopaliny jest powstawanie składowisk odpadów flotacyjnych. Deponowane w nich

odpady flotacyjne to frakcja drobnych ziaren skały pływnej, zawierająca śladowe ilości minerałów użytecznych, pozostałych po przeprowadzonych procesach wzbogacania. Ze względu na zajmowaną powierzchnię, rodzaj składowanego materiału i sposób ich eksploatacji obiekty te wpływają na wszystkie komponenty środowiska: wody, gleby, powietrze atmosferyczne i roślinność [Ostrowski 2001].

Podczas eksploatacji składowiska w zasięgu jego oddziaływania zachodzą głównie zmiany związane z infiltracją wysoko zmineralizowanych wód nadosadowych w podłoże, zrzutem nadmiaru tych wód do rzek, a także pyleniem z plaż i zapór składowiska. Emisja pyłów zawierających metale ciężkie może powodować zanieczyszczenie powietrza oraz przyległych do niego gleb i roślin.

Eksploatację różnych kopalni prowadzono na Dolnym Śląsku od stuleci. Złoto, rudy srebra i ołowiu, miedzi, cyny, później węgiel kamienny, arsen oraz kobalt stanowiły wielkie bogactwo tego terenu. Na Dolnym Śląsku wyodrębni się sześć głównych regionów występowania złóż kopalni użytecznych. Są to: Ziemia Kłodzka, Góry Sowie wraz z okolicami Wałbrzycha, podnóża Karkonoszy, wyeksploatowane złoża piasków złotonosnych w okolicy Lwówka, Złotoryi i Legnicy, tzw. zewnątrzsudecka depresja cechsztyńska (posiadająca wychodnie na południe od Lwówka i Złotoryi oraz koło Grodzca), a także cechsztyńska monoklina przed-sudecka, ciągnąca się na północ od Lubina [Dziekoński 1972].

Szczególne znaczenie historyczne (XIII w.) miało na Dolnym Śląsku wydobywanie złota w rejonie Lwówka, Złotoryi, Mikołajowic i Bolesławca. Na przełomie XV i XVI w. prowadzono eksploatację występujących tam złóż rud miedzi – w okolicach Nowego Kościoła, Leszczyny (powiat złotoryjski). Liczącym się ośrodkiem wydobywania złota był Złoty Stok (powiat ząbkowicki), gdzie występują złoża rud arsenu z pewną zawartością złota. Wydobywanie tego kruszcza prowadzono ponadto w kilku innych, mniejszych ośrodkach, m.in. w Górach Kaczawskich (Radzimowice – powiat jaworski) i Rudawach Janowickich (Miedzianka i Czarnów koło Kamiennej Góry [Bogda i in. 1983, Karczewska, Bogda 2006, Karczewska, Duszyńska 2007].

Przedmiotem poszukiwań i eksploatacji na terenach Dolnego Śląska były również rudy polimetaliczne zawierające srebro. Ośrodkami wydobywania i metalurgii rud ołowiu oraz srebra były: Boguszów, Jabłoń, Dziecmorowice (okolice Wałbrzycha), Bystrzyca Górna, Srebrna Góra (na obszarze Gór Sowich), Janowice Wielkie i Radomierz (powiat jeleniogórski), Marcinków (powiat kłodzki), Lutynia (na południe od Złotego Stoku – powiat ząbkowicki), Karpacz i Kowary (powiat jeleniogórski) [Dziekoński 1972].

Istotną rolę w rozwoju eksploatacji górniczej odegrały złoża rud miedzi i arsenu na obszarze północnych Karkonoszy, w okolicy Miedzianki (powiat jeleniogórski), Ciechanowic i Czarnowa (powiat kamiennogórski) oraz Radzimowic (powiat jaworski). Rudy miedzi Starego Zagłębia eksploatowane były w dwóch rejonach: w obrębie niecki leszczyńskiej, na południe od Złotoryi (Lena i Nowy Kościół) oraz na obszarze niecki grodzieńskiej, koło Bolesławca (kopalnia Konrad, wcześniej także kopalnie Grodziec i Lubichów) [Bogda i in. 2010, Karczewska i in. 2005, Karczewska, Bogda 2006].

Na północnych stokach Gór Izerskich, w okolicach Gierczyna występują ubogie złoża rud cyny, a w ich sąsiedztwie w okolicy Przeczniczy (powiat lwówecki), drobne ilości minerałów kobaltu.

Na Dolnym Śląsku prowadzono również eksploatację rud żelaza. Rejon Kowar oraz Janowej Góry (powiat jeleniogórski) obfitował w łatwo dostępny magnetyt [Dziekoński 1972, Bogda i in. 1983]. Hydrotermalne złoża żelaza wydobywano też w Męcince i Stanisławowie w Górach Kaczawskich (powiat jaworski).

Istotną rolę miały ponadto rudy niklu w Szklarach (powiat ząbkowicki) [Karczeńska i in. 2007], chromitu w Masywie Raduni, magnezytu w rejonie Sobótki oraz piryków w okolicach Szklarskiej Poręby (powiat jeleniogórski) [Madziarz 2004].

Należy wspomnieć, że na terenie Sudetów istnieje wiele małych złóż uranu. W Karkonoszach i Rudawach Janowickich miejsca występowania minerałów uranu znane były już pod koniec XIX w. w: Miedziance – Ciechanowicach, Borowej, Wilczej Porębie, Kowarach i Karpaczu. Po 1945 r. odkryto wiele nowych nagromadzeń: na obszarze metamorfiku izerskiego złóż Radoniów, na obszarze metamorfiku Łądko i Śnieżnika Kłodzkiego złóż Kletno oraz na obszarze bloku sowiogórskiego kilka małych złóż: Dzieńmorowice, Kozice, Kolce, Jedlina Zdrój i Pieszycy.

Odrębną dziedzinę działalności górniczej stanowiła eksploatacja węgla kamiennego w rejonie Wałbrzycha (Chełmiec) i Nowej Rudy (powiat kłodzki) [Piątek 1989] oraz węgla brunatnego – Zagłębie Turów koło Bogatyni (powiat zgorzelecki). Największe skupisko hałd i osadników poflotacyjnych związanych z górnictwem i przetwórstwem węgla kamiennego zlokalizowane jest w rejonie Wałbrzycha i Boguszowa-Gorców (około 50 obiektów) oraz w okolicy Nowej Rudy-Słupca (ponad 10 obiektów). Na nich są również składowane popioły i żużle z elektrociepłowni Wałbrzych i Nowej Rudy. Mniejsze skupiska i pojedyncze hałdy spotyka się na obrzeżach depresji śródsudeckiej, w rejonie Lubawki i Okrzeszyna (powiat kamiennogórski). Na obszarze SiPS występują dwa obiekty gromadzące odpady mineralne powstające w procesie wydobywania węgla brunatnego. Jest to składowisko ilów selektywnie wydobywanych ze złoża „Turoszów” oraz zwałowisko zewnętrzne KWB „Turoszów” na północ od Bogatyni, na którym nieselektywnie gromadzi się nadkład zdejmowany ze złoża oraz popioły i żużle pochodzące z elektrowni „Turów”.

Istotne znaczenie mają również odpady górnicze gromadzone na hałdach przy szybach wydobywczych rud miedzi, arsenu i niklu, odpady przerobcze na składowiskach poflotacyjnych oraz odpady wtórne – żużle pomiedziowe, żelazo-niklowe, arsenowe. Najwięcej odpadów tej grupy zgromadzonych jest w rejonie Starego Zagłębia Miedziowego w okolicach Iwin („Wartowice”), Wilkowa i Nowego Kościoła, w składowiskach odpadów flotacji rud miedzi i hałdach przyszybowych. Są to częściowo zrekultywowane składowiska, w których wraz z drobną frakcją ilastą zdeponowano znaczące ilości Cu, Zn, Pb, Ni i Ag.

Z kolei, w rejonie występowania rud niklu powstały składowiska żużli z huty żelazo-niklu w Szklarach i zwałowiska nadkładu z kopalni rudy. Pozostałe składowiska tej grupy odpadów skupione są w rejonach dawnego górnictwa i hutnictwa rud miedzi, arsenu, żelaza i polimetalu. Należy również wspomnieć, z uwagi na stosunkowo największe zagrożenie dla zdrowia ludzi, o odpadach pochodzących z górnictwa i przetwórstwa rud uranu, które są zgromadzone na hałdach w Radoniowie, Grzmiącej i w rejonie Mniszkowa [Sroga 1997].



## 4. CHARAKTERYSTYKA GLEB I ICH UŻYTKOWANIE

Gleba jest to wierzchnia warstwa skorupy ziemskiej, której skała macierzysta i pierwotna rzeźba terenu kształtowane były czynnikami abiotycznymi (fizjograficzne; atmosferyczne, wodne, geofizyczne, chemiczne, mineralogiczne itp.) oraz biotycznymi (działalność organizmów żywych; roślinności, zwierząt i człowieka). Jest ona ożywionym tworem przyrody, zdolnym do produkcji biomasy, w której zachodzą ciągle procesy rozkładu i syntezy zarówno związków mineralnych, jak i organicznych oraz ich przemieszczanie i akumulacja. Na obszarach zasiedlonych przez człowieka ważnym czynnikiem modyfikującym kształtowanie się gleb była i jest działalność ludzka. Gleba jest układem trójfazowym ukształtowanym czynnikami glebotwórczymi, której profil jest wypadkową intensywności ich oddziaływania i stanowi pewne stadium jej ewolucyjnego rozwoju [Polskie Towarzystwo Gleboznawcze 1989]. Zróżnicowanie profilu oraz związane z tym właściwości gleb, mogą stanowić podstawę ich uporządkowania (klasyfikacji), według ściśle określonych kryteriów, w których wyróżnia się:

- Klasyfikację opartą na kryteriach przyrodniczych, zwaną systematyką gleb w której wyróżnia się działy, rzędy, typy i podtypy gleb, w zależności od kierunku przebiegu procesów glebotwórczych oraz rodzaje i gatunki, w zależności od pochodzenia geologicznego skały macierzystej i jej składu granulometrycznego.
- Klasyfikację opartą na kryteriach użytkowych (bonitacja gleb, podział na kompleksy przydatności rolniczej itp.) [Drozd i in. 2002].

W celu wyjaśnienia podstawowych pojęć ze systematyki gleb poniżej podane zostały definicje gleboznawcze wykorzystane w opracowaniu.

- **Dział** jest nadrzędną jednostką systematyki. Obejmuje on gleby utworzone albo pod wpływem jednego z czynników glebotwórczych (gleby litogeniczne, semihydrogeniczne, hydrogeniczne i antropogeniczne), albo pod wpływem wszystkich czynników bez wyraźnej przewagi jednego z nich (gleby autogeniczne).
- **Typ gleby** obejmuje gleby o takim samym układzie głównych poziomów genetycznych, zbliżonych właściwościach chemicznych i fizykochemicznych, jednakowym rodzaju wietrzenia, przemieszczania się i osadzania składników, o podobnym typie próchnicy. W warunkach naturalnych lub zbliżonych do naturalnych każdemu typowi gleby odpowiada określone zbiorowisko roślinne. W naturalnym rozwoju gleby typ stanowi względnie trwałą fazę jej ewolucji, pozostającą w równowadze z aktualnym zbiorowiskiem roślinnym. Typ gleby jest podstawową jednostką systematyki gleb.
- **Profil glebowy** to pionowy przekrój, odsłaniający morfologię (budowę) danej gleby, a w szczególności rodzaj, miąższość i wzajemny układ poziomów glebowych.
- **Poziomem glebowym** nazywamy mineralną, organiczną lub organiczno-mineralną część profilu glebowego, w przybliżeniu równoległą do powierzchni gleby, odróżniającą się od

poziomów sąsiednich stosunkowo jednorodną barwą, konsystencją, uziarnieniem, składem chemicznym, ilością i jakością materii organicznej i innymi właściwościami. Właściwości te mogą być rozpoznawane i oceniane bezpośrednio w profilu glebowym w terenie. W wielu przypadkach do jednoznacznej identyfikacji poziomu glebowego potrzebne są laboratoryjne badania składu i właściwości pobranych próbek. Właściwości poziomu glebowego ukształtowane są głównie przez procesy glebotwórcze.

- **Poziom organiczny** zawiera ponad 20% świeżej lub częściowo rozłożonej materii organicznej. W glebach mineralnych i mineralno-organicznych poziom organiczny tworzy się na powierzchni utworu mineralnego, zwykle przy pełnym dostępie powietrza.
- W **mineralnych** glebach semihydrogenicznych i hydrogenicznych poziom organiczny, o ile występuje, ma zwykle miąższość mniejszą od 10 cm. Jeśli natomiast miąższość jest większa i wynosi od 10 do 30 cm, gleba jest zaliczana do gleb **mineralno-organicznych**, a przy miąższości ponad 30 cm – do gleb **organicznych** [Polskie Towarzystwo Gleboznawcze 1989].

#### 4.1. Typy i podtypy gleb

Różnorodność występujących gleb na obszarze omawianych powiatów odzwierciedla zróżnicowanie geomorfologiczne i klimatyczne regionu. Na obszarze Sudetów dominują gleby brunatne, przede wszystkim kwaśne, a w mniejszym stopniu gleby brunatne właściwe i wylugowane, którym towarzyszą rozmieszczone mozaikowo w rejonie Gór Stołowych, Izerskich i Karkonoskich gleby bielicowe. W kotlinach śródgórskich gleby gliniaste płowe oraz mady rzeczne rozmieszczone są liniowo wzdłuż koryt cieków. Gleby te odznaczają się średnią żyznością, jednak ukształtowanie terenu uniemożliwia ich pełne wykorzystanie na potrzeby rolnictwa. Gleby środkowej części województwa dolnośląskiego, w której położone są powiaty dzierzoniowski i jaworski, wyróżniają się najwyższą przydatnością rolniczą, w związku z czym przeważnie znajdują się w uprawie. Dominującą rolę odgrywają w tej części województwa gleby płowe oraz brunatne.

Udział procentowy powierzchni typów i podtypów gleb na użytkach rolnych w omawianych powiatach przedstawiono w tabeli 6.

W powiatach zgorzeleckim, bolesławieckim i lubańskim dominującymi glebami na użytkach rolnych są gleby bielicowe i pseudobielicowe (gleby płowe), które zajmują ponad 50% powierzchni. Gleby brunatne właściwe wylugowane i brunatne kwaśne przeważają w areale gleb użytków rolnych w powiecie kamiennogórskim (59,24%), jeleniogórskim (53,53%) i wałbrzyskim (50,23%). Pokrywa glebowa w pozostałych pięciu powiatach (dzierzoniowski, jaworski, kłodzki, lwówecki i ząbkowicki), pod względem typologicznym, w niewielkiej przewadze nad innymi typami, wytworzona została z gleb brunatnych właściwych. Z pozostałych ośmiu wymienionych typów gleb w omawianych powiatach znaczące powierzchnie na użytkach rolnych zajmują także mady rzeczne (od 4,86% w powiecie wałbrzyskim do 15,02% w powiecie zgorzeleckim). W powiecie bolesławieckim dość znaczącą powierzchnię – 9,20% – gleb użytkowanych rolniczo zajmują gleby murszowate, w pozostałych powiatach ich ilości kształtowały się od 0% w powiecie dzierzoniowski do 6,01% w powiecie zgorzeleckim. Pozostałe typy gleb występują w dużym rozproszeniu i niewielkich ilościach (poniżej 6,1%, arealu gleb użytkowanych rolniczo).

Tabela 6. Powierzchnia typów i podtypów gleb [%] na użytkach rolnych w omawianych powiatach według Stuczynskiego i in. [2004] (zmodyfikowane)

Powiat	Gleby litogeniczne	Gleby autogeniczne				Gleby semihydrogeniczne		Gleby hydrogeniczne			Gleby napyłkowe
		Gleby biellicowe i pseudo-biellicowe (płowe)	Gleby brunatne właściwe (bez podtypu wyługowanego)	Gleby brunatne właściwe wyługowane i brunatne kwasne	Czarnoziemy	Czarne ziemie	Gleby gruntowo glejowe i opadowo-glejowe	Gleby mulowe	Gleby murszowate	Gleby murszowe	
bolesławiecki	0	51,93	9,76	14,28	0	0,93	0,25	0,11	9,20	1,10	12,44
dzierżoniowski	0	30,50	37,68	13,76	2,10	8,08	0,01	0,01	0	0	7,86
jaworski	0	36,14	38,03	10,42	0,71	6,69	0,01	0,02	0,05	0	7,93
jeleniogórski	0	23,57	10,45	53,53	0	0,11	0,76	0	1,13	0,28	10,17
kamiennogórski	0	26,63	2,29	59,24	0	0,17	0,51	0,03	0,12	0,19	10,82
klodzki	0,23	15,65	37,55	35,92	0	1,12	0,31	0,04	0,11	0	8,93
lubański	0	51,34	12,58	25,46	0	0,16	0,24	0,05	0,08	0,02	10,07
lwówecki	0,04	26,49	35,45	23,47	0	0,81	0,29	0,03	0,03	0,02	13,37
wałbrzyski	0	25,25	19,19	50,23	0	0,09	0,27	0	0,06	0,03	4,86
ząbkowicki	0	22,32	48,97	12,00	2,30	0,85	0,13	0,10	0,02	0,04	13,27
zgorzelecki	0	56,01	15,54	5,24	0	1,67	0,46	0,02	6,01	0,03	15,02

Rzędziny występują tylko w dwóch powiatach, tj. w lwóweckim (0,04%) i kłodzkim (0,23%). Czarnoziemy znajdowały się na terenie trzech powiatów (dzierżoniowskiego, jaworskiego i ząbkowickiego), w ilości od 0,71% omawianego areálu w powiecie jaworskim do 2,30% w powiecie ząbkowickim. Czarne ziemie na obszarze opisywanych powiatów zajmowały powierzchnię od 0,09% w powiecie wałbrzyskim do 8,08% w powiecie dzierżoniowskim. Gleby gruntowo-glejowe i opadowo-glejowe zajmowały niewielkie powierzchnie od 0,01% w powiecie dzierżoniowskim i jaworskim do 0,76% w powiecie jeleniogórskim. Gleby mułowe obejmowały znikome powierzchnie użytków rolnych w dziewięciu powiatach. Ich areał wahał się od 0,01% w powiecie dzierżoniowskim do 0,11% w powiecie bolesławieckim. W powiatach jeleniogórskim i wałbrzyskim gleby mułowe nie występowały. Gleby murszowe na terenie omawianym powiatów występowały w ilości od 0,00% w powiatach: dzierżoniowskim, jaworskim i kłodzkim do 1,10% ogólnej powierzchni użytków rolnych, w powiecie bolesławieckim.

Reasumując, stwierdzić należy, że typologicznie na glebach użytków rolnych dominują:

- gleby bielnicowe i pseudobielnicowe (płowe), które zajmują ponad 50% powierzchni w trzech powiatach;
- gleby brunatne właściwe i brunatne kwaśne, zajmujące ponad 50% powierzchni w trzech powiatach;
- gleby brunatne właściwe, występujące w ilości powyżej 35% powierzchni w pięciu powiatach;
- mady rzeczne, gleby murszowate, nieprzekraczające 15,1% powierzchni powiatów, w których występowały;
- rzędziny, czarnoziemy, czarne ziemie, gleby gruntowo-glejowe i opadowo-glejowe, gleby murszowe oraz gleby mułowe, które miały znikomy udział (poniżej 5,3%) w zajmowanej powierzchni niektórych powiatów.

## 4.2. Klasyfikacja gleb

Klasyfikacja gleb to dział gleboznawstwa zajmujący się podziałem gleb na podstawie różnych kryteriów, takich jak przyrodnicze, techniczne, ekonomiczne itp. Klasyfikacja gleb obejmuje między innymi bonitację gleb i kompleksy przydatności rolniczej gleb. Klasyfikacja gleb polskich została przeprowadzona w latach 1956–1968. Klasyfikacja gruntów ornych uwarunkowana była wynikami badań terenowych odkrywek glebowych, w których szczególną uwagę zwracano na cechy morfologiczne i fizyczne gleby (położenie gleby, miąższość poziomów, barwa i struktura, skład granulometryczny poszczególnych poziomów, przepuszczalność podłoża i stosunki wodne), a ponadto uwzględniono również niektóre właściwości chemiczne, jak odczyn i zawartość węglanów w profilu, a także warunki uprawy itp.

### 4.2.1. Bonitacja gruntów ornych

Grunty orne podzielono na dziewięć klas: I–VI, z tym że klasy III i IV dzielą się na IIIa i IIIb oraz IVa i IVb, a w klasie VI wydziela się jeszcze klasę VIRz (pod zalesienie).

Tabela 7. Powierzchnia gruntów ornych [%] należących do poszczególnych klas bonitacyjnych w omawianych powiatach [Stuczynski i in. 2007]

Powiat	Klasy bonitacyjne										Razem
	I – grunty orne najlepsze	II – grunty orne bardzo dobre	IIIa – grunty orne dobre	IIIb – grunty orne średnio dobre	IVa – grunty orne średniej jakości lepsze	IVb – grunty orne średniej jakości, gorsze	V – grunty orne slabe	VI – grunty orne najslabsze	VIRz – grunty orne pod zalesienie		
bolesławiecki	0,0	0,1	7,7	15,8	23,7	22,3	23,6	6,8	0,0	100	
dzierżoniowski	2,8	14,2	28,1	26,2	18,7	6,8	2,8	0,4	0,0	100	
jaworski	0,1	9,3	28,5	20,0	23,9	11,1	6,5	0,6	0,0	100	
jeleniogórski	0,0	0,0	0,9	8,2	26,7	37,6	23,2	3,4	0,0	100	
kamiennogórski	0,0	0,0	0,0	1,5	18,4	50,7	25,9	3,5	0,0	100	
kłodzki	0,0	1,9	11,4	18,7	25,3	22,0	15,0	5,6	0,1	100	
lubański	0,0	0,5	12,4	34,7	34,6	11,2	6,0	0,6	0,0	100	
lwówecki	0,0	0,2	4,8	20,2	37,2	22,9	12,4	2,3	0,0	100	
wałbrzyski	0,0	0,0	0,6	5,0	16,5	36,1	33,5	8,3	0,0	100	
ząbkowicki	0,7	15,4	27,1	17,5	19,2	12,1	6,9	1,1	0,0	100	
zgorzelecki	0,0	0,7	10,2	21,0	32,4	15,7	18,3	1,7	0,0	100	
Razem omawiane powiaty	0,4	5,7	15,7	19,0	24,8	18,4	13,1	2,9	0,0	100	
Województwo dolnośląskie	0,6	7,8	19,4	17,6	20,9	15,0	14,3	4,3	0,1	100	

Udział procentowy poszczególnych klas bonitacyjnych na gruntach ornych, w omawianych powiatach, przedstawiono w tabeli 7. Gleby orne najlepsze (klasa I) występowały tylko w trzech powiatach, na niewielkich powierzchniach od 0,1% w powiecie jaworskim do 2,8% w powiecie dzierzoniowskim. Gleby orne klasy II (bardzo dobre) znajdowały się w ośmiu powiatach i obejmowały areał od 0,1% w powiecie bolesławieckim do 15,4% w powiecie ząbkowickim. Powierzchnia gleb ornych dobrych (klasa IIIa) w omawianych powiatach wahała się od 0% w powiecie kamiennogórskim do 28,1% w powiecie dzierzoniowskim. Gleby orne średniej jakości (klasa IIIb) reprezentowane były w ilości od 1,5% w powiecie kamiennogórskim do 34,7% w powiecie lubańskim. Areał gleb ornych średniej jakości (klasa IVa) w przedmiotowych powiatach kształtował się od 16,5% w powiecie wałbrzyskim do 37,2% w powiecie lwóweckim. Zaznaczyć trzeba, że gleby tej klasy obejmowały znaczne powierzchnie w czterech powiatach (lwóweckim – 37,2%, zgorzeleckim – 32,4%, kłodzkim – 25,3% i bolesławieckim 23,7%). Gleby klasy IVb (średniej jakości, gorsze) dominowały w następujących powiatach: kamiennogórskim, jeleniogórskim i wałbrzyskim i zajmowały odpowiednio 50,7; 37,6 i 36,1%, ogólnej powierzchni gruntów ornych. W pozostałych ośmiu powiatach gleby klasy IVb zajmowały powierzchnię od 6,8% w powiecie dzierzoniowskim do 22,9% w powiecie lwóweckim. Gleby orne słabe (klasa V) obejmowały areał od 2,8% w powiecie dzierzoniowskim do 33,5% w powiecie wałbrzyskim. Natomiast gleby orne najsłabsze (klasa VI) zajmowały powierzchnię od 0,4% w powiecie dzierzoniowskim do 8,3% w powiecie wałbrzyskim. Na terenach pięciu omawianych powiatów odnotowano gleby klasy VIRz, przeznaczone pod zalesienie. Ich ilości były znikome i wahały się od 1 ha w powiecie wałbrzyskim do 50 ha w powiecie kłodzkim.

W ogólnym ujęciu największy areał gruntów ornych w omawianych powiatach zajmują klasy: IVa – 24,8%, następnie IIIb – 19%, IVb – 18,4%, IIIa – 15,7%, V – 13,1% i II – 5,7%. Pozostałe klasy bonitacyjne zajmują poniżej 3% powierzchni gleb ornych (klasa VI – 2,9% i I – 0,4%).

#### **4.2.2. Bonitacja trwałych użytków zielonych**

Trwale użytki zielone to łąki i pastwiska, które są użytkowane przynajmniej przez sześć lat i nie są objęte normalnym zmianowaniem polowym. Klasyfikacja gleb trwałych użytków zielonych oparta jest na kryteriach uwzględniających właściwości gleby, stosunki wilgotnościowe, skład gatunkowy roślinności, ukształtowanie terenu i inne. Na podstawie tych kryteriów wyróżnia się sześć klas bonitacyjnych gleb (od I do VI). Pod trwałymi użytkami zielonymi w klasie VI wydziela się jeszcze klasę VIRz (pod zalesienie). Udział procentowy poszczególnych klas bonitacyjnych na trwałych użytkach zielonych w omawianych powiatach przedstawiono w tabeli 8.

Przeważającą klasą bonitacyjną trwałych użytków zielonych na terenie jedenastu omawianych powiatów była klasa IV, która swym zasięgiem obejmowała areał od 41,4% w powiecie ząbkowickim do 61,6% w powiecie kamiennogórskim. Wyjątkiem był powiat dzierzoniowski, w którym dominowała klasa III, zajmując 54,1% powierzchni.

Poniżej przedstawiono krótką charakterystykę dwóch dominujących klas bonitacyjnych gleb trwałych użytków zielonych (III i IV) na powierzchniach łąk i pastwisk znajdujących się w granicach omawianych powiatów.

Trwałe użytki zielone klasy IV występują na glebach mineralnych i organicznych torfowo-mułowych i murszowych o zbliżonych właściwościach fizykochemicznych do klasy III, lecz są usytuowane na gorszych stanowiskach, utrudniających gospodarowanie na nich. Użytki tej klasy charakteryzują się przeważnie wadliwymi stosunkami wilgotnościowymi gleby (są zbyt suche lub nadmiernie wilgotne), nierównym ukształtowaniem terenu i zakrzewieniem, utrudniającym odpływ wody podczas ewentualnych zalewów, powodując jej kilkunastodniową stagnację. W składzie runi występuje nie mniej niż 6% traw bardzo dobrych i dobrych, turzyc, traw średniej i gorszej wartości pastewnej oraz ziół do 94%, w tym turzyc nie więcej niż 60%, ziół na łąkach i pastwiskach górskich nie więcej niż 60% [Ugla 1981].

Tabela 8. Powierzchnia trwałych użytków zielonych [%] należących do poszczególnych klas bonitacyjnych w omawianych powiatach [Stuczyński in. 2 007].

Powiat	Klasy bonitacyjne							Ra- zem
	I	II	III	IV	V	VI	VIRz	
bolesławiecki	0,0	0,0	21,3	51,1	23,1	4,5	0,0	100
dzierżoniowski	0,0	4,6	54,1	27,4	11,4	2,4	0,1	100
jaworski	0,2	5,3	36,6	49,2	6,7	2,0	0,0	100
jeleniogórski	0,0	0,1	10,5	46,7	33,1	9,6	0,0	100
kamiennogórski	0,0	0,0	5,4	61,6	28,9	3,9	0,2	100
kłodzki	0,0	0,8	15,1	44,5	29,8	9,3	0,5	100
lubański	0,0	1,3	42,4	45,2	9,8	1,3	0,0	100
lwówecki	0,0	0,1	23,8	54,5	17,9	3,7	0,0	100
wałbrzyski	0,0	0,0	8,7	51,0	32,9	7,0	0,4	100
ząbkowicki	0,2	2,8	31,2	41,4	19,7	4,7	0,0	100
zgorzelecki	0,0	1,2	29,6	45,1	19,4	4,3	0,4	100
Razem omawiane powiaty	0,0	1,1	21,2	47,8	23,8	5,9	0,2	100
Województwo dolnośląskie	0,1	2,6	23,5	45,4	22,6	5,7	0,1	100

Klasa III (trwałych użytków zielonych) występuje na glebach mineralnych i organicznych torfowo-mułowych, o właściwościach fizykochemicznych gorszych niż w klasie II oraz na glebach torfowych, wytworzonych z torfów torfowisk niskich o uregulowanych stosunkach wodnych. Trwałe użytki zielone klasy III cechują się okresowo niewłaściwym uwilgotnieniem gleb mineralnych (za mokro lub za suchu). Ewentualne zalewy użytków występują w porach mniej odpowiednich niż na użytkach klasy II, a ich wody są mniej żyzne lub z gorszym odpływem. Użytki tej klasy mają powierzchnię równą i na ogół łatwy dostęp sprzętu agrotechnicznego (utrudnienia mogą wystąpić podczas długotrwałych deszczy). W składzie runi jest więcej niż 15% traw bardzo dobrych, dobrych i roślin motylkowych, a główną masę roślin stanowią trawy średniej jakości. Ziół i chwastów (wraz turzycami i trawami średniej i gorszej jakości) jest nie więcej niż 85%, w tym turzyc do 50% i chwastów do 35% [Ugla 1981].

Generalnie ujmując, największą powierzchnię na trwałych użytkach zielonych w przedmiotowych powiatach zajmowała klasa IV – 47,8%, następnie V – 23,8% i III – 21,2%. Pozostałe klasy bonitacyjne, zajmują poniżej 6% powierzchni gleb pod trwałymi użytkami zielonymi

(klasa VI – 5,9% i II – 1,1%). Na terenach czterech omawianych powiatów (jaworski, kłodzki, lubański i ząbkowicki) gleby klasy I pod trwałymi użytkami zielonymi występowały w znikomych ilościach, to jest od 2 ha w powiecie lubańskim do 23 ha w powiecie ząbkowickim.

### **4.3. Kompleksy przydatności rolniczej gleb**

Do jednego kompleksu przydatności rolniczej zalicza się gleby podobnie użytkowane, o zbliżonych właściwościach rolniczych, na których udają się najlepiej określone grupy roślin uprawnych [Drozd i in. 2002]. Kompleksy odzwierciedlają typy siedliskowe rolniczej przestrzeni produkcyjnej. Kompleksy przydatności rolniczej ustalono oddzielnie do gruntów ornych i użytków zielonych. Kwalifikację gleb do poszczególnych kompleksów przeprowadzono według następujących kryteriów: typy i podtypy gleby, jej rodzaj, skład granulometryczny, właściwości fizykochemiczne, warunki agroklimatyczne, rzeźba terenu, oraz układ stosunków wilgotnościowych. W obrębie gruntów ornych wyróżniono czternaście kompleksów przydatności rolniczej. Kompleksy od 1 do 9 obejmują gleby terenów nizinnych i wyżynnych, natomiast od 10 do 13 terenów górskich. Kompleks 14 to kompleks gruntów ornych, przeznaczony pod użytki zielone, który występuje na terenach nizinnych, wyżynnych i górskich. W użytkach zielonych na podstawie oceny bonitacyjnej gleb wyodrębniono trzy kompleksy.

#### **4.3.1. Kompleksy glebowo-rolnicze gruntów ornych**

Procentowy udział nizinnych kompleksów przydatności rolniczej gleb ornych na terenach omawianych powiatów wynosił 66,7%, natomiast kompleksów górskich 33,3% w stosunku do całkowitej powierzchni gleb ornych (tab. 9 i rys. 1).

Gleby kompleksu 1 – pszenego bardzo dobrego, na terenie omawianych powiatów, obejmują 7,0% powierzchni gleb ornych. W poszczególnych powiatach powierzchnia zajmowana przez ten kompleks wynosiła od 0% w powiatach: jeleniogórskim, kamiennogórskim, lwóweckim i wałbrzyskim do 21,3% w powiecie ząbkowickim. Do kompleksu pszenego bardzo dobrego zaliczane są gleby najlepsze, z głębokim poziomem próchnicznym, przepuszczalne, zasobne w składniki pokarmowe, z uregulowanym odczynem, o dobrej strukturze i optymalnych stosunkach wodnych. W klasyfikacji bonitacyjnej są zaliczane do klasy I i II. Na glebach tych można uprawiać wszystkie rośliny i uzyskiwać wysokie plony roślin, o najwyższych wymaganiach glebowych.

Z kompleksów nizinnych największą powierzchnię w omawianych powiatach zajmowały gleby kompleksu 2 – pszenego dobrego (34,1%). Areał tego kompleksu wahał się od 0,0% w powiecie wałbrzyskim do 58,7% w powiecie dzierzoniowskim. Gleby kompleksu 2 – pszenego dobrego, w porównaniu z kompleksem 1, cechują się niższą urodzajnością oraz są zwięźlejsze i cięższe do uprawy, mogą również wykazywać słabe niedobory wilgoci. Niektóre gleby tego kompleksu wykazują lżejszy skład granulometryczny w warstwie powierzchniowej. Uzyskuje się na nich wysokie plony roślin uprawnych o najwyższych wymaganiach glebowych, lecz w większym stopniu są one uwarunkowane od przebiegu pogody i agrotechniki niż na glebach kompleksu pszenego bardzo dobrego. W klasyfikacji bonitacyjnej gleby te zalicza się do kasy IIIa i IIIb.



Tabela 9. Powierzchnia kompleksów przydatności rolniczej gleb ornych [%] w omawianych powiatach [Stuczynski i in. 2007]

Powiat	Powierzchnia kompleksów przydatności rolniczej gleb ornych [%]														Razem
	1 – pszenny bardzo dobry	2 – pszenny dobry	3 – pszenny wadliwy	4 – żytni bardzo dobry	5 – żytni dobry	6 – żytni słaby	7 – żytni bardzo słaby	8 – zbożow-pa-słewny mocny	9 – zbożow-pa-słewny słaby	10 – pszenny górski	11 – zbożowy górski	12 – owsiano-ziemniaczany górski	13 – owsiano-pa-słewny górski	14 – GO przeznaczone pod UZ	
bolesławiecki	0,4	28,5	16,1	4,8	24,9	19,3	5,1	0,9	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	100,0
dzierżoniowski	18,8	58,7	10,1	0,4	7,9	2,0	0,1	0,7	0,0	1,0	0,1	0,2	0,0	0,0	100,0
jaworski	10,9	48,9	13,6	0,3	3,3	2,0	0,2	2,1	0,0	4,1	11,1	3,5	0,0	0,0	100,0
jeleniogórski	0,0	1,7	0,2	0,0	0,4	1,1	0,0	0,9	0,0	18,4	52,6	22,3	2,4	0,0	100,0
kamiennogórski	0,0	0,3	0,1	0,0	0,0	0,0	0,0	0,1	0,0	1,9	69,7	27,2	0,7	0,0	100,0
klodzki	1,6	17,0	0,7	0,2	0,6	0,4	0,1	1,6	0,0	24,7	25,8	20,7	5,8	0,8	100,0
lubański	0,3	46,9	16,1	0,2	11,0	2,8	0,0	1,8	0,1	17,9	2,9	0,0	0,0	0,0	100,0
lwówecki	0,0	22,2	11,0	0,0	5,4	6,1	0,1	0,8	0,0	25,5	28,4	0,5	0,0	0,0	100,0
wałbrzyski	0,0	0,0	0,0	0,0	0,1	2,6	0,0	0,0	0,0	8,7	42,8	43,5	2,3	0,0	100,0
ząbkowicki	21,3	48,5	7,6	2,4	7,2	3,3	0,7	3,9	0,0	2,2	1,6	1,2	0,1	0,0	100,0
zgorzelecki	0,4	45,0	27,3	1,1	17,9	6,1	0,5	0,7	0,2	0,1	0,7	0,0	0,0	0,0	100,0
Razem omawiane powiaty	7,0	34,1	9,9	1,1	7,8	4,5	0,7	1,6	0,0	9,6	14,8	7,6	1,2	0,1	100,0
Województwo dolnośląskie	9,5	34,1	8,9	5,8	11,8	10,9	4,0	3,1	0,7	3,2	5,0	2,5	0,4	0,1	100,0

Kompleks 3 – pszeny wadliwy zajmował 9,9% powierzchni omawianych powiatów. Udział tego kompleksu wynosił od 0% w powiecie wałbrzyskim do 27,3% w powiecie zgorzeleckim. Gleby te są zwarte lub średniozwarte, wykazujące niedostateczną zdolność do magazynowania wody, co powoduje w okresach suchych niedobór wilgoci. Występują one zazwyczaj na skłonach terenowych, gdzie mogą pojawiać się spływy wód skutkujące erozją. Układ warunków wodnych powoduje, że plony roślin ulegają wahaniom zależnym od warunków klimatycznych. Do omówionego kompleksu zalicza się bonitacyjne klasy IIIb, IVa i IVb.

Gleby kompleksu 4 – żytniego bardzo dobrego obejmowały niewielki areal omawianych powiatów, tj. 1,1%. W poszczególnych powiatach powierzchnia zajmowana przez ten kompleks wynosiła od 0% w powiatach: jeleniogórskim, kamiennogórskim, lwóweckim i wałbrzyskim do 4,8% w powiecie bolesławieckim. Gleby te są strukturalne, mają dobrze wykształcony poziom próchniczny, właściwe stosunki wodne. Zastosowanie odpowiedniej agrotechniki zapewnia uzyskiwanie plonów podobnych jak na kompleksach pszennych. W klasyfikacji bonitacyjnej gleby te zalicza się przeważnie do klasy IIIb (rzadziej do IIIa i IVa).

Na omawianym obszarze gleb ornych 7,8% powierzchni zajmował kompleks 5 – żytni dobry. W poszczególnych powiatach kompleks ten obejmował powierzchnię od 0% w powiecie kamiennogórskim do 24,9% w powiecie bolesławieckim. Gleby tego kompleksu są lżejsze i mniej urodzajne w porównaniu z kompleksem 4, a także mniej zasobne w składniki pokarmowe, często zakwaszone. W klasyfikacji bonitacyjnej gleby te zalicza się do klasy IVa i IVb. Gleby te najbardziej nadają się do uprawy żyta i ziemniaków. Przy zastosowaniu odpowiedniej agrotechniki można uprawiać na nich jęczmień, a czasami nawet pszenicę.

Gleby kompleksu 6 – żytniego słabego obejmowały powierzchnię 4,5% (od 0% w powiecie kamiennogórskim do 19,3% w powiecie bolesławieckim). Gleby te są nadmiernie przepuszczalne i mają słabą zdolność magazynowania wody. Wykazują bardzo niską zasobność w składniki pokarmowe dla roślin oraz są często silnie zakwaszone. Cechują się okresowym lub trwałym niedoborem wilgoci. W klasyfikacji bonitacyjnej gleby tego kompleksu zalicza się do klasy IVb i V. Dobór roślin uprawnych na tych glebach jest ograniczony. Można na nich uprawiać żyto, ziemniaki, owies i mieszanki pastewne.

Gleby kompleksu 7 – żytniego bardzo słabego zajmowały nieznaczny areal (0,7%) omawianych powiatów (od 0,0% w powiatach: jeleniogórskim, kamiennogórskim, lubańskim i wałbrzyskim do 5,1% w powiecie bolesławieckim). Są one ubogie w składniki pokarmowe, przepuszczalne, trwale za suche oraz z natury kwaśne. Gleby te zalicza się do VI klasy bonitacyjnej. Uprawa roślin o niskich wymaganiach glebowych jest nieopłacalna. Tereny te należałoby wyłączyć z użytkowania rolniczego i przeznaczyć pod zalesienie.

Na terenie przedmiotowych powiatów występują również gleby kompleksu 8 – zbożowo-pastewnego mocnego w ilości 1,6%, natomiast w poszczególnych powiatach od 0,0% w powiecie wałbrzyskim do 3,9% w powiecie ząbkowickim. Są to gleby średniozwarte i ciężkie (odpowiedniki kompleksów pszennych i żytniego dobrego), występujące w niższych położeniach terenu, o utrudnionym odpływie bądź w dolinach cieków. Okresowe nadmierne uwilgotnienie utrudnia agrotechnikę i ogranicza dobór roślin. Są one jednak zasobne w składniki pokarmowe oraz najwierniej na nich plonują rośliny pastewne. Wyższe plony uzyskuje się na tych glebach w lata suche. Należą tu gleby od klasy bonitacyjnej IIIa do V. Regulacja stosunków wodnych tych gleb wyrównuje ich wartość z glebami kompleksu 2 – pszennego dobrego.

Kompleks 9 – zbożowo-pastewny słaby na omawianym obszarze zajmował bardzo niewielkie powierzchnie, wynoszące łącznie w czterech powiatach (bolesławieckim, lubańskim, ząbkowickim i zgorzeleckim) około 80 ha.

Wśród kompleksów górskich znaczną powierzchnię omawianych powiatów (14,8%) zajmuje kompleks 11 – zbożowy górski. Jego udział w poszczególnych powiatach kształtował się od 0,0% w powiecie bolesławieckim do 69,7% w powiecie kamiennogórskim (tab. 9). Gleby tego kompleksu wytworzone są ze zwietrzliny skał masywnych o stosunkowo dobrze wykształconym profilu glebowym. W kompleksie tym przeważają gleby klas bonitacyjnych IVa i IVb. Występują one w strefie wysokościowej od 400 do 550 m n. p. m. w gorszych warunkach klimatycznych oraz są silnie narażone na erozję wodną. Udaje się na nich pszenica i żyto, lecz plony są niższe niż na glebach kompleksu 10. Najlepiej plonują jęczmień jary i owies oraz rośliny pastewne i ziemniaki.

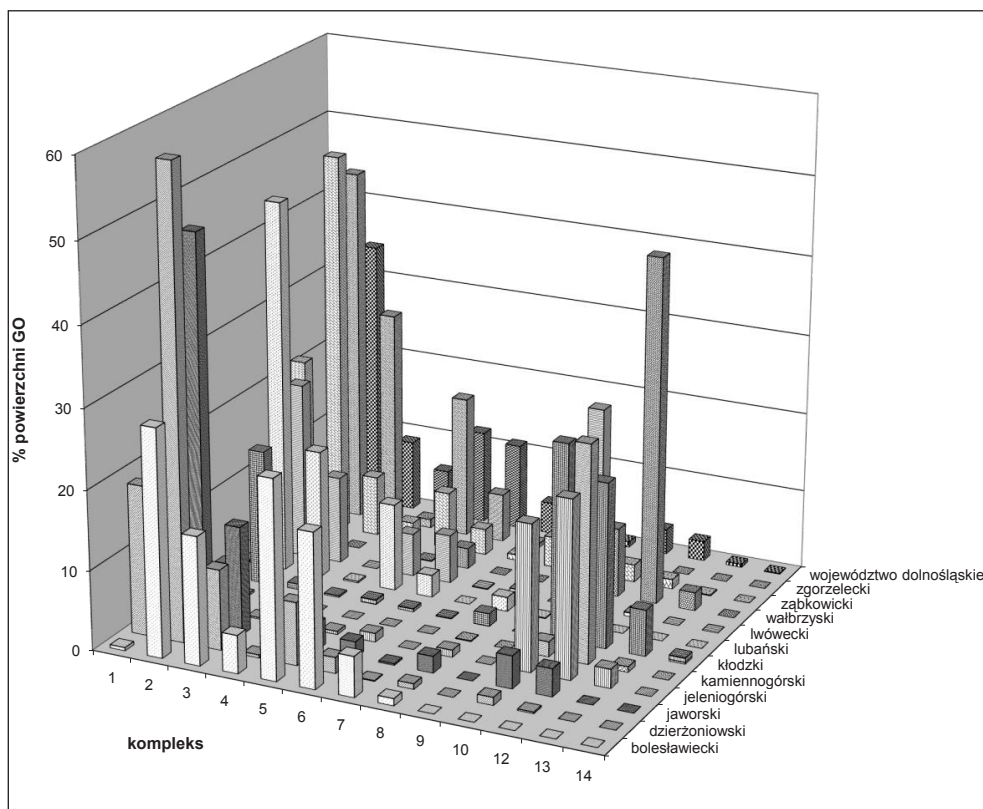
Drugim pod względem wielkości zajmowanego arealu kompleksem górskim (9,6%) jest kompleks 10 – pszeniczny górski, którego udział w omawianych powiatach wynosił od 0% w powiecie bolesławieckim do 25,5% w powiecie lwóweckim. Gleby tego kompleksu występują zazwyczaj na wysokości od 300 do 450 m n.p.m. Właściwości tych gleb są zbliżone do gleb kompleksu pszenicznego dobrego, zalicza się je głównie do klasy bonitacyjnej II i III, rzadziej do IV. Wysokość plonów w dużej mierze zależy od warunków klimatycznych. W latach o niższej sumie temperatur, z opóźnionym w stosunku do lat przeciętnych początkiem sezonu wegetacyjnego, plony mogą być dużo niższe.

Kompleks 12 – owsiano-ziemniaczany górski obejmuje 7,6% przedmiotowej powierzchni powiatów (od 0,0% w powiatach: bolesławieckim, lubańskim i zgorzeleckim do 43,5% w powiecie wałbrzyskim). Gleby tego kompleksu to przeważnie gleby brunatne kwaśne, wietrzniowe wytworzone z różnych utworów. Są one szkieletowe, położone w niepomyślnych warunkach topograficznych, w przedziale od 550 do 700 m n. p. m., w którym klimat decyduje o zasadniczym ograniczeniu uprawy zbóż ozimych. Na glebach tych dobre plony można uzyskiwać z uprawy owsa, ziemniaków i mieszanek motylkowo-trawiastych. Wysokość plonów wszystkich roślin uprawianych na glebach tego kompleksu uzależniona jest od warunków klimatycznych.

Na terenach omawianych powiatów kompleks 13 – owsiano-pastewny górski zajmuje powierzchnię 1,2%. Najwięcej gleb tego kompleksu występuje w powiecie kłodzkim (5,8%). W sześciu powiatach (bolesławieckim, dzierzoniowskim, jaworskim, lubańskim, lwóweckim i zgorzeleckim) gleby kompleksu owsiano-pastewnego górskiego nie występują. Położone są od 650 do 900 m n. p. m., a czynnikiem ograniczającym ich wartość rolniczą są surowe warunki klimatyczne. Bez specjalnego ryzyka udaje się tutaj jedynie owies i mieszanki motylkowo-trawiaste.

W trzech powiatach (kłodzkim, ząbkowickim i jeleniogórskim) występują niewielkie powierzchnie kompleksu 14 gleb ornych, przeznaczonych pod użytki zielone. Gleby te aktualnie użytkowane są jako grunty orne, powinny jednak być przeznaczone pod użytki zielone, gdyż są one zbyt wilgotne bądź występują na stromych zboczach.

Na obszarze omawianych powiatów zdecydowanie największą powierzchnię zajmuje kompleks 2 – pszeniczny dobry (34,1% ogólnej powierzchni gruntów ornych), następnie kompleks 11 – zbożowo górski (14,8%), kompleks 3 – pszeniczny wadliwy (9,9%), kompleks 10 – pszeniczny górski (9,6%), kompleks 5 – żytni dobry (7,8%), kompleks 12 – owsiano-ziemniaczany górski (7,6%) i kompleks 1 – pszeniczny bardzo dobry (7,0%). Pozostałe kompleksy przydatności rolniczej gleb ornych zajmują poniżej 5,0% powierzchni ogólnej tych gleb.



Rys. 1. Procentowy udział kompleksów przydatności rolniczej gruntów ornych na terenie omawianych powiatów

#### 4.3.2. Kompleksy trwałych użytków zielonych

Na podstawie kryteriów stosowanych przy podziale rolniczej przestrzeni produkcyjnej na kompleksy glebowo-rolnicze oraz opierając się na wartości bonitacyjnej, uwarunkowanej zespołem czynników wpływających na wzrost, rozwój i plon roślin łąkowo-pastwiskowych, na terenie Polski wydzielono trzy kompleksy trwałych użytków zielonych: 1z – użytki zielone bardzo dobre i dobre, 2z – użytki zielone średnie oraz 3z – użytki zielone słabe i bardzo słabe.

W obrębie trwałych użytków zielonych (łąki i pastwiska) największą powierzchnię w omawianych powiatach zajmuje kompleks 2z – użytki zielone średnie – 78,8% (tab. 10 i rys. 2). Pozostałe dwa kompleksy użytków zielonych zajmują łącznie 21,2% powierzchni użytków zielonych, w tym kompleks 1z – użytki zielone bardzo dobre i dobre (1,3%) oraz kompleks 3z – użytki zielone słabe i bardzo słabe (19,9%).

Kompleks trwałych użytków zielonych 1z – bardzo dobrych i dobrych, w omawianych powiatach, wykazał niski udział, to jest od 0%, w powiatach bolesławieckim, kamiennogórskim, lwóweckim i wałbrzyskim do 6,3% w powiecie dzierzoniowskim, w stosunku do ogólnej powierzchni trwałych użytków zielonych. Do tego kompleksu zalicza się użytki zielone na

glebach mineralnych i organicznych (torfowo-mułowych) o najkorzystniejszym układzie stonków wodnych, niewymagających regulacji. Na użytkach tych przeważają trawy szlachetne z dużą domieszką roślin motylkowych. Kompleks ten obejmuje użytki zielone zaliczane najczęściej do klasy bonitacyjnej I i II.

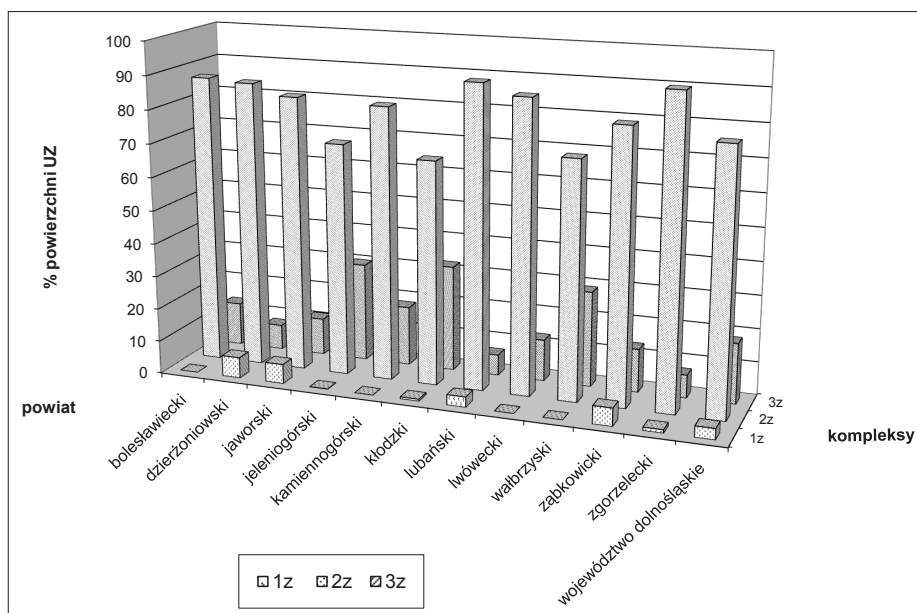
Tabela 10. Powierzchnia kompleksów przydatności rolniczej trwałych użytków zielonych (%), w omawianych powiatach [Stuczyński i in.2007]

Powiat	Kompleks trwałych użytków zielonych [%]			Razem
	1z – użytki zielone bardzo dobre i dobre	2z – użytki zielone średnie	3z – użytki zielone słabe i bardzo słabe	
bolesławiecki	0,0	86,9	13,1	100,0
dzierżoniowski	6,3	86,1	7,6	100,0
jaworski	5,9	82,9	11,2	100,0
jeleniogórski	0,1	70,0	29,9	100,0
kamiennogórski	0,0	82,0	18,0	100,0
kłodzki	0,6	67,3	32,1	100,0
lubański	3,1	90,6	6,3	100,0
lwówecki	0,0	87,4	12,6	100,0
wałbrzyski	0,0	71,2	28,8	100,0
ząbkowicki	5,4	81,5	13,1	100,0
zgorzelecki	1,0	92,0	7,0	100,0
Omawiane powiaty	1,3	78,8	19,9	100,0
Województwo dolnośląskie	3,3	78,5	18,2	100,0

Pośród trwałych użytków zielonych największą powierzchnię zajmuje kompleks 2z – użytki zielone średnie, które zajmują powierzchnie od 67,3% w powiecie kłodzkim do 92,0% w powiecie zgorzeleckim. Do kompleksu tego zalicza się użytki zielone występujące na glebach mineralnych i organicznych (torfowych, mułowych, i murszowych). Stosunki wodne tych gleb nie są w pełni uregulowane (gleby okresowo za suche lub nadmiernie uwilgotnione). Pod względem bonitacyjnym należą tu użytki zielone klasy III i IV.

Użytki zielone słabe i bardzo słabe – kompleks 3z zajmują w przedmiotowym terenie od 6,3% w powiecie lubańskim do 32,1% w powiecie kłodzkim powierzchni użytków zielonych. Z rolniczego punktu widzenia nie przedstawiają one większej wartości. Do kompleksu 3z zalicza się użytki zielone na glebach mineralnych zbyt suchych lub zbyt wilgotnych, na glebach torfowo-mułowych i torfowych przesuszonych lub podtapianych. Na użytkach kompleksu 3z przeważają turzyce i trawy słabej jakości. Należą do tego kompleksu użytki zielone V i VI klasy bonitacyjnej.

Ogólnie biorąc, na terenie omawianych powiatów zdecydowanie największą powierzchnię zajmuje kompleks 2z – użytki zielone średnie (78,8% ogólnej powierzchni trwałych użytków zielonych), następnie kompleks 3z – użytki zielone słabe i bardzo słabe (19,9%) oraz kompleks 1z – użytki zielone bardzo dobre i dobre (1,3%).



Rys. 2. Procentowy udział kompleksów przydatności rolniczej trwałych użytków zielonych na terenie omawianych powiatów

#### 4.4. Struktura użytkowania

Na podstawie kryteriów społeczno-ekonomicznych i przyrodniczych, występującego zróżnicowania poziomu rozwoju gospodarczego, struktury agrarnej, funkcji w zagospodarowaniu przestrzennym oraz warunków przyrodniczo-krajobrazowych województwa dolnośląskiego ustalono zasięgi pięciu regionów funkcjonalnych. Omawiane powiaty stanowią części składowe trzech regionów funkcjonalnych. W I rejonie funkcjonalnym – intensywnego rolnictwa, znajdują się następujące powiaty: dzierzoniowski, jaworski i ząbkowicki, w rejonie III funkcjonalnym – przemysłowo-rekreacyjno-turystycznym, powiaty: jeleniogórski, kamiennogórski, kłodzki i wałbrzyski, natomiast w V regionie funkcjonalnym – rolniczo-przemysłowo-rekreacyjnym – powiaty: bolesławiecki, lubański, lwówecki i zgorzelecki [<http://www.umwd.pl>].

Okres ostatnich kilkunastu lat charakteryzował niewielki spadek powierzchni użytków rolnych. Ich kosztem wzrastała powierzchnia wszystkich pozostałych kategorii gruntów. Na ogół słabe jakościowo użytki rolne przeznaczano pod zalesienia i zadrzewienia [<http://www.stat.gov.pl>]. W wyniku planowego zalesiania gruntów rolniczych wzrosła lesistość Polski, która na koniec 2007 r. wynosiła 28,9%. Przyrost powierzchni gruntów nierolniczych był przeważnie równomierny w ostatnich latach i nie podlegał większym wahaniom. Można na tej podstawie sądzić, że jest to proces stały, który będzie typowy również w latach następnych. Zważywszy na rozwój gospodarczy kraju, rozrost terytorialny miast, planowaną budowę nowoczesnej sieci komunikacyjnej oraz konieczność dostosowania rolnictwa do wymogów Unii Europejskiej należy przypuszczać, że powierzchnia użytków rolnych będzie podlegała ciągłemu ubytkowi. Strukturę użytkowania powierzchni w poszczególnych omawianych powiatach przedstawiono według danych GUS z 2007 r. w tabeli 11 i na rysunku 3. [<http://www.gminy.pl>].

Tabela 11. Struktura użytkowania powierzchni w omawianych powiatach [http://www.gminy.pl.]

Powiat (ilość gmin)	Grunty orne		Sady		Łąki		Pastwiska		Użytki rolne		Lasy i grunty leśne		Inne grunty i nieużytki		Powierzchnia ogółem	
	[ha]	[%]	[ha]	[%]	[ha]	[%]	[ha]	[%]	[ha]	[%]	[ha]	[%]	[ha]	[%]	[ha]	[%]
bolesławiecki (6)	30 667	23,5	132	0,1	5311	4,1	3262	2,5	39 372	30,2	69 288	53,2	21 666	16,6	130 326	100
dzierżoniowski (7)	28 919	60,4	189	0,4	2108	4,4	2082	4,3	33 298	69,5	9944	20,8	4630	9,7	47 872	100
jaworski (6)	33 942	58,4	215	0,4	3784	6,5	2802	4,8	40 743	70,1	12 780	22,0	4602	7,9	58 125	100
jeleniogórski (9)	10 259	16,3	97	0,1	7163	11,4	7385	11,8	24904	39,6	31411	50,0	6506	10,4	62 821	100
kamiennogórski (4)	8 481	21,4	6	0,0	7822	19,7	5214	13,2	21 523	54,3	14 579	36,8	3511	8,9	39 613	100
kłodzki (14)	46 635	28,4	288	0,2	14 837	9,0	19 063	11,6	80 823	49,2	71 127	43,3	12 387	7,5	164 337	100
lubański (7)	18 092	42,3	200	0,5	5157	12,0	4110	9,6	27 559	64,4	10 271	24,0	4989	11,6	42 819	100
lwówecki (5)	22 643	31,9	117	0,2	8177	11,5	9267	13,0	40 204	56,6	24 922	35,1	5868	8,3	70 994	100
wałbrzyski (9)	11 456	22,3	72	0,1	6288	12,2	6423	12,5	242 39	47,1	20 410	39,7	6769	13,2	51 418	100
ząbkowicki (7)	49 102	61,2	290	0,4	3371	4,2	3833	4,8	56 596	70,6	15 958	19,9	7621	9,5	80 175	100
zgorzelecki (7)	21 324	25,4	430	0,5	6011	7,2	4317	5,2	32 082	38,3	40 190	47,9	11 539	13,8	83 811	100
Omawiane powia- ty (81)	281 520	33,8	2036	0,3	70 029	8,4	67 758	8,1	421 343	50,6	320 880	38,6	90 080	10,8	832 311	100
Województwo dolnośląskie (169)	899 574	45,1	7181	0,4	144 617	7,2	108 548	5,4	1 159 920	58,1	590336	29,6	244520	12,3	1 994 776	100
Polska (2479)	13 861 249	44,3	238 616	0,9	2 632 289	8,4	1 431 249	4,6	18 208 403	58,2	9 172 558	29,3	3 887 541	12,5	31 268 502	100

Z tabeli tej wynika, że użytki rolne w stosunku do powierzchni ogółem zajmują powierzchnię od 30,2% w powiecie bolesławieckim do 70,6% w powiecie ząbkowickim. W siedmiu powiatach (bolesławieckim, zgorzeleckim, jeleniogórskim, wałbrzyskim, kłodzkim, kamiennogórskim i lwóweckim) wskaźnik udziału użytków rolnych w ogólnej powierzchni jest mniejszy od średniego wskaźnika w odniesieniu do województwa dolnośląskiego, który wynosi 58,1%.

Grunty orne w stosunku do powierzchni ogółem zajmują od 16,3% w powiecie jeleniogórskim do 61,2% w powiecie ząbkowickim, natomiast w województwie dolnośląskim 45,1%. W trzech powiatach (ząbkowickim, dzierzoniowskim i jaworskim) wskaźnik udziału gruntów ornych w ogólnej powierzchni jest większy od średniego wskaźnika w województwie dolnośląskim.

Sady w omawianych powiatach zajmowały niewielkie powierzchnie i wahały się od 0% w powiecie kamiennogórskim do 0,5% w powiatach lubańskim i zgorzeleckim ogólnej powierzchni powiatu.

Użytki zielone na omawianych obszarach powiatów zajmowały powierzchnie od 6,6% w powiecie bolesławieckim do 32,9% w powiecie kamiennogórskim, natomiast w całym województwie dolnośląskim 12,6%.

Lasy i grunty leśne w przedmiotowych powiatach zajmują w stosunku do powierzchni ogółem od 19,9% powierzchni w powiecie ząbkowickim do 53,2% powierzchni w powiecie bolesławieckim. Udział lasów i gruntów leśnych w powierzchni ogółem siedmiu powiatów (bolesławieckim, jeleniogórskim, zgorzeleckim, kłodzkim, wałbrzyskim, kamiennogórskim i lwóweckim) przekroczył lesistość województwa dolnośląskiego (29,6%), jak również Polski, która w roku 2007 wynosiła 28,9%.

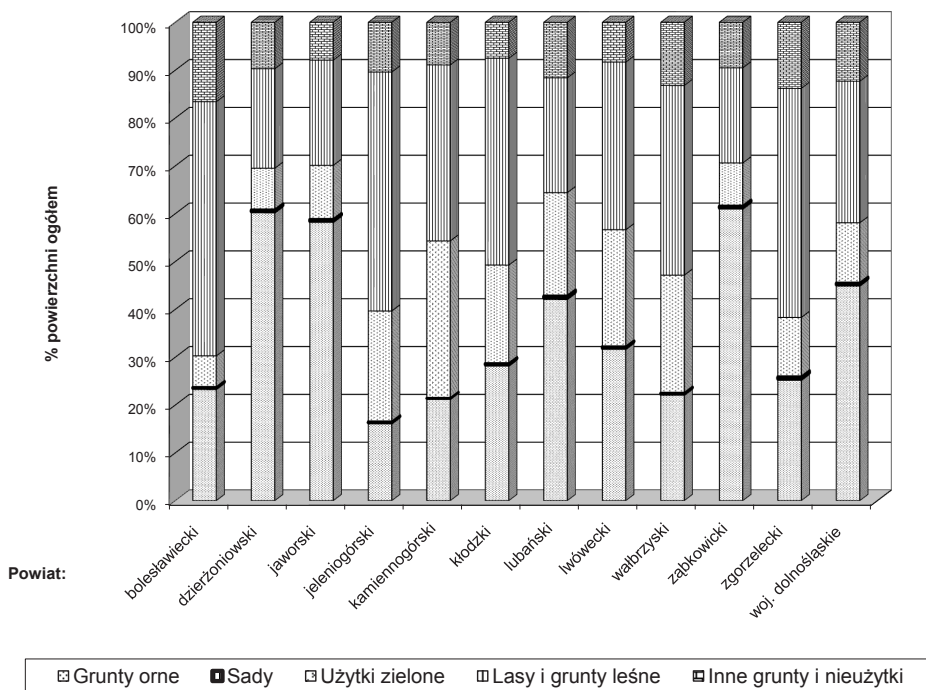
Obok użytków rolnych oraz lasów i gruntów leśnych w strukturze użytkowania powierzchni ziemi wyszczególnia się także grunty zabudowane i zurbanizowane, grunty pod wodami, użytki ekologiczne, tereny różne oraz nieużytki. W ramach gruntów zabudowanych i zurbanizowanych wyodrębnia się tereny mieszkaniowe, tereny przemysłowe, tereny zabudowane i niezabudowane, tereny rekreacyjno-wypoczynkowe, drogi, tereny komunikacyjne kolejowe i użytki kopalne. Grunty pod wodami obejmują grunty pod wodami płynącymi i grunty pod wodami stojącymi.

Inne grunty i nieużytki w stosunku do powierzchni ogółem zajmują od 7,5% w powiecie jaworskim do 16,6% w powiecie bolesławieckim. Znaczne ich obszary występują ponadto w powiatach zgorzeleckim (13,8%) i wałbrzyskim (13,2%).

W podsumowaniu stwierdzić można, że omawiane powiaty stanowią części składowe trzech regionów funkcjonalnych: intensywnego rolnictwa (3 powiaty), przemysłowo-rekreacyjno-turystycznego (4 powiaty) i rolniczo-przemysłowo-rekreacyjnego (4 powiaty), spośród pięciu ustalonych regionów funkcjonalnych w województwie dolnośląskim. Z danych GUS z 2010 r. wynika, że w strukturze ogólnego zagospodarowania omawianego obszaru istnieje stały spadek powierzchni użytków rolnych na korzyść terenów nierolniczych. W wyniku powyższej sytuacji wskaźnik udziału użytków rolnych w siedmiu powiatach jest mniejszy (a tylko w czterech większy) od średniego wskaźnika w województwie dolnośląskim, który wynosi 58,1%.

Na terenie przedmiotowych powiatów największą powierzchnię zajmowały lasy i grunty leśne (38,9%), następnie grunty orne (33,8%), trwale użytki zielone (16,5%) oraz inne grunty i nieużytki (10,8%). Sady w omawianych jedenastu powiatach obejmowały bardzo niewielki areal w ilości 0,3%.





Rys. 3. Struktura użytkowania powierzchni w omawianych powiatach [http://www.gminy.pl]

## 4.5. Obszary o niekorzystnych warunkach gospodarowania

Województwo dolnośląskie charakteryzuje się bardzo zróżnicowaną rzeźbą terenu. Strefa górską rozprzestrzenia się na południu. Znaczny areal omawianych powiatów znajduje się w strefie górskiej lub podgórskiej, ze względu na swe położenie geograficzne w rejonie Sudetów i Przedgórze Sudeckiego. Rolnictwo górskie, z powodu niekorzystnego układu czynników przyrodniczych, jest mało rentowne. Do obszarów o niekorzystnych warunkach gospodarowania (ONW) mogą być zakwalifikowane całe gminy bądź obręby ewidencyjne. W wyniku integracji Polski ze strukturami Unii Europejskiej w roku 2004 zaistniała możliwość zrekompensowania finansowego nakładów na produkcję rolną na obszarach górskich i innych o niekorzystnych warunkach gospodarowania. W tym celu wyróżniono następujące rodzaje obszarów o niekorzystnych warunkach gospodarowania (ONW), do których przyznawana jest pomoc finansowa (dopłata wyrównawcza):

- **obszary górskie**, gdzie produkcja rolna jest uciążliwa ze względu na niesprzyjające warunki klimatyczne i ukształtowanie terenu. Do obszarów górskich zalicza się gminy, w których ponad połowa użytków rolnych znajduje się na wysokości powyżej 500 m n.p.m.;
- **obszary nizinne**, które zostały podzielone na strefy: nizinną – ONW I (o mniejszym stopniu utrudnień dla produkcji rolnej, z wartością WWRPP od 52 do 56 punktów) i nizinną – ONW II (o istotnym stopniu utrudnień w produkcji rolnej, z wartością WWRPP poniżej 52 punktów), według Rozporządzenia Rady (WE) 1257/1999, muszą spełniać trzy kryteria:

- charakteryzować się niską produktywnością,
- ograniczonym potencjałem produkcyjnym,
- niekorzystną sytuacją demograficzną.

Kryterium służącym do wyznaczenia poziomu produktywności danego obszaru oraz potencjału produkcyjnego jest wskaźnik waloryzacji rolniczej przestrzeni produkcyjnej (WWRPP), uwzględniający jakość gleby, warunki klimatyczne, warunki glebowe oraz rzeźbę terenu. Wskaźnik demograficzny pozwala na określenie gęstości zaludnienia, która na poziomie powiatu i gminy nie przekracza 75 osób·km<sup>-2</sup>. W obu strefach brano również pod uwagę udział ludności związanej z rolnictwem.

**Obszary ze specyficznymi naturalnymi utrudnieniami** obejmują gminy i obręby geodezyjne rejonów podgórskich, gdzie co najmniej 50% całkowitej powierzchni znajduje się powyżej 350 m n.p.m. i które spełniają przynajmniej dwa z poniższych kryteriów:

- średnia wielkość gospodarstwa wynosi mniej niż 7,5 ha,
- występują gleby zagrożone erozją wodną,
- zaprzestano prowadzenia działalności rolniczej w co najmniej 25%, ogólnej liczby gospodarstw rolnych,
- udział trwałych użytków zielonych w strukturze użytków rolnych jest wyższy niż 40%.

Dopłaty wyrównawcze dla gospodarstw rolnych, położonych na obszarach górskich i innych obszarach o niekorzystnych warunkach gospodarowania, rekompensują istniejące utrudnienia w stosunku do gospodarstw położonych poza granicami ONW. Celem działania jest zapewnienie ciągłości rolniczego użytkowania ziemi i tym samym utrzymanie żywotności obszarów wiejskich, zachowanie walorów krajobrazowych obszarów wiejskich oraz utrzymanie zrównoważonego sposobu gospodarowania, uwzględniającego aspekty ochrony środowiska.

ONW górskie wystąpiły w sześciu powiatach: jaworskim, jeleniogórskim, kamiennogórskim, kłodzkim, lwóweckim i wałbrzyskim, zajmując areał od 0,6% w powiecie lwóweckim do 76,3% w powiecie kamiennogórskim (tab. 12).

Obszary o specyficznych utrudnieniach znajdowały się w dziesięciu omawianych powiatach (wyjątkiem był powiat bolesławiecki, w którym obszary te nie wystąpiły). Obszary o specyficznych utrudnieniach obejmowały areał od 1,0% w powiecie zgorzeleckim do 75,2% w powiecie jeleniogórskim.

Obszary nizinne o mniejszym stopniu utrudnień dla produkcji rolnej (ONW I) odnotowano w powiatach bolesławieckim oraz zgorzeleckim. Obejmowały one powierzchnię użytków rolnych odpowiednio 24,5 i 26,2%. Natomiast obszary nizinne o istotnym stopniu utrudnień dla produkcji rolnej (ONW II) wystąpiły w dwóch powiatach, a mianowicie: bolesławieckim i ząbkowickim, zajmując odpowiednio areał 0,7 i 0,2%.

W tabeli 12 przedstawione zostały udziały procentowe poszczególnych rodzajów obszaru o niekorzystnych warunkach gospodarowania w omawianych powiatach, z których wynika, że w pięciu powiatach (kamiennogórskim, jeleniogórskim, kłodzkim, wałbrzyskim i lwóweckim) ponad 50% powierzchni użytków rolnych jest zakwalifikowana do obszarów o niekorzystnych warunkach gospodarowania (ONW). W pozostałych sześciu powiatach (bolesławieckim, dzierzoniowskim, jaworskim, lubańskim, ząbkowickim i zgorzeleckim) powierzchnia użytków rolnych zaliczona do obszarów o niekorzystnych warunków gospodarowania wynosiła od 5,9% w powiecie dzierzoniowskim do 27,2% w powiecie zgorzeleckim.

Na terenie omawianych powiatów do obszarów ONW zaliczono łącznie 45,4% użytków rolnych, w tym 13,6% do strefy górskiej, 27,3% do obszarów o specyficznych utrudnieniach, 4,4% do strefy I nizinnej i 0,1% do strefy II nizinnej.

Tabela 12. Obszary o niekorzystnych warunkach gospodarowania w omawianych powiatach [Stuczynski i in. 2007].

Powiat	Powierzchnia użytków rolnych w procentach					
	Obszary o niekorzystnych warunkach gospodarowania – ONW					Użytki rolne poza ONW
	górskie	nizinne I	nizinne II	o specyficznych utrudnieniach	użytki rolne w ONW	
bolesławiecki	0	24,5	0,7	0	25,2	74,8
dzierżoniowski	0	0	0	5,9	5,9	94,1
jaworski	2,5	0	0	29,3	31,8	68,2
jeleniogórski	14,0	0	0	75,2	89,2	10,8
kamiennogórski	76,3	0	0	15,6	91,9	8,1
kłodzki	28,9	0	0	48,1	77,0	23,0
lubański	0	0	0	17,5	17,5	82,5
lwówecki	0,6	0	0	56,0	56,6	43,4
wałbrzyski	51,0	0	0	23,8	74,8	25,2
ząbkowicki	0	0	0,2	11,5	11,7	88,3
zgorzelecki	0	26,2	0	1,0	27,2	72,8
Razem omawiane powiaty	13,6	4,4	0,1	27,3	45,4	54,6
Województwo dolnośląskie	4,9	17,8	0,4	10,8	33,9	66,1

#### 4.6. Waloryzacja rolniczej przestrzeni produkcyjnej omawianych powiatów

Waloryzacja rolniczej przestrzeni produkcyjnej polega na ocenie czynników przyrodniczych takich jak: gleba, agroklimat, rzeźba terenu i warunki wodne, które mają decydujący wpływ na produkcję roślinną. Całościowa ocena współdziałania wymienionych czynników, wyrażona jedną liczbą w formie syntetycznego wskaźnika waloryzacji warunków produkcji roślinnej (WWRPP), pozwala na porównanie poszczególnych regionów kraju pod względem możliwości produkcyjnych. Przedziały wartości WWRPP i wskaźników cząstkowych przedstawiono w tabeli 13.

Największy wpływ na wartość ogólnego wskaźnika waloryzacji jakości rolniczej przestrzeni produkcyjnej mają jakość i przydatność rolnicza gleb. Na podstawie wyników wieloletnich doświadczeń IUNG nad plonowaniem roślin ustalono współczynniki poszczególnych klas bonitacyjnych i osobno kompleksów przydatności rolniczej w skali 100-punktowej. Poza wielkością plonów uwzględniono również takie elementy jak możliwość uprawy poszczególnych gatunków roślin, trudność uprawy oraz koszt produkcji. Gleby najlepsze (klasa I) uzyskały 100 punktów, a najgorsze (klasa VI) 18 punktów. Wartości punktowe przyporządkowano także kompleksom przydatności rolniczej gleb, które wahają się w zakresie od 18 do 94 punktów, a na trwałych użytkach zielonych od 20 do 80 punktów. Wartość cząstkowego wskaźnika jakości i rolniczej przydatności gleb obliczana jest jako średnia arytmetyczna wartości punktowej klas bonitacyjnych i kompleksów rolniczej przydatności, z uwzględnieniem ich udziału w rozpatrywanej powierzchni użytków rolnych.

Wskaźnik cząstkowy **jakości i przydatności gleby** dla użytków rolnych (grunty orne i trwałe użytki zielone), rozpatrywanych łącznie w omawianych powiatach, mieści się w granicach od 42,2 w powiecie wałbrzyskim do 71,1 w powiecie dzierzoniowskim (tab. 14). W odniesieniu do województwa dolnośląskiego średnia wartość łącznego wskaźnika gruntów ornych i trwałych użytków zielonych wynosi 57,0. Wskaźnik ten został przekroczony w pięciu powiatach (dzierzoniowskim o 14,1 punktu, ząbkowickim – 12,4 punktu, jaworskim – 9,1 punktu, lubańskim – 4,0 punktu i zgorzeleckim – 1,4 punktu). Gleby tych powiatów charakteryzują się większym potencjałem produkcyjnym niż średni potencjał gleb całego województwa dolnośląskiego.

Tabela 13. Przedziały wartości WWRPP i wskaźników cząstkowych [Stuczyński i in. 2007]

Wskaźnik cząstkowy	Zakres punktów
jakości i przydatności rolniczej gleb	18–95
agroklimatu	1–15
rzeźby terenu	0–5
warunków wodnych	0,5–5
Razem WWRPP	19,5–120

Tabela 14. Wartości cząstkowych wskaźników waloryzacji rolniczej przestrzeni produkcyjnej oraz zredukowana wartość WWRPP gleb omawianych powiatów [praca zbiorowa pod redakcją naukową Stuczyńskiego 2007]

Powiat	Wskaźniki cząstkowe (średnie ważone)				Ogólny wskaźnik waloryzacji rolniczej przestrzeni produkcyjnej WWRPP	Zredukowana wartość ogólnego wskaźnika waloryzacji rolniczej przestrzeni produkcyjnej
	jakości i przydatności rolniczej	agroklimatu	rzeźby terenu	warunków wodnych		
bolesławiecki	52,0	11,9	3,2	2,7	69,8	62,9
dzierzoniowski	71,1	6,1	2,7	3,7	83,6	75,3
jaworski	66,1	9,0	2,8	3,5	81,4	73,3
jeleniogórski	46,0	3,0	1,6	2,8	53,4	48,1
kamiennogórski	46,6	3,0	1,6	2,9	54,1	48,7
kłodzki	49,6	3,1	1,7	2,9	57,3	51,6
lubański	61,0	5,9	2,3	3,2	72,4	65,2
lwówecki	56,0	5,4	2,0	3,0	66,4	59,8
wałbrzyski	42,2	3,0	1,6	2,7	49,5	44,6
ząbkowicki	69,4	4,9	2,5	3,6	80,4	72,4
zgorzelecki	58,4	11,1	2,7	3,1	75,3	67,8
Województwo dolnośląskie	57,0	10,1	3,0	3,0	73,2	65,9

**Agroklimat** wyceniany jest w ramach punktowej waloryzacji rolniczej przestrzeni produkcyjnej w skali od 1 do 15. Punktacja klimatu odzwierciedla wpływ lokalnych warunków meteorologicznych (temperatura, usłonecznienie i opady atmosferyczne) na plonowanie podstawowych gatunków roślin występujących na danym obszarze. Wskaźniki agroklimatu w przypadku poszczególnych powiatów podano w tabeli 14. Jak widać, wykazuje on zróżnicowanie, a jego wartość wynosi od 3,0 do 11,9, natomiast w województwie dolnośląskim – 10,1. Gleby użytkowane rolniczo w powiatach bolesławieckim, zgorzeleckim i jaworskim są pod względem klimatycznym najkorzystniejsze dla rolnictwa, gdyż należą do najłagodniejszych klimatycznie obszarów Polski.

**Rzeźba terenu** w celach waloryzacji rolniczej przestrzeni produkcyjnej oceniana jest na podstawie wysokości nad poziomem morza, spadku terenu, ukształtowania z uwzględnieniem jego form: równiny, pagórkowaty, pofałdowany, umiarkowanie nachylony, podgórski, górski i wysokogórski. Rzeźbę terenu ocenia się w skali od 0 do 5. Wskaźnik rzeźby obliczany jest jako średnia ważona danego obszaru. Wskaźnik ten kształtuje się od 1,6 dla powiatów (jeleniogórski, kamiennogórski i wałbrzyski) zlokalizowanych na terenach górskich i podgórskich do 3,2, dla powiatu bolesławieckiego położonego w większej części na terenach równinnych. Wartość średnia ważona województwa dolnośląskiego wynosiła 3,0 i była wyższa od wartości wskaźników w omawianych powiatach. Wyjątkiem był już wcześniej wspomniany powiat bolesławiecki, którego cząstkowy wskaźnik rzeźby terenu wynosił 3,2.

**Wskaźnik warunków wodnych** wyceniany jest w skali 5-punktowej, na podstawie własności retencyjnych profilu glebowego oraz występowania zwierciadła wód gruntowych. Wartości wskaźnika w omawianych powiatach kształtują się w granicach od 2,7 w powiatach bolesławieckim i wałbrzyskim do 3,7 w powiecie dzierzoniowskim (tab. 14). Uśredniona wartość wskaźnika warunków wodnych w całym województwie dolnośląskim wynosi 3,0. Wartość wskaźnika warunków wodnych w pięciu powiatach (dzierzoniowski, ząbkowicki, jaworski, lubański i zgorzelecki) przewyższa ten wskaźnik odnoszony do województwa dolnośląskiego.

**Ogólny wskaźnik waloryzacji rolniczej przestrzeni produkcyjnej** analizowanych powiatów, obliczany jako suma omówionych wskaźników cząstkowych, wykazuje dość istotne zróżnicowanie (tab. 14). Wyraźnie niższa wartość wskaźnika występuje tylko w powiecie wałbrzyskim (49,5). W badanych powiatach ogólny wskaźnik waloryzacji rolniczej przestrzeni wykazuje dość duże zróżnicowanie i mieści się w granicach od 49,5 w powiecie wałbrzyskim do 83,6 w powiecie dzierzoniowskim.

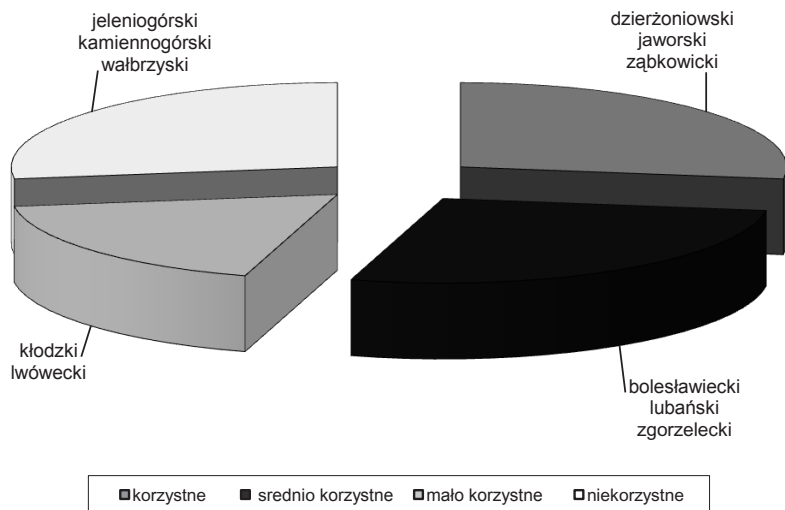
Obliczona w odniesieniu do całego województwa dolnośląskiego wartość wskaźnika waloryzacji rolniczej przestrzeni produkcyjnej wynosi 73,2.

Do syntetycznej wyceny wyrażonej w skali 100 punktowej, w postaci **zredukowanego ogólnego wskaźnika waloryzacji rolniczej przestrzeni produkcyjnej**, wykorzystano fakt, że w praktyce w Polsce uzyskano najwyższą wartość waloryzacji 111 punktów. Przyjęto ją za 100 i w podobnym stosunku zredukowano wartość wskaźnika w odniesieniu do innych obszarów. Przyjmując przedziały co 10 punktów, wydzielono następujące obszary do produkcji rolniczej [Drozd i in. 2002]:

- wyjątkowo korzystne – o wskaźniku od 100 do 90,1 punktów;
- bardzo korzystne – 90–80,1;
- korzystne – 80–70,1;
- średnio korzystne – 70–60,1;
- mało korzystne – 60–50,1;

- niekorzystne – 50–40,1;
- wyjątkowo niekorzystne – o wskaźniku poniżej 40,1 punktów.

Kompleksowa ocena wymienionych czynników wskazuje, że na terenie omawianych powiatów występują zróżnicowane warunki produkcji rolniczej (tab. 14 i rys. 4), od niekorzystnych w powiatach położonych na terenach górskich i podgórskich do korzystnych w powiatach zlokalizowanych w zasadniczej części na terenach równinnych.



Rys. 4. Warunki produkcji rolniczej na terenach omawianych powiatów

Korzystne warunki produkcji rolniczej występują w trzech powiatach: dzierżoniowskim, jaworskim i ząbkowickim. Średnio korzystne warunki produkcji rolniczej mają powiaty bolesławiecki, lubański i zgorzelecki. Mało korzystne warunki produkcji rolniczej występują w dwóch powiatach – kłodzkim i lwóweckim.

Niekorzystne warunki produkcji rolniczej występują w trzech powiatach sudeckich: jeleniogórskim, kamiennogórskim i wałbrzyskim. Czynnikiem ograniczającym użytkowanie i wykorzystanie gleb w tych powiatach są – obok jakości i przydatności gleb – rzeźba terenu oraz agroklimat.

Przyjmując warunki agroekologiczne według autorów „Opracowania ekofizjograficznego dla województwa dolnośląskiego” [<http://eko.wbu.wroc.pl>] za dobre, gdy łączna ocena wskaźnika waloryzacji rolniczej przestąpi produkcyjnej przekracza 80 punktów, średnie – od 60 do 80 punktów i słabe – poniżej 60 punktów, warunki agroekologiczne w omawianych powiatach są dobre w trzech powiatach: dzierżoniowskim, jaworskim i ząbkowickim, średnie w czterech powiatach: bolesławieckim, lubańskim, lwóweckim i zgorzeleckim oraz słabe w czterech powiatach: jeleniogórskim, kamiennogórskim, kłodzkim i wałbrzyskim.

## 5. WYBRANE WŁAŚCIWOŚCI BADANYCH GLEB

Skład granulometryczny dotyczy mineralnej części stałej fazy gleby. Pod pojęciem składu granulometrycznego rozumie się stan rozdrobnienia mineralnej części fazy stałej gleby, wyrażony wielkością cząstek oraz procentowym udziałem każdej frakcji. Każda frakcja gleby różni się nie tylko wielkością, ale często również składem mineralnym oraz właściwościami fizycznymi i chemicznymi. Skład granulometryczny jest podstawowym wskaźnikiem charakteryzującym właściwości danej gleby.

W opracowaniu dokonano charakterystyki i prezentacji wyników badań składu granulometrycznego na podstawie zbadanych próbek glebowych, pobranych na obszarze 11 powiatów, z terenu SiPS.

Żyzność gleby to zdolność do zaspokojenia potrzeb życiowych roślin. Zależy od jej właściwości fizycznych, chemicznych i biologicznych. Optymalizacja poszczególnych czynników wpływających bezpośrednio lub pośrednio na stan żyzności gleby powinna być podstawą wszelkich poczynań nowoczesnego rolnictwa. Do zabiegów działających pozytywnie na stan żyzności gleby zalicza się między innymi optymalizację odczynu i racjonalne nawożenie. Ustalenie wielkości dawek nawozów opiera się na badaniach laboratoryjnych próbek glebowych. W niniejszej publikacji zamieszczono informacje dotyczące stanu zakwaszenia gleb i zawartości w przyswajalne formy makroskładników (fosforu, potasu i magnezu) na obszarze Sudetów i Przedgórze Sudeckiego.

### 5.1. Metodyka badań laboratoryjnych

Omawiane w dalszej części rozdziału oraz w rozdziale 6 właściwości gleb oznaczano następującymi metodami:

- skład granulometryczny – metodą areometryczno-sitową zgodną z normami PN-R-04032 i PN-R-04033 (1998);
- odczyn gleby: pH w wodzie i w 1 M KCl – metodą potencjometryczną według PN-ISO 10390:1997;
- oznaczenia zawartości form całkowitych: miedzi, kadmu, ołowiu, cynku, niklu wykonano według – PN-ISO 11047; 2001, oznaczenie rtęci – techniką AAS z amalgamacją par rtęci, oznaczenie arsenu – metodą HG AAS, wodorkowania (FAAS) lub GF-AAS po mineralizacji w wodzie królewskiej;
- zawartość przyswajalnego fosforu w glebach mineralnych metodą spektrofotometryczną według PN-R-04023, 1996;
- zawartość przyswajalnego potasu w glebach mineralnych metodą fotometrii płomieniowej według PN-R-04022, 1996+Az 1:2002;
- zawartość przyswajalnego magnezu w glebach mineralnych metodą FAAS według PN-R-04020, 1994;

- zawartość przyswajalnych form fosforu, potasu i magnezu w glebach organicznych według PN-R-04024, 1997.

## 5.2. Skład granulometryczny

Ze względu na sposób prezentacji wyników składu granulometrycznego w raportach z poszczególnych powiatów na użytek niniejszej publikacji zdecydowano się przedstawiać skład w układzie wynikającym z normy BN-78/9180-11.

Skład granulometryczny oznaczono łącznie w 1 336 próbkach gleby z terenu SiPS. W całej badanej populacji dominowały utwory należące do grup granulometrycznych pyłów ilastych (358 próbek) oraz glin lekkich pylastych (307 próbek). W zbliżonych ilościach występowały utwory z grupy glin średnich pylastych (257 próbek) oraz pyłów zwykłych (188 próbek). Znacznie mniejszy udział miały utwory należące do grupy glin średnich (14 próbek), glin lekkich (42 próbki), piasków gliniastych mocnych pylastych (34 próbki) oraz piasków gliniastych lekkich pylastych (25 próbek). Jeszcze mniejszy udział w całej populacji miały utwory o ciężkim składzie granulometrycznym: gliny ciężkie pylaste (29 próbek), iły pylaste (również 29 próbek) oraz gliny ciężkie (2 próbki). Jeszcze rzadziej występowały piaski gliniaste mocne (17 próbek), piaski gliniaste lekkie (13 próbek) oraz piaski słabo gliniaste (14 próbek). Pojedynczo występowały również piaski słabo gliniaste pylaste (2 próbki) oraz piaski luźne (5 próbek), (tab. 15).

Tabela 15. Występowanie utworów należących do poszczególnych grup granulometrycznych według powiatów

Powiat	Liczba próbek w poszczególnych grupach granulometrycznych																	Razem
	płi	płz	gsp	glp	gcp	gc	gs	gl	ip	i	pgm	pgmp	pglp	pgl	ps	psp	pl	
bolesławiecki	11	5	1	27	2	1	1	6	0	0	3	10	4	9	9	0	4	93
zgorzelecki	134	14	44	57	0	0	0	2	1	0	5	1	2	1	0	0	1	262
łwówecki	22	5	30	20	2	0	4	12	0	0	1	0	0	1	2	0	0	99
ząbkowicki	19	0	26	11	8	1	5	8	14	0	2	0	0	0	0	0	0	94
lubański	35	26	10	13	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	1	0	86
dzierżoniowski	23	0	17	17	1	0	0	2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	60
jaworski	58	4	31	4	4	0	0	4	5	0	0	0	0	0	0	0	0	110
kłodzki	31	15	33	15	9	0	0	0	9	0	0	0	0	0	0	0	0	112
jeleniogórski	20	19	50	42	3	0	3	8	0	0	1	7	2	2	2	1	0	160
wałbrzyski	4	52	4	41	0	0	1	0	0	0	5	7	6	0	0	0	0	120
kamienno-górski	1	48	11	60	0	0	0	0	0	0	0	9	11	0	0	0	0	140
Razem SiPS	358	188	257	307	29	2	14	42	29	0	17	34	25	13	14	2	5	1336

płi – pył ilasty, płz – pył zwykły, gsp – glina średnia pylasta, glp – glina lekka pylasta, gcp – glina ciężka pylasta, gc – glina ciężka, gs – glina średnia, gl – glina lekka, ip – ił pylasty, i – ił, pgm – piasek gliniasty mocny, pgmp – piasek gliniasty mocny pylasty, pglp – piasek gliniasty lekki pylasty, pgl – piasek gliniasty lekki, ps – piasek słabo gliniasty, psp – piasek słabo gliniasty pylasty, pl – piasek luźny

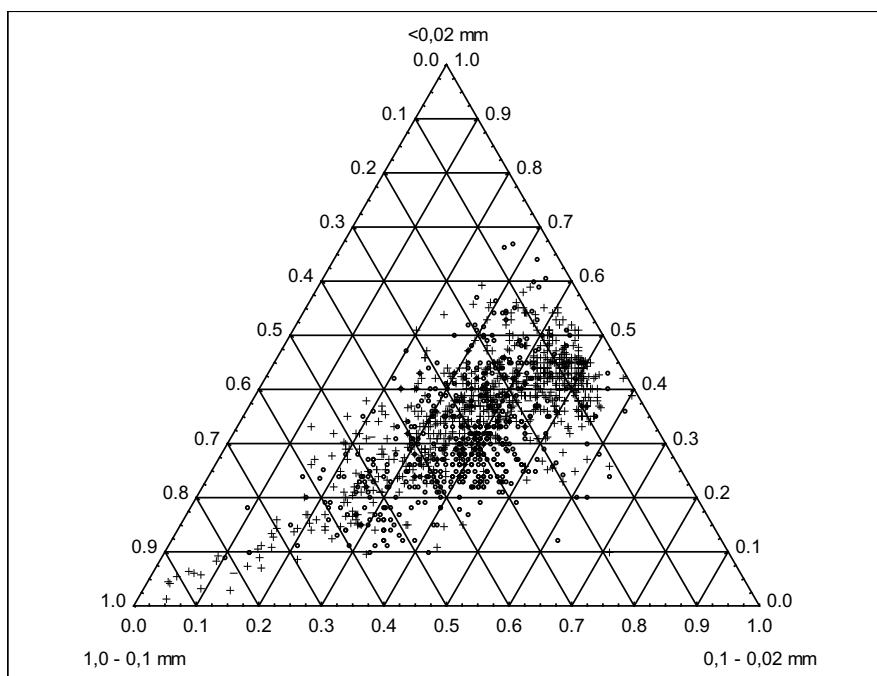


Ogólnie 92,0% spośród wszystkich przebadanych próbek należało do utworów pyłowych bądź pylastych, a w tym 40,9% należało bezpośrednio do grup utworów pyłowych.

Zdecydowana większość badanych próbek charakteryzowała się zawartością frakcji szkieletowych poniżej 5%. W próbkach z powiatów zlokalizowanych na obszarze Sudetów zawartość części szkieletowych była nieco wyższa i osiągała do 10%.

W ujęciu liczbowym według normy BN-78/9180-11 zawartość frakcji ilastych w badanych utworach kształtowała się w granicach od 1,3 do 67% ze średnią 34,2% i medianą 35,0% oraz współczynnikiem zmienności wynoszącym 30,3%. Zawartość frakcji pyłowych była nieznacznie wyższa i kształtowała się w granicach od 3,3 do 71,0% ze średnią 37,9%, medianą 38,3% i współczynnikiem zmienności 24,6%. Najniższa, ale zarazem silnie zróżnicowana była zawartość frakcji piaszczystych, kształtująca się w granicach od 0,6 do 92,1% ze średnią wartością 27,6%, medianą 26,2% oraz współczynnikiem zmienności 56,9%.

W ujęciu według powiatów (tab. 15) można dostrzec podwyższony udział utworów pyłowych (56–71%) w powiatach: zgorzeleckim, lubańskim oraz jaworskim, a także wyższy udział utworów gliniastych (57–61%) w powiatach lwóweckim, dzierzoniowskim i jeleniogórskim. Zwraca uwagę ponadto całkowity brak utworów piaszczystych w powiatach: dzierzoniowskim, jaworskim oraz kłodzkim. Pod względem występowania utworów o lekkim składzie granulometrycznym wyraźnie wyróżnia się powiat bolesławiecki, w którym udział utworów piaszczystych jest na poziomie 42% wobec zakresu od 0 do 15% w przypadku pozostałych.



Rys. 5. Skład granulometrycznych badanych gleb z obszaru SiPS według normy BN-78/9180-11; + próbki z obszaru Przedgórze Sudeckiego, o próbki z obszaru Sudetów

Wydzielając jako osobną grupę powiaty zlokalizowane na terenie Sudetów: wałbrzyski, jeleniogórski, kamiennogórski, kłodzki oraz gminy górskie powiatów lwóweckiego (Świeradów Zdrój) i ząbkowickiego (Złoty Stok), można cały obszar SiPS podzielić na obszar górski Sudetów (wymienione) oraz obszar przedgórze Sudeckiego.

W takim ujęciu zawartość poszczególnych frakcji, oznaczanych w utworach z obszaru przedgórze była dość zróżnicowana (rys. 5). Średnia zawartość frakcji spławalnych (<0,02 mm) wynosiła 36,3% przy zakresie zmienności od 1,3 do 59,2% i współczynnika zmienności 27,3%. Równocześnie średnia zawartość frakcji pyłowych (0,02–0,1 mm) w glebach przedgórze była nieco wyższa i wynosiła 38,3% przy zakresie od 3,2 do 71% oraz współczynnika zmienności 26,7%. Zawartość frakcji >1 mm nie przekraczała 5%.

Populacja próbek z obszaru górskiego charakteryzowała się zbliżonym w zasadzie zakresem zawartości oznaczanych frakcji (rys. 5). Nie występowały w niej jedynie utwory o najmniejszych zawartościach (<9%) frakcji pyłowych (0,02–0,1 mm) i frakcji ilastych (<0,02 mm). Zawartość frakcji >1 mm była wyższa niż w glebach przedgórze, ale w zdecydowanej większości przypadków nie przekraczała 10%.

### 5.3. Stan zakwaszenia gleb

Oceny zakwaszenia gleb i oceny zasobności gleb w przyswajalne formy fosforu, potasu i magnezu dokonano na podstawie wyników badań Okręgowej Stacji Chemiczno-Rolniczej we Wrocławiu, uzyskanych z badań wykonanych w latach 2006–2009.

Poniżej (tab. 16) zestawiono ilość prób glebowych i powierzchnie użytków rolnych, z których pobrano te próby w ramach wyżej wymienionych badań, prowadzonych w 11 powiatach z obszaru SiPS.

Tabela 16. Powierzchniowy i ilościowy zakres badań

Powiat	Liczba próbek	Z powierzchni użytków rolnych [ha]	Przebadany procent ogółu użytków rolnych
bolesławiecki	3127	8000	20,3
dzierzoniowski	3432	10 050	30,2
jaworski	4605	13 936	34,2
jeleniogórski	1454	3725	14,9
kamiennogórski	1389	2894	13,4
kłodzki	3129	70 15	8,7
lubański	2669	9 826	35,6
lwówecki	2 850	7028	17,4
wałbrzyski	1206	3488	14,4
ząbkowicki	6458	15 990	28,2
zgorzelecki	1416	4688	14,6

Istotny wpływ na właściwości fizykochemiczne i biologiczne gleb wywiera poziom ich zakwaszenia. Kwasowość gleb oznacza ilość jonów wodorowych i glinowych, związanych wymiennie lub niewymiennie z fazą stałą gleby.

Odczyn gleby jest istotnym czynnikiem decydującym o wielu biologicznych i fizykochemicznych procesach zachodzących w glebach. Jest on miarą obecności jonów wodorowych w glebach, wyrażoną w jednostkach pH jako ujemny logarytm dziesiętny z ich stężenia  $[H^+]$  w roztworze glebowych ( $pH = -\log ([H^+])$ ).

Nadmierne zakwaszenie gleb stanowi poważny czynnik ich degradacji [Baran, Turski 1995]:

- wpływa na strukturę i przepuszczalność gleb – zakwaszenie powoduje pogorszenie tych właściwości;
- zakwaszenie wpływa na zwiększenie rozpuszczalności wielu składników mineralnych, wśród których na szczególną uwagę zasługują metale ciężkie;
- zróżnicowana rozpuszczalność pierwiastków przy różnym pH wpływa na ich migrację z gleb do wód gruntowych i roślin, co jest przyczyną naruszenia równowagi jonowej środowiska glebowego;
- oddziaływanie zakwaszenia gleby na mikroorganizmy glebowe jest zróżnicowane – dla bakterii korzystniejszy jest odczyn lekko kwaśny i zasadowy, zaś dla grzybów kwaśny;
- odczyn środowiska glebowego wywiera decydujący wpływ na wzrost i rozwój roślin – w podsumowaniu na ilość i jakość pozyskiwanych plonów.

Powodem zakwaszenia gleb są procesy naturalne zachodzące w glebach i czynniki antropogeniczne. Intensywność naturalnego zakwaszenia gleb zależy od następujących czynników:

- rodzaju i gatunku gleb,
- warunków klimatycznych,
- ukształtowania rzeźby terenu,
- przyrodniczych procesów (aktywność mikrobiologiczna gleb, mineralizacja materii organicznej i procesy humifikacji zachodzące w sferze korzeniowej).

Czynniki antropogeniczne związane są z różnorodną działalnością człowieka, spośród których szczególnie wymienić należy:

- zanieczyszczenia atmosfery ( $SO_2$ ,  $NH_3$ ,  $NO_x$ ),
- składowanie oraz stosowanie kwaśnych i kwasotwórczych odpadów,
- stosowanie nawozów fizjologicznie kwaśnych,
- malejący udział nawożenia organicznego,
- niewłaściwe następstwo roślin,
- niedostateczne wapnowanie użytków rolnych.

Aby roślinom uprawnym zapewnić korzystne warunki wzrostu i rozwoju, należy kontrolować odczyn gleb badaniami i w razie potrzeby dokonywać jego regulacji. Optymalne zakresy pH roślin rolniczych zestawiono w tabeli 17.

Tabela 17. Optymalne zakresy pH

Wrażliwość roślin na kwaśny odczyn	Gatunki roślin	Optymalne pH gleby
mało wrażliwe	łubin, seradela, żyto, trawy	5,1–5,5
średnio wrażliwe	owies, ziemniaki, mieszanki zbożowe, mieszanki pastewne	5,6–6,0
wrażliwe	pszenica, rzepak, bobik, łubin, pszenżyto	6,1 – 6,5
bardzo wrażliwe	buraki, kukurydza, lucerna, koniczyna, soja, jęczmień	6,6–7,0

Zakwaszenie gleby ma wpływ na rozwój roślin uprawnych, a w konsekwencji na wielkość i jakości ich plonów:

- pośrednio poprzez wpływ na przyswajalność składników pokarmowych i metali ciężkich,
- bezpośrednio poprzez wpływ kationów glinu i manganu na system korzeniowy roślin.

Rośliny uprawne charakteryzują się zróżnicowaną reakcją na nadmierne stężenie glinu ( $Al^{3+}$ ) i manganu ( $Mn^{2+}$ ), które to może być następstwem nadmiernego zakwaszenia gleb. Podział roślin uprawnych ze względu na wrażliwość na nadmiar glinu i manganu zestawiono w tabeli 18 [Grzebisz i in., 2005].

Tabela 18. Wrażliwość roślin na poziom zawartości glinu i manganu

Klasa reakcji	Na glin – gatunek roślin	Na mangan – gatunek roślin
bardzo wrażliwe	jęczmień, lucerna	lucerna, kukurydza cukrowa, jęczmień
wrażliwe	rzepak	koniczyna biała, rzepak
tolerancyjne	koniczyna biała, łubin biały	soja, owies
bardzo tolerancyjne	łubin żółty, groch polny, seradela, żyto	trawy pastewne, słonecznik

Na podstawie wyników analiz 90 tysięcy prób glebowych ustalono zależności pomiędzy odczynem gleby a zawartością przyswajalnych form fosforu, potasu i magnezu [Filipek i in. 2006].

Zawartość fosforu jest ściśle związana z odczynem gleby. Gleby kwaśne w ponad 50% wykazują jednocześnie bardzo niską i niską zawartość przyswajalnego fosforu. Niemal połowa gleb o odczynie obojętnym i zasadowym wykazuje bardzo wysoką zawartość fosforu.

Również zawartość przyswajalnego potasu jest dość jednoznacznie związana z odczynem gleby. Gleby o odczynie bardzo kwaśnym i kwaśnym są jednocześnie w większości ubogie w potas (bardzo niska i niska zawartość składnika).

Wpływ odczynu gleby na zawartość przyswajalnego magnezu jest bardzo złożony. Najlepszą zasobność w magnez wykazują gleby o odczynie lekko kwaśnym. Gleby o odczynie bardzo kwaśnym w ponad 60% prób wykazują bardzo niską i niską zawartość magnezu.

Opisane prawidłowości mają charakter statystyczny, a nie przyczynowo-skutkowy. Nie można na przykład zakładać, że samo zwapnowanie gleby kwaśniej spowoduje wzrost zawartości w niej przyswajalnego magnezu. Można natomiast z dużym prawdopodobieństwem przypuszczać, że gleby bardzo kwaśne i kwaśne będą jednocześnie glebami mało zasobnymi w przyswajalne formy składników pokarmowych roślin [Filipek i in., 2006].

Podsumowując, należy stwierdzić, że regulacja odczynu gleb odgrywa nie tylko dużą rolę produkcyjną w gospodarstwie rolnym, lecz także znacznie bardziej złożoną – ekologiczną.

W ocenie odczynu gleb stosuje się podział według wartości pH oznaczonego w KCl:

- bardzo kwaśne – pH <4,6;
- kwaśne – pH 4,6–5,5;
- lekko kwaśne – pH 5,6–6,5;
- obojętne – pH 6,6–7,2;
- zasadowe – pH >7,2.

Przebadane w latach 2006–2009 użytki rolne w obszarze SiPS i metodycznie ocenione pod kątem poziomu zakwaszenia zakwalifikowano do niżej wymienionych przedziałów odczynu (tab. 19).

Tabela 19. Udział przedziałów odczynu

Powiat	Udział przedziałów odczynu [%]				
	bardzo kwaśny	kwaśny	lekko kwaśny	obojętny	zasadowy
bolesławiecki	18	28	34	15	5
dzierżoniowski	10	30	40	14	6
jaworski	10	24	42	15	9
jeleniogórski	36	36	23	4	1
kamiennogórski	47	29	19	5	0
kłodzki	29	38	28	4	1
lubański	21	42	32	4	1
lwówecki	43	35	18	3	1
wałbrzyski	36	27	27	10	0
ząbkowicki	8	26	45	17	4
zgorzelecki	21	44	31	3	1

Źródło: Okręgowa Stacja Chemiczno-Rolnicza we Wrocławiu

Badania gleb wykonane na obszarze 11 powiatów wykazały, że najwięcej gleb bardzo kwaśnych i kwaśnych (pH poniżej 5,5) znajduje się w powiatach:

- lwóweckim – 78%,
- kamiennogórskim – 76%,
- jeleniogórskim – 72%.

Najmniejszym udziałem bardzo kwaśnych i kwaśnych (suma) charakteryzują się zbadane użytki rolne w powiecie jaworskim i ząbkowickim – 34%.

**Gleby charakteryzujące się odczynem bardzo kwaśnym i kwaśnym (pH <4,5 do 5,5) stanowią dla większości roślin uprawnych niekorzystne siedlisko, biorąc pod uwagę wzrost i rozwój tych roślin.**

Określenie prawidłowej dawki wapna jest z rolniczego punktu widzenia bardzo ważne. Dawki zbyt małe mogą okazać się nieefektywne, natomiast przy zastosowaniu zbyt dużych dawek ujawniają się negatywne skutki przewapnowania gleb.

Sposobem oceny wymagań dotyczących wapnowania jest metoda polegająca na określeniu tzw. pilności wapnowania, na podstawie odczynu i składu granulometrycznego gleby (zawartość frakcji spławianej <0,02 mm). W ocenie tej wydziela się powierzchnie użytków rolnych, gdzie wapnowanie jest konieczne, potrzebne, wskazane, ograniczone lub zbędne. Wydzielonym tym sposobem klasom „pilności” wapnowania określono dawki wapnowania (ton CaO · ha<sup>-1</sup>).

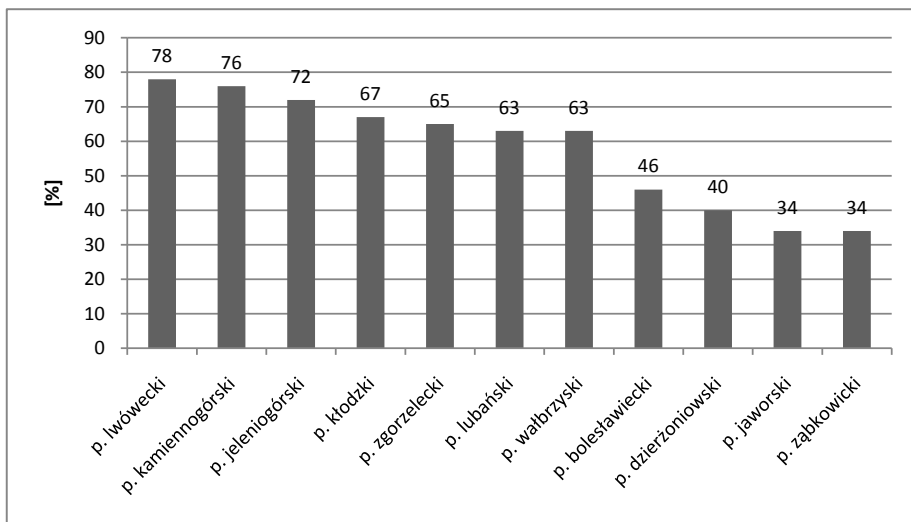
Zbadane w latach 2006–2009 użytki rolne, ocenione z punktu widzenia „pilności wapnowania”, zestawiono w tabeli 20.

Tabela 20. Udział gleb w przedziałach (klasach) potrzeb wapnowania

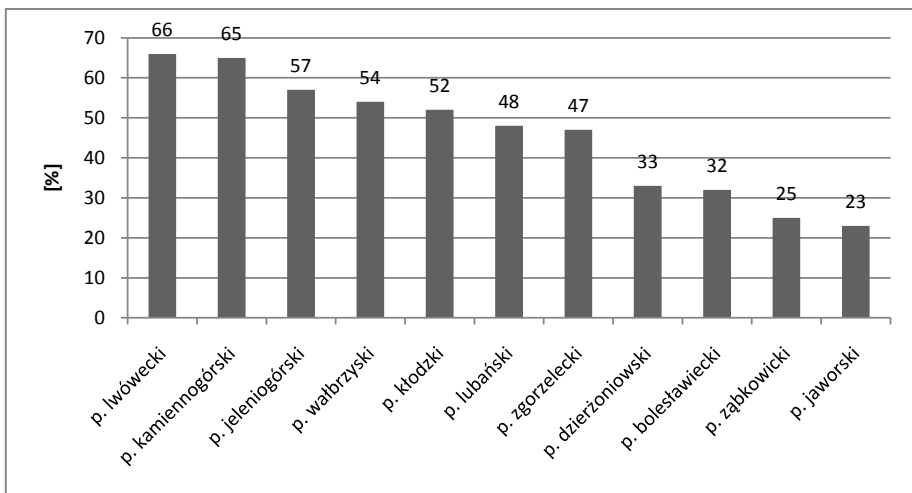
Powiat	Udział przedziałów potrzeb wapnowania [%]				
	konieczne	potrzebne	wskazane	ograniczone	zbędne
bolesławiecki	32	16	17	16	19
dzierżoniowski	33	19	19	14	15
jaworski	23	16	20	19	22
jeleniogórski	57	17	13	7	6
kamiennogórski	65	14	10	6	5
kłodzki	52	19	15	10	4
lubański	48	23	18	7	4
lwówecki	66	15	10	5	4
wałbrzyski	54	10	12	13	11
ząbkowicki	25	17	21	22	15
zgorzelecki	47	25	16	8	4

Źródło: Okręgowa Stacja Chemiczno-Rolnicza we Wrocławiu

Na rysunku 6 przedstawiono udział zbadanych gleb wykazujących odczyn bardzo kwaśny i kwaśny (suma), a na rysunku 7 udział gleb wykazujących konieczne potrzeby wapnowania.



Rys. 6. Udział gleb bardzo kwaśnych i kwaśnych [%]



Rys. 7. Udział gleb wykazujących konieczne potrzeby wapnowania [%]

#### 5.4. Zawartość makroskładników (fosfor, potas, magnez)

Zasobność gleb w składniki pokarmowe jest bardzo ważnym czynnikiem decydującym o żyzności gleby. Jednakże, nie wszystkie ich formy występujące w glebie mogą być wykorzystane przez rośliny. Ze względu na obecność w glebie składników o różnej aktywności biologicznej i dostępności dla roślin wyróżniamy zasobność potencjalną i zasobność w składniki przyswajalne. Gleba może zawierać znaczne ilości składników pokarmowych, ale pomimo tego rośliny mogą odczuwać ich niedobór [Drozd i in. 2002]. Tylko nieznaczna część całkowitych zawartości składników pokarmowych występuje w formie dostępnej lub przyswajalnej dla roślin. Na wymienione dwie formy składają się ilości składników znajdujące się w roztworze glebowym, kompleksie sorpcyjnym oraz występujące w formie słabiej rozpuszczalnych soli. O ich pobieraniu z gleby decyduje wiele czynników, między innymi [Czuba i in. 1996]:

- gatunek rośliny i jej stadium rozwojowe,
- stosunki wilgotnościowe w glebie,
- temperatura i nasłonecznienie,
- odczyn gleby,
- stężenie roztworu glebowego,
- wzajemne oddziaływanie kationów i anionów (antagonizm, synergizm),
- przewodność gleby.

Udział przyswajalnych form fosforu, potasu i magnezu w stosunku do zawartości całkowitych w glebie wymieniono w tabeli 21.

W praktyce rolniczej przyjmuje się jednakowe w całym kraju metody analizy zawartości przyswajalnych form fosforu, potasu i magnezu. Do interpretacji uzyskanych wyników badań opracowano przedziały liczb granicznych (IUNG – Puławy), pozwalające określić klasę zasobności gleb w dany składnik pokarmowy. Opierając się na określonej klasie zasobności, ocenia się potrzeby nawozowe roślin uprawnych i ustala optymalną dawkę nawozową.

Tabela 21. Zawartość form przyswajalnych w stosunku do zawartości całkowitej

Składnik	Udział	
	[%]	wahania procentowe
fosfor	13,0	10,0–20,0
potas	0,8	0,4–1,3
magnez	3,0	2,0–3,0

Do oceny zawartości fosforu, potasu i magnezu stosuje się skalę 5-stopniową:

- zawartość bardzo niska,
- zawartość niska,
- zawartość średnia,
- zawartość wysoka,
- zawartość bardzo wysoka.

Podstawą racjonalnego nawożenia jest ocena stanu agrotechnicznego gleb, a wysokie plony roślin można uzyskać na glebach o uregulowanym odczynie i co najmniej średniej zawartości makro- i mikroelementów.

#### 5.4.1. Zawartość przyswajalnego fosforu

Ogólna zawartość fosforu w glebie jest zróżnicowana i waha się od 0,02 do 0,5%, średnio przyjmuje się, że ilość fosforu ogólnego w warstwie ornej gleby wynosi około 1000 kg Pha<sup>-1</sup>. Fosfor całkowity tworzą różne połączenia, które można ująć w cztery grupy związków [Barber 1984]:

- 1) znajdujących się w roztworze glebowym,
- 2) zaadsorbowanych na powierzchni nieorganicznych związków gleby,
- 3) związanych w minerałach krystalicznych i amorficznych,
- 4) jako składniki glebowej materii organicznej.

Występowanie różnych form fosforu w glebie zależy od wielu czynników, takich jak: pH, aktywność różnych jonów, rozpuszczalność fosforanów, stopień zwierzenia składników gleby, ilość i stopień rozkładu materii organicznej, nawożenie i inne. Ruchliwość fosforu w glebie w porównaniu z innymi składnikami mineralnymi jest bardzo mała, gdyż związki fosforu są silnie wiązane przez glebę.

Z całego zasobu fosforu w glebie szczególne znaczenie zajmuje frakcja fosforu mobilnego, określana także jako fosfor przyswajalny.

Fosfor jest przez rośliny najlepiej przyswajany przy pH gleby 5,5–7,2. W środowisku zasadowym (pH >7,2) uwstecznianie fosforu polega na łączeniu się w trudno rozpuszczalne formy wapnia. W środowisku silnie kwaśnym (pH <5,5) uwstecznianie fosforu przebiega tym szybciej, im kwaśniejsza jest gleba.

Można zauważyć, że skutki głodu fosforu występują na glebach ubogich w ten składnik, kwaśnych, nie wapnowanych, nawożonych niskimi dawkami fosforu i w przypadku jednostronnego nawożenia azotem [Czuba i in. 1996].

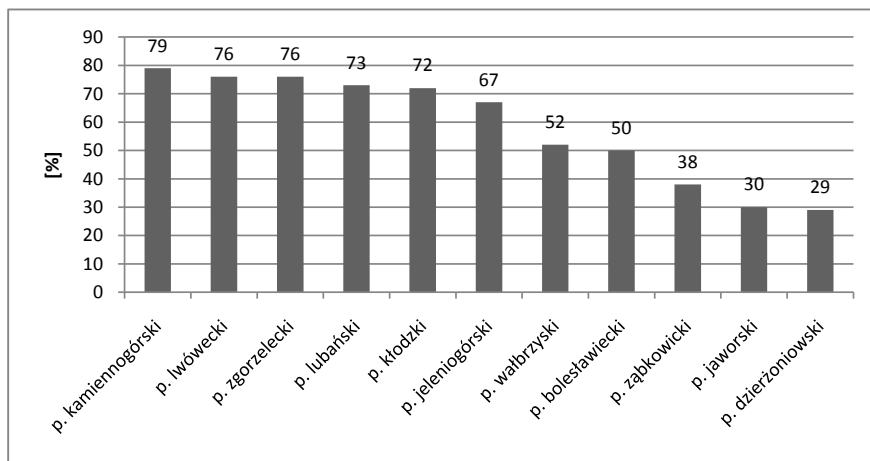
Badania zawartości przyswajalnego fosforu przeprowadzone przez Okręgową Stację Chemiczno-Rolniczą we Wrocławiu (w latach 2006–2009) wykazują, że 33% użytków rolnych województwa dolnośląskiego charakteryzuje się bardzo niską i niską (11+12%) zawartością tego składnika. Stan zasobności gleb w przyswajalny fosfor, przebadanych w wyżej wymienionych latach, na obszarze 11 powiatów zestawiono w tabeli 22.



Tabela 22. Zasobność gleb w fosfor przyswajalny

Powiat	Udział gleb w klasach zasobności [%]				
	bardzo niska	niska	średnia	wysoka	bardzo wysoka
bolesławiecki	19	31	22	11	16
dzierżoniowski	6	23	23	16	32
jaworski	10	20	21	16	33
jeleniogórski	37	30	20	6	7
kamiennogórski	52	27	11	5	5
kłodzki	34	38	15	6	7
lubański	33	40	18	5	4
lwówecki	45	31	12	8	6
wałbrzyski	29	23	12	8	28
ząbkowicki	11	27	26	15	21
zgorzelecki	32	44	15	4	5
Województwo dolnośląskie	11	22	23	17	27

Na rysunku 8 uszeregowano powiaty według udziału gleb o bardzo niskiej i niskiej (suma) zawartości przyswajalnego fosforu.



Rys. 8. Udział gleb wykazujących niedobory fosforu

#### 5.4.2. Zawartość przyswajalnego potasu

Naturalna zawartość potasu w glebach zależy od ich budowy mineralogicznej i uziarnienia, w tym zwłaszcza od zawartości minerałów ilastych. Dlatego też w glebach lekkich naturalna zawartość potasu jest zazwyczaj znacznie niższa niż w utworach zwięzłych.

W glebach Polski ogólna zawartość potasu wynosi od 0,02 do 4,0%, w zależności od rodzaju skały macierzystej, stopnia jej zwiertzenia lub wylugowania. Gleby mineralne są zasobniejsze

w potas od gleb organicznych, a największe jego ilości znajdują się w najdrobniejszych frakcjach gleby. Badania wykazały, że im więcej w glebie jest części spławianych (<0,02 mm), tym łatwiej potas może podlegać procesowi uwsteczniania. Jony potasu związane są niewymiennie przez minerały ilaste. Uwstecznianie potasu przebiega tym szybciej, im [Czuba i in. 1996]:

- mniej minerałów ilastych znajduje się w glebie,
- większe są zmiany wilgotności gleby,
- wyższe jest pH gleby,
- mniej jest materii organicznej w glebie.

W glebie wyróżnia się cztery podstawowe formy potasu:

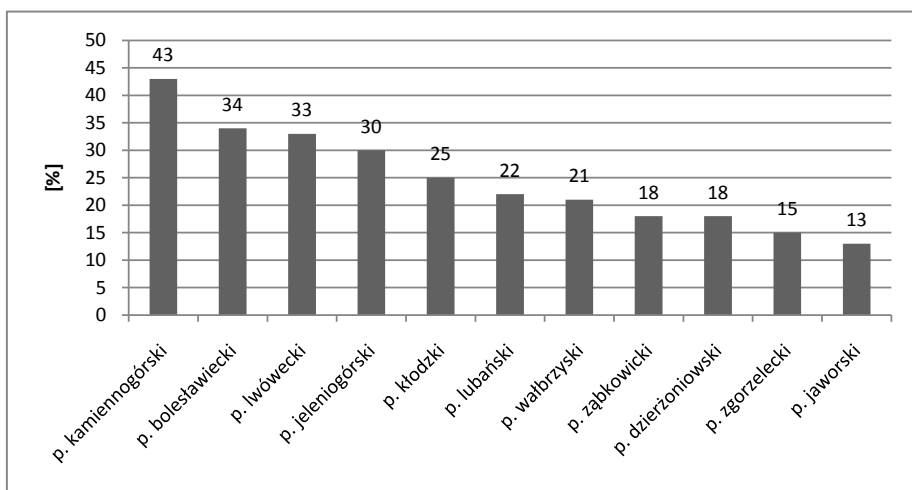
- 1) potas rozpuszczalny, zawarty w roztworze glebowym, jest bezpośrednim źródłem jonów  $K^+$  i w takiej postaci chemicznej jest pobierany przez rośliny;
- 2) potas wymienny, związany przez cząstki ilaste gleby i próchnicę siłami elektrostatycznymi; z tego źródła jon  $K^+$  może być uwalniany do roztworu glebowego i stać się łatwo dostępny dla roślin;
- 3) potas związany przez minerały ilaste (np. illit) wiąże jon  $K^+$  tak silnie, że staje się on niedostępny dla roślin, a proces uwalniania tych jonów jest powolny i w następstwie ta forma potasu jest słabo dostępna dla roślin;
- 4) potas strukturalny, zawarty w minerałach pierwotnych (skalenie, miki), stanowi największe ilościowo źródło potasu, lecz niedostępnego dla roślin uprawnych.

Potas przyswajalny stanowi około 1% potasu ogólnego. Ocena wyników badań potasu przyswajalnego, przeprowadzonych w latach 2006–2009, wykazała, że 27% użytków rolnych w województwie dolnośląskim wykazuje bardzo niską i niską (9+18%) zawartość tego składnika. Ocenę zasobności użytków rolnych na obszarze 11 powiatów, dokonaną na podstawie wyników badań wykonanych w latach 2006–2009, zestawiono w tabeli 23.

Tabela 23. Zasobność gleb w potas przyswajalny

Powiat	Udział gleb w klasach zasobności [%]				
	bardzo niska	niska	średnia	wysoka	bardzo wysoka
bolesławiecki	13	21	31	15	20
dzierżoniowski	4	14	35	17	30
jaworski	4	9	28	21	38
jeleniogórski	12	18	26	16	28
kamiennogórski	13	30	29	12	16
kłodzki	8	17	39	16	20
lubański	9	13	33	19	26
lwówecki	11	22	35	14	18
wałbrzyski	7	14	32	18	29
ząbkowicki	5	13	34	18	30
zgorzelecki	4	11	29	20	36
Województwo dolnośląskie	9	18	32	16	25

Na rysunku 9 uszeregowano powiaty według udziału gleb o bardzo niskiej i niskiej (suma) zawartości przyswajalnego potasu.



Rys. 9. Udział gleb wykazujących niedobory potasu

### 5.4.3. Zawartość przyswajalnego magnezu

Magnez występuje w glebie w formie wielu związków chemicznych. Uogólniając, wyróżnia się następujące formy magnezu glebowego:

- magnez w minerałach (nieostępny),
- magnez w związkach organicznych (dostępny po mineralizacji),
- magnez wymienny (dostępny),
- magnez w roztworze glebowych (dostępny).

Przeważająca część magnezu glebowego występuje w minerałach glebowych, z których powstała gleba. Ta część magnezu stanowi około 95% zawartości ogółem tego składnika, a tylko 5% magnezu znajduje się w substancji organicznej gleby.

Zawarty w glebie magnez występuje w dwóch głównych fazach gleby i wydziela się trzy podstawowe frakcje magnezu o zmniejszającej się ruchliwości jonów  $Mg^{2+}$  [Grzebisz 2009]:

- 1) mobilną (rozpuszczalną) – jony zawarte w roztworze glebowym;
- 2) słabo mobilną (wymenną) – kationy glebowego kompleksu sorpcyjnego podlegają wymianie z kationami roztworu glebowego ( $Mg^{2+}$ ,  $K^{2+}$ ,  $Ca^{2+}$ ,  $Al^{3+}$ ) zgodnie z prawami elektrostatyki;
- 3) niemobilną (niewymienną i strukturalną) – formy pierwiastka zawarte w fazie stałej gleby, włącznie z pierwotnymi i wtórnymi glinokrzemianami oraz w materii organicznej.

Zawartość przyswajalnego magnezu w glebie jest nie tylko pochodną właściwości chemicznych skały macierzystej, ale również jej genezy. W warunkach klimatycznych Polski intensywniej zachodzą procesy przemywania niż podsiąkania. Uboga w cząstki ilaste skała macierzy oraz dominacja procesów przemywania doprowadziły do powstania gleb z natury ubogich w kationy zasadowe, w tym w magnez [Grzebisz 2009].

Wymywanie magnezu z gleb może wynosić nawet kilkadziesiąt kilogramów z hektara rocznie. O ile potas wymywany jest głównie z gleb lekkich, to magnez wymywany jest także z gleb cięższych.

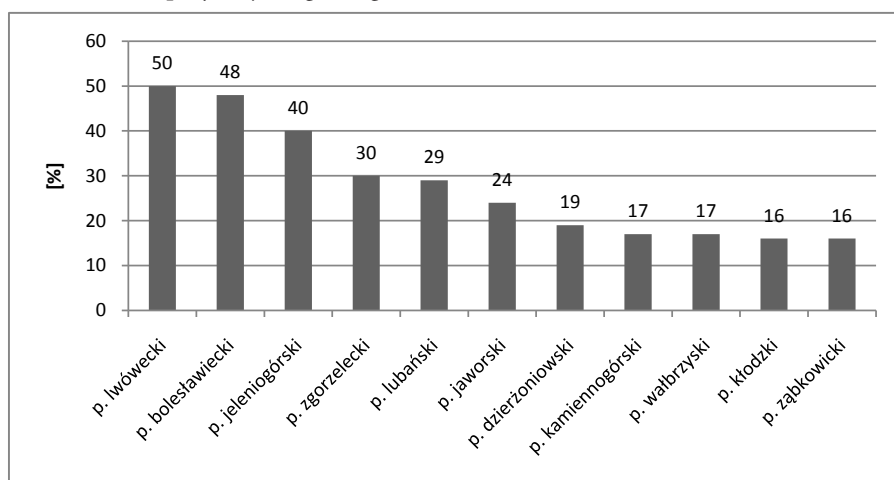
Całkowita zawartość magnezu w warstwie ornej gleb wynosi w kraju 1500–5000 kg na hektar, jednak z tej ilości magnez przyswajalny dla roślin stanowi zaledwie 0,5–3,0%. W porównaniu z zasobami glebowymi potasu i wapnia zasoby magnezu są przeważnie 10–15 razy mniejsze i w związku z tym magnez jest łatwo wyczerpywany z gleb znajdujących się w intensywnej uprawie rolniczej.

Badania zawartości przyswajalnego magnezu wykonane w latach 2006–2009 (115 745 przebadanych prób) wykazały, że 32% użytków rolnych w województwie dolnośląskim charakteryzuje się bardzo niską i niską zawartością tego składnika pokarmowego roślin (13+19%). Stan zasobności gleb w przyswajalny magnez, przebadanych w latach 2006–2007 na obszarze 11 powiatów, zestawiono w tabeli 24.

Tabela 24. Zasobność gleb w magnez przyswajalny

Powiat	Udział gleb w klasach zasobności [%]				
	bardzo niska	niska	średnia	wysoka	bardzo wysoka
bolesławiecki	26	22	21	13	18
dzierżoniowski	4	15	31	23	27
jaworski	7	17	21	20	35
jeleniogórski	16	24	23	15	22
kamiennogórski	6	11	19	17	47
kłodzki	6	10	18	20	46
lubański	10	19	23	17	31
lwówecki	21	29	22	12	16
wałbrzyski	6	11	21	20	42
ząbkowicki	5	11	22	15	47
zgorzelecki	13	17	20	16	34
Województwo dolnośląskie	13	19	26	17	25

Na rysunku 10 uszeregowano powiaty według udziału gleb o bardzo niskiej i niskiej (suma) zawartości przyswajalnego magnezu.



Rys. 10. Udział gleb wykazujących niedobory magnezu

## 6. ZAWARTOŚĆ METALI CIĘŻKICH W GLEBACH 11 POWIATÓW SUDETÓW I PRZEDGÓRZA SUDECKIEGO

Badania nad zawartością metali ciężkich w glebach objęły 1369 próbek pobranych na użytkach rolnych na obszarze Sudetów i Przedgórze Sudeckiego. Badania przeprowadzono w latach 2005–2011 na zlecenie Urzędu Marszałkowskiego Województwa Dolnośląskiego i sfinansowano ze środków Terenowego Funduszu Ochrony Gruntów Rolnych. Jednostkami wykonującymi badania były Okręgowa Stacja Chemiczno Rolnicza oraz firmy SGS Eko-Projekt i Arcanum sp. z o.o. Metodę ujednolicono zarówno pod kątem poboru próbek, jak i wykonania analiz.

Lokalizację miejsc poboru próbek wykonano według techniki GPS, stosując układ współrzędnych „1992”. Przy wyborze punktów poboru kierowano się ich reprezentatywnością w odniesieniu do gruntów rolnych na danym obszarze z uwagi na skład granulometryczny, typologię gleb oraz sposób rolniczego użytkowania (mapa 1).

W dalszej części niniejszego opracowania, ze względów językowych, będą stosowane zamiennie terminy: zawartość oraz koncentracja, co w obu przypadkach będzie oznaczać masę metalu wyrażoną w miligramach, odniesioną do masy suchej gleby wyrażonej w kilogramach.

Zawartość metali ciężkich w glebie kształtowana jest zarówno przez czynniki naturalne, jak i antropogeniczne. Do czynników naturalnych zaliczyć należy skład mineralogiczny skały macierzystej oraz kierunek i przebieg procesów glebotwórczych. O kumulacji bądź zubożeniu gleb w metale ciężkie decydują procesy wiązania w powierzchniowej warstwie gleby, wymywania do wód gruntowych, splukiwania powierzchniowego (erozji wodnej) czy też wywiewania.

Do czynników natury antropogenicznej, mających największy wpływ na zanieczyszczenie gleb metalami ciężkimi, należy natomiast zaliczyć emisje związane z działalnością przemysłu górniczego i hutniczego, w szczególności hutnictwa metali nieżelaznych. Istotny wpływ mają również, szczególnie na omawianym obszarze, emisje z elektrowni i elektrociepłowni z obszaru tzw. Czarnego Trójkąta.

### 6.1. Cynk (Zn)

Cynk jako mikroelement jest niezbędny zarówno dla roślin, jak i dla zwierząt [Alloway 1995]. Po przekroczeniu określonych koncentracji w glebie zaczyna jednak wykazywać toksyczność [Alvarez-Benedi, Munoz-Carpena 2005].

Cynk wchodzi w skład wielu minerałów naturalnie występujących w glebach. Średnia zawartość Zn w skorupie ziemskiej kształtuje się na poziomie  $78 \text{ mg}\cdot\text{kg}^{-1}$  i zależy od rodzaju skał: w wapieniach  $20 \text{ mg}\cdot\text{kg}^{-1}$ , piaskowcach  $30 \text{ mg}\cdot\text{kg}^{-1}$ , granitach  $48 \text{ mg}\cdot\text{kg}^{-1}$ , bazaltach

100 mg·kg<sup>-1</sup> [Wedepohl 1978]. Ponadto wysokie koncentracje cynku można spotkać w minerałach rudnych, często eksploatowanych, takich jak sfaleryt, smithsonit czy franklinit. Do antropogenicznych źródeł cynku w glebach należałoby zaliczyć: spalanie węgla i ropy naftowej, spalanie odpadów, górnictwo i hutnictwo metali nieżelaznych, a także ogólną emisję z terenów zurbanizowanych i przemysłowych. Średnia depozycja cynku dla 10 krajów europejskich wynosi 217 g·ha<sup>-1</sup>·rok<sup>-1</sup>, przy czym najwyższa jest na obszarze Niemiec i Polski, gdzie wynosi 540 g·ha<sup>-1</sup>·rok<sup>-1</sup> [Nicholson i in. 2003].

Na biodostępność cynku w glebie wpływ ma wiele czynników, spośród których najważniejsze to pH gleby, pojemność sorpcyjna, zawartość materii organicznej i minerałów ilastych [Mocek, Owczarzak 1993, Alloway 1995].

Zakres całkowitych koncentracji cynku w glebach mieści się w granicach od 10 do 300 mg·kg<sup>-1</sup> z wartością średnią wynoszącą 50 mg·kg<sup>-1</sup> [Kiekens 1995]. W przypadku gleb Polski Kabata-Pendias i in. [2011] podają, że średnie zawartości Zn wynoszą: w glebach piaszczystych 37 mg·kg<sup>-1</sup> (zakres 3–762 mg·kg<sup>-1</sup>), w glebach lessowych 60 mg·kg<sup>-1</sup> (zakres 28–116 mg·kg<sup>-1</sup>) i w glebach gliniastych 75 mg·kg<sup>-1</sup> (zakres 37–725 mg·kg<sup>-1</sup>). Według Terelaka i in. [1999] średnia zawartość Zn w użytkowanych rolniczo glebach Polski wynosi 32,4 mg·kg<sup>-1</sup>. W glebach województwa dolnośląskiego Stuczyński i in. [2007] podają średnią koncentrację Zn wyższą niż na obszarze całego kraju, wynoszącą 59,8 mg·kg<sup>-1</sup> i wartość mediany 50,3 mg·kg<sup>-1</sup>.

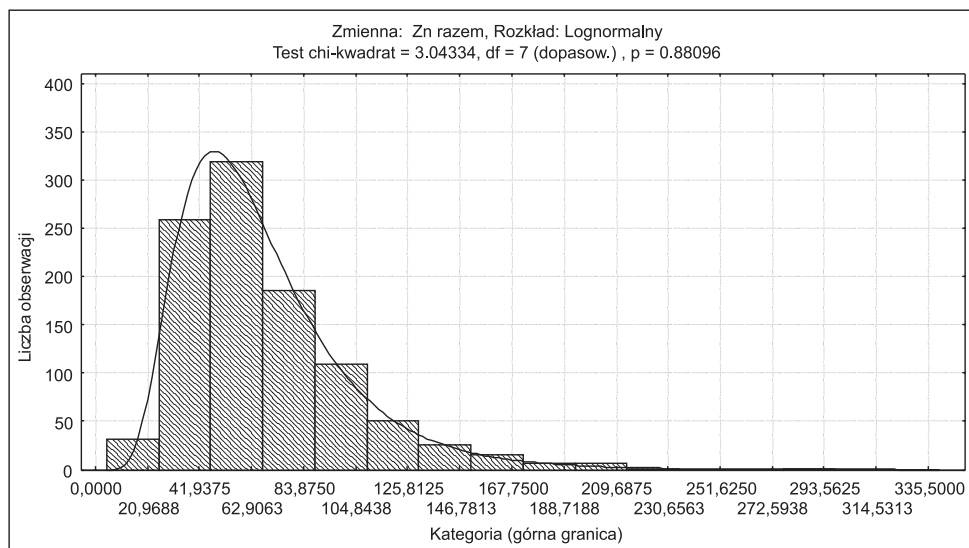
Obliczona na podstawie danych Stuczyńskiego i in. [2007] średnia dla 11 powiatów SiPS, objętych niniejszym opracowaniem, jest wyższa od średniej województwa dolnośląskiego i wynosi 84,2 mg·kg<sup>-1</sup>.

Spośród 1369 przebadanych próbek zlokalizowanych na obszarze 11 powiatów SiPS przekroczenie standardu zawartości Zn na obszarze sozologicznym B stwierdzono w zaledwie 6 próbkach. Były to próbki pobrane w punktach zlokalizowanych na terenie powiatu jaworskiego – 1, lwóweckiego – 1, jeleniogórskiego – 2 oraz kamiennogórskiego – 2. W powiecie jeleniogórskim oba wspomniane punkty zlokalizowane są w obrębie Miedzianka (966, 356 mg·kg<sup>-1</sup>), gdzie od wieków prowadzone było wydobywanie rud metali kolorowych. W powiecie kamiennogórskim przekroczenia wystąpiły w gminie Marciszów (828 mg·kg<sup>-1</sup>) oraz w mieście Kamienna Góra (356 mg·kg<sup>-1</sup>). W powiecie jaworskim przekroczenie wystąpiło w gminie Bolków w obrębie Lipa (716 mg·kg<sup>-1</sup>), a w powiecie lwóweckim w gminie Lwówek Śląski (403,9 mg·kg<sup>-1</sup>) (mapa 2).

Punkty, w których stwierdzono przekroczenie standardu, stanowią zatem zaledwie 0,4% ogólnej liczby punktów badawczych. Warto zauważyć, że w opracowaniu Stuczyńskiego i in. [2007] wykazano dokładnie ten sam udział (0,4%) punktów z przekroczeniem wartości standardu.

Koncentracje Zn zbadane we wspomnianych punktach mają charakter ekstremalny, a zatem w znaczny sposób odbiegają od pozostałych wartości obserwowanych w danym powiecie. Dlatego też zostały one wykluczone z dalszej analizy statystycznej.

Po wyeliminowaniu pojedynczych ekstremalnych wyników, będących jednocześnie przekroczeniami standardów, zawartość cynku w glebach uprawnych z obszaru SiPS mieści się w granicach od 4,5 do 291,6 mg·kg<sup>-1</sup>. Średnia koncentracja Zn w 1363 próbkach z obszaru SiPS, pozostałych po eliminacji ekstremalnych, wynosi 63,3 mg·kg<sup>-1</sup>, a mediana 55,5 mg·kg<sup>-1</sup>. Wartość odchylenia standardowego wynosi 30,3 mg·kg<sup>-1</sup>, a współczynnik zmienności 47,8%. Współczynnik skośności rozkładu wynosi 1,92.



Rys. 11. Rozkład zawartości cynku w glebach obszaru SiPS

Stwierdzone średnie zawartości Zn są zatem nieco niższe od obliczonych na podstawie danych przedstawianych przez Stuczyńskiego i in. [2007].

Stosując test Kołmogorowa-Smirnowa, można wykazać, że rozkład wyników (przy pominięciu 6 ekstremalnych) ma charakter logarytmiczno-normalny (rys. 11). Poniżej wartości 100 mg·kg<sup>-1</sup> mieści się 89,5% wyników, a poniżej 200 mg·kg<sup>-1</sup> pozostaje 99,5% wyników.

Tabela 25. Statystyczna charakterystyka zawartości cynku w poszczególnych powiatach SiPS

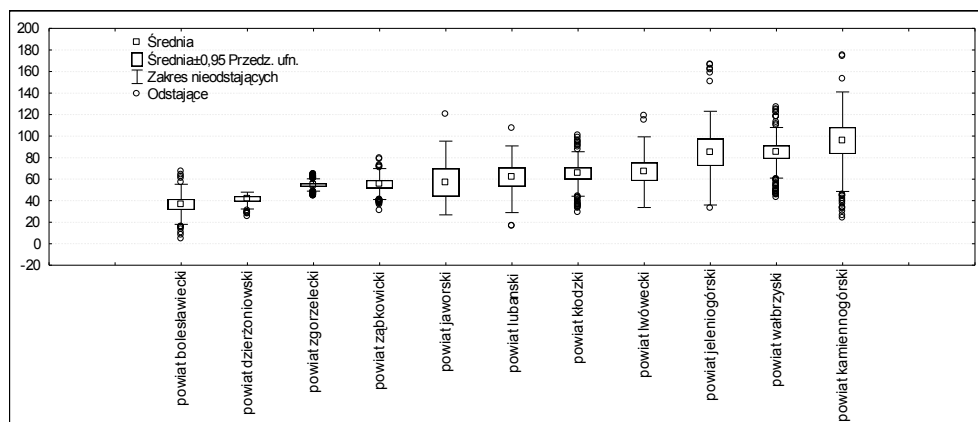
Powiat	Liczba próbek	Średnia	Mediana	Min.	Max.	Perc. 10%	Perc. 90%	Odch. std.	Wsp. zm.
		[mg·kg <sup>-1</sup> ]							[%]
bolesławiecki	92	36,5	31,6	4,5	170,5	18,2	57,0	24,4	66,7
dzierżoniowski	60	41,7	40,4	25,4	71,3	30,1	53,8	9,44	22,6
jaworski	109	50,9	45,1	26,9	196,4	33,0	70,4	23,7	46,7
zgorzelecki	295	54,5	54,3	18,2	207,7	43,2	66,1	12,6	23,2
ząbkowicki	94	55,4	49,3	30,8	120,9	39,8	78,5	17,7	31,8
łubański	86	61,9	49,1	16,4	291,6	35,3	107,2	40,8	64,8
lwówecki	98	63,4	58,0	33,6	174,0	38,2	90,9	25,0	39,5
kłodzki	112	65,4	57,2	29,1	204,6	39,9	100,6	28,5	43,5
jeleniogórski	158	77,5	73,0	32,9	206,5	46,0	110,5	32,3	41,7
wałbrzyski	120	85,1	81,2	25,2	201,0	46,4	130,0	33,7	39,7
kamiennogórski	138	88,6	91,2	24	227,0	45,6	134,0	33,0	37,3
Razem	1363	63,3	55,5	4,5	291,6	35,9	101,0	30,3	47,8

Tabela 26. Istotność różnic ( $p$ ) pomiędzy średnimi koncentracjami Zn w poszczególnych powiatach SiPS (pogrubiono różnice istotne)

Powiat	bolesławiecki	dzierżoniowski	zgorzelecki	ząbkowicki	jaworski	lubański	kłodzki	lwówecki	jeleniogórski	wałbrzyski	kamiennogórski
bolesławiecki	*	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
dzierżoniowski		*	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
zgorzelecki			*	<b>0,79</b>	0,00	<b>0,61</b>	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
ząbkowicki				*	0,01	<b>0,67</b>	0,00	0,01	0,00	0,00	0,00
jaworski					*	0,02	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
lubański						*	<b>0,06</b>	<b>0,13</b>	0,00	0,00	0,00
kłodzki							*	<b>0,66</b>	0,00	0,00	0,00
lwówecki								*	0,00	0,00	0,00
jeleniogórski									*	<b>0,06</b>	0,00
wałbrzyski										*	<b>0,40</b>

Istotność różnic badano po transformacji zmiennej do postaci  $\ln([Zn])$ , tak aby spełniony był warunek normalności rozkładu ( $[Zn]$  – zawartość pierwiastka w  $mg \cdot kg^{-1}$ ).

Rozkłady zawartości Zn testowane za pomocą testu Kołmogorowa-Smirnowa mają w poszczególnych powiatach charakter logarytmiczno-normalny (rys. 12). Wyjątkiem jest powiat ząbkowicki, w przypadku którego kryterium testowe nie zostało spełnione. Niemniej jednak i w tym powiecie kształt rozkładu jest zbliżony do logarytmiczno-normalnego.



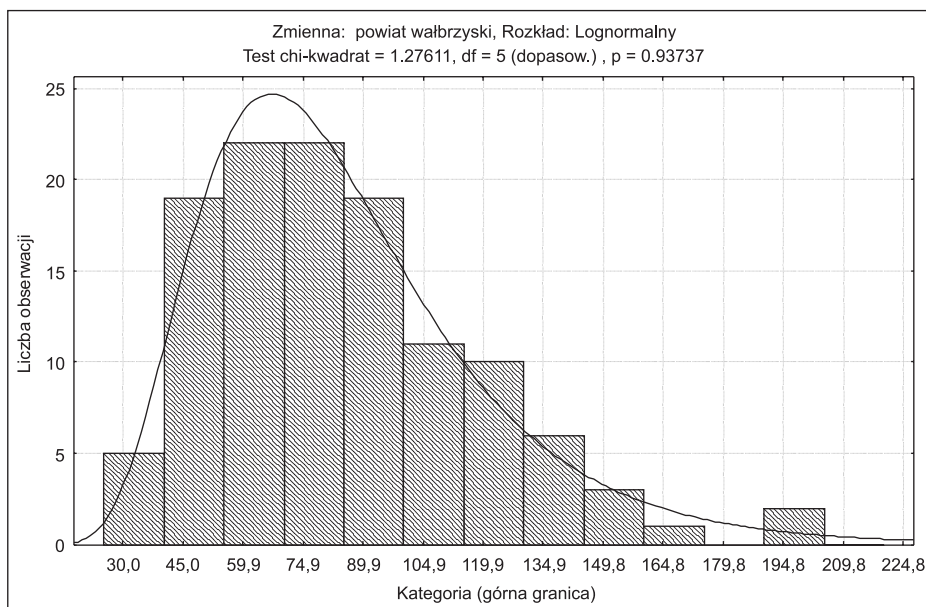
Rys. 12. Zawartości cynku w poszczególnych powiatach SiPS bez punktów ekstremalnych



Opierając się na teście t-Studenta dla zmiennej transformowanej do postaci  $\ln(\text{Zn})$ , charakteryzującej się rozkładem normalnym, można podzielić powiaty SiPS pod kątem zawartości cynku na 3 główne grupy. Pierwsza z nich to charakteryzujące się najniższą średnią zawartością Zn powiaty bolesławiecki i dzierzoniowski. Średnie zawartości Zn w glebach tych powiatów wynoszą odpowiednio 36,5 oraz 41,7  $\text{mg}\cdot\text{kg}^{-1}$  i są w istotny sposób niższe od średniej zawartości tego pierwiastka we wszystkich pozostałych powiatach (tab. 26), a także znacznie niższe od podanej uprzednio wartości średniej dla wszystkich próbek z obszaru SiPS. Rozkład zawartości Zn w glebach tych powiatów ma charakter logarytmiczno-normalny, a współczynniki zmienności wynoszą 66,7 i 22,6%.

Do drugiej grupy należałyby zaliczyć powiaty: zgorzelecki, ząbkowicki, jaworski, lubański, kłodzki i lwówecki. Średnie zawartości Zn w glebach tych powiatów mieszczą się w granicach od 50,9 do 65,4 i pozostają na poziomie zbliżonym do średniej dla całego obszaru SiPS (tab. 26, rys. 12). Rozkłady koncentracji Zn mają w tej grupie charakter logarytmiczno-normalny (z wyjątkiem powiatu ząbkowickiego), w którym dopasowanie nie spełniło kryterium testowego. Współczynniki zmienności w poszczególnych powiatach tej grupy są zróżnicowane i wynoszą od 23,2 do 64,8%.

W trzeciej grupie, obejmującej powiaty jeleniogórski, wałbrzyski i kamiennogórski, średnie zawartości Zn kształtowały się w granicach od 79,3  $\text{mg}\cdot\text{kg}^{-1}$  w powiecie jeleniogórskim do 88,6  $\text{mg}\cdot\text{kg}^{-1}$  w powiecie kamiennogórskim (mapa 6). Rozkłady koncentracji Zn mają w tej grupie charakter logarytmiczno-normalny. Współczynniki zmienności w poszczególnych powiatach tej grupy wynoszą od 37,3 do 49,3%. W tej grupie poniżej wartości 100  $\text{mg}\cdot\text{kg}^{-1}$  mieści się 75% wyników, a poniżej wartości 200  $\text{mg}\cdot\text{kg}^{-1}$  mieści się 99,2% wyników. Sekwencja powiatów pod kątem zawartości Zn jest w zasadzie tożsama z podawaną przez Stuczyńskiego i in. [2007], niemniej jednak wyniki w niniejszym opracowaniu są w odniesieniu do poszczególnych powiatów istotnie niższe.



Rys. 13. Rozkład zawartości cynku w powiecie wałbrzyskim

Wyższe zawartości Zn występują w powiatach obejmujących rejon Karkonoszy, Gór Kaczawskich oraz Gór Kamiennych (Sudety Środkowe). Nieco niższe koncentracje Zn występują w powiatach obejmujących Kotlinę Kłodzką (powiat kłodzki) na południowym wschodzie SiPS oraz na północnym zachodzie; część Gór Izerskich (powiat lwówecki i lubański). Najniższe zawartości Zn obserwujemy w powiatach obejmujących teren przedgórza Sudeckiego, a więc w powiatach bolesławieckim, zgorzeleckim, dzierzoniowskim, jaworskim i ząbkowickim.

## 6.2. Miedź (Cu)

Miedź jest zarówno pierwiastkiem niezbędnym w metabolizmie roślin, jak i przy większych koncentracjach jednym z istotnych toksycznych zanieczyszczeń gleby dla roślin [Karczewska 2002], zwierząt i ludzi. Mobilność miedzi uzależniona jest od odczynu gleby, zawartości materii organicznej, zawartości i składu minerałów ilastych oraz potencjału *redox* gleby.

Miedź dostaje się do gleby zarówno ze źródeł naturalnych, jak i antropogenicznych.

Jest szeroko używana w produkcji tekstyliów, farb, urządzeń i instalacji elektrycznych, rur, monet i sprzętu kuchennego. Stanowi również aktywny składnik pestycydów i fungicydów. Oparte na miedzi składniki są także używane jako środki ochrony drewna [Canadian soil quality guidelines for copper 1997]. Oczywistym źródłem miedzi w środowisku jest też wydobywanie i przetwórstwo rud miedzi, a także deponowanie w formie składowisk odpadów z procesu flotacji.

Tło geochemiczne zawartości miedzi w glebach Polski kształtuje się na poziomie  $50 \text{ mg}\cdot\text{kg}^{-1}$  [Kabata-Pendias i Pendias 1999], przy czym w różnych utworach geologicznych występuje duże naturalne zróżnicowanie koncentracji tego pierwiastka. Największe zawartości miedzi obserwuje się w zasadowych i ultrasasadowych skałach magmowych (odpowiednio  $90$  i  $42 \text{ mg}\cdot\text{kg}^{-1}$ ), zdecydowanie mniejsze, wynoszące  $13 \text{ mg}\cdot\text{kg}^{-1}$ , można stwierdzić w skałach kwaśnych magmowych, a najmniejsze – około  $6 \text{ mg}\cdot\text{kg}^{-1}$  w skałach węglanowych [Kabata-Pendias i Pendias 1993, Alloway 1995, Waroszewski i in. 2009]. Typologicznie naturalne zróżnicowanie miedzi w glebach Polski mieści się w granicach od  $6 \text{ mg}\cdot\text{kg}^{-1}$  w najlżejszych glebach bielcowych, poprzez  $24 \text{ mg}\cdot\text{kg}^{-1}$  w madach, do  $53 \text{ mg}\cdot\text{kg}^{-1}$  w niektórych czarnoziemach. Typowe koncentracje miedzi w glebach pyłowych i gliniastych, a takie w większości dominują na obszarze SiPS, wynoszą  $8\text{--}54 \text{ mg}\cdot\text{kg}^{-1}$  ze średnią około  $20 \text{ mg}\cdot\text{kg}^{-1}$  [Kabata-Pendias 1999]. Według Terelaka i in. [1999] średnia zawartość Cu w glebach użytków rolnych Polski wynosi  $6,5 \text{ mg}\cdot\text{kg}^{-1}$ . Na obszarze województwa dolnośląskiego według badań z lat 1995–1998 średnia zawartość miedzi jest znacznie wyższa i wynosi  $21,5 \text{ mg}\cdot\text{kg}^{-1}$ . Na podobnym poziomie kształtuje się średnia obliczona w odniesieniu do 11 powiatów SiPS na podstawie danych zebranych przez Stuczyńskiego i in. [2007] i wynosząca  $20,0 \text{ mg}\cdot\text{kg}^{-1}$ .

W materiale badanym w ramach niniejszego opracowania przekroczenie standardu zawartości Cu na obszarze sozologicznym B ( $150 \text{ mg}\cdot\text{kg}^{-1}$ ) stwierdzono w 8 próbkach spośród 1369 przebadanych, zlokalizowanych na obszarze 11 powiatów SiPS. Były to próbki pobrane w punktach położonych na terenie powiatu bolesławieckiego – 4, jaworskiego – 1 i jeleniogórskiego – 3 (mapa 3).

W powiecie bolesławieckim przekroczenia stwierdzono w próbkach z terenu gminy Warta Bolesławiecka ( $623,5$ ;  $168,9$ ;  $670,7$ ;  $266,1 \text{ mg}\cdot\text{kg}^{-1}$ ) w rejonie zlokalizowania składowisk odpadów flotacji rud miedzi „Starego Zagłębia Miedziowego” (mapa 5). W powiecie jaworskim przekroczenie wystąpiło w gminie Bolków w obrębie wsi Lipa ( $660 \text{ mg}\cdot\text{kg}^{-1}$ ), która

w początkowym okresie swojej historii (XIV w.) związana była z górnictwem rud miedzi. W powiecie jeleniogórskim 3 punkty (1016, 210, 372 mg·kg<sup>-1</sup>) zlokalizowane były w gminie Janowice Wielkie w obrębie Miedzianka, gdzie od XV w. prowadzone było wydobywanie rud metali kolorowych (mapa 3).

Wyniki przekraczające standard zawartości Cu w gruntach grupy B stanowiły jedynie 0,58% ogólnej liczby przebadanych. We wszystkich przypadkach charakteryzują one jedynie niewielkie, odosobnione obszary zanieczyszczone skutkiem prowadzonego w przeszłości wydobycia i przetwórstwa rud metali.

Podobnie jak w przypadku Zn punkty, w których zanotowano przekroczenia, pominięto w dalszej analizie statystycznej mającej za zadanie opisanie stanu środowiska na obszarach gruntów rolnych.

Po wyeliminowaniu pojedynczych ekstremalnych wyników, będących jednocześnie przekroczeniami standardów, zawartość miedzi w glebach uprawnych z obszaru SiPS mieści się w granicach od 0,8 do 141,2 mg·kg<sup>-1</sup>. Średnia koncentracja Cu obliczona w 1361 próbkach z obszaru SiPS, pozostałych po eliminacji ekstremalnych, wynosi 14,5 mg·kg<sup>-1</sup>, a mediana 12,4 mg·kg<sup>-1</sup>. Wartość odchylenia standardowego wynosi 10,1 mg·kg<sup>-1</sup>, a współczynnik zmienności 70%. Współczynnik skośności rozkładu wynosi 5,3 (tab. 27).

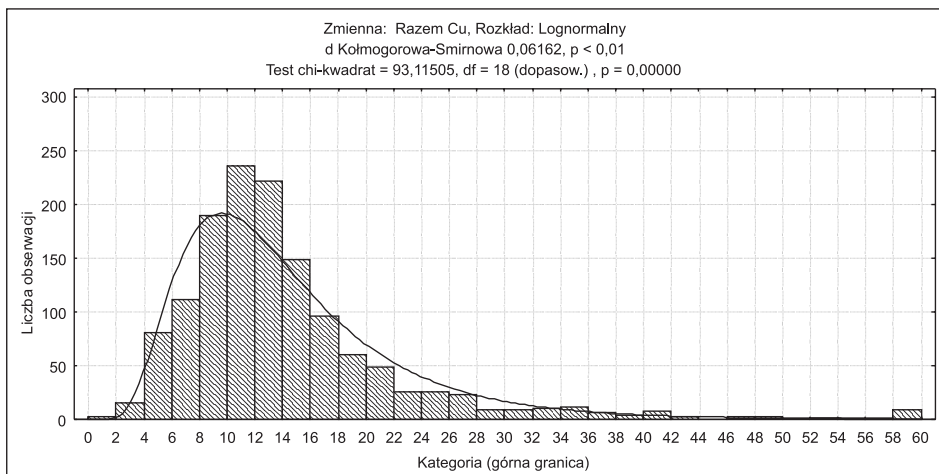
Tabela 27. Statystyczna charakterystyka zawartości miedzi w poszczególnych powiatach SiPS

Powiat	Liczba próbek	Średnia	Mediana	Min.	Max.	Perc. 10%	Perc. 90%	Odch. std.	Wsp. Zm.
		[mg·kg <sup>-1</sup> ]							[%]
bolesławiecki	89	10,3	7,5	0,8	141,2	4,3	15,7	15,0	146,0
zgorzelecki	295	10,7	11,3	2,4	27,1	5,3	14,6	3,6	34,1
lubański	86	11,5	8,8	2,4	36,0	6,6	20,7	6,9	60,3
dzierżoniowski	60	12,9	12,2	6,8	21,1	8,8	17,6	3,9	26,4
lwówecki	99	13,9	12,0	6,4	47,1	8,4	21,9	6,0	43,4
ząbkowicki	80	14,7	13,9	8,5	35,1	10,4	19,2	4,2	28,5
kłodzki	126	15,2	13,2	4,1	41,1	8,6	24,7	7,3	48,4
wałbrzyski	120	17,2	15,3	4,6	37,3	8,5	29,8	8,2	47,6
jaworski	109	17,6	14,5	7,1	127	9,9	27,3	13,2	74,6
jeleniogórski	157	17,9	12,5	6,5	103,5	9,0	31,5	14,5	81,0
kamiennogórski	140	18,5	16,7	2,9	113,0	7,7	30,9	13,9	75,1
Razem	1361	14,5	12,4	0,8	141,2	6,8	23,1	10,12	70,0

Średnia zawartość Cu w glebach 11 powiatów SiPS jest zatem znacząco niższa niż w badaniach raportowanych przez Stuczyńskiego i in. [2007].

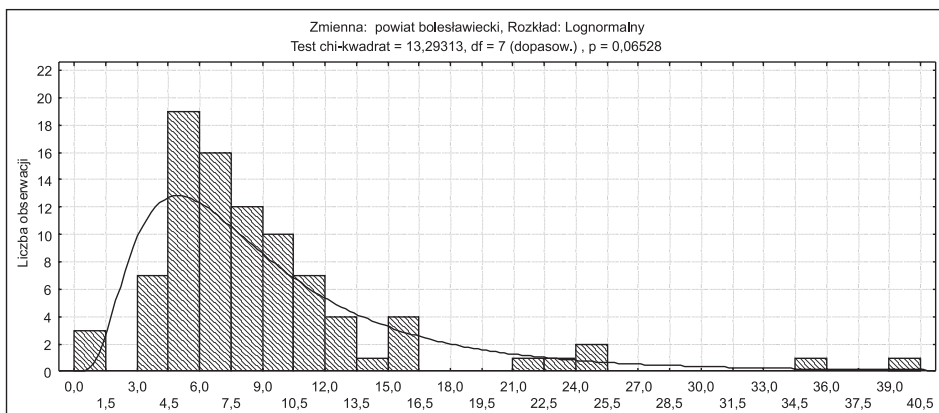
Rozkład wyników koncentracji miedzi we wszystkich powiatach SiPS rozpatrywanych łącznie nie spełnia kryterium testu chi-kwadrat w przypadku rozkładu logarytmiczno-normalnego.

W tym miejscu należałoby przypomnieć znany efekt niespełniania kryteriów testów statystycznych dotyczących założonego kształtu rozkładu w odniesieniu do próbek o dużej liczbie.



Rys. 14. Rozkład zawartości miedzi w próbkach z obszaru SiPS

Wynika to z faktu, że błąd standardowy w większości z nich (testów) maleje odwrotnie proporcjonalnie do pierwiastka kwadratowego z rozmiaru próbki. Dlatego przy dużych ilościach próbek małe odchylenia od założonego rozkładu są uznawane przez test za istotne. Krótko mówiąc, test wskazuje, że rozkład nie ma założonego kształtu, podczas gdy w rzeczywistości ma [Diamond i in. 2009].

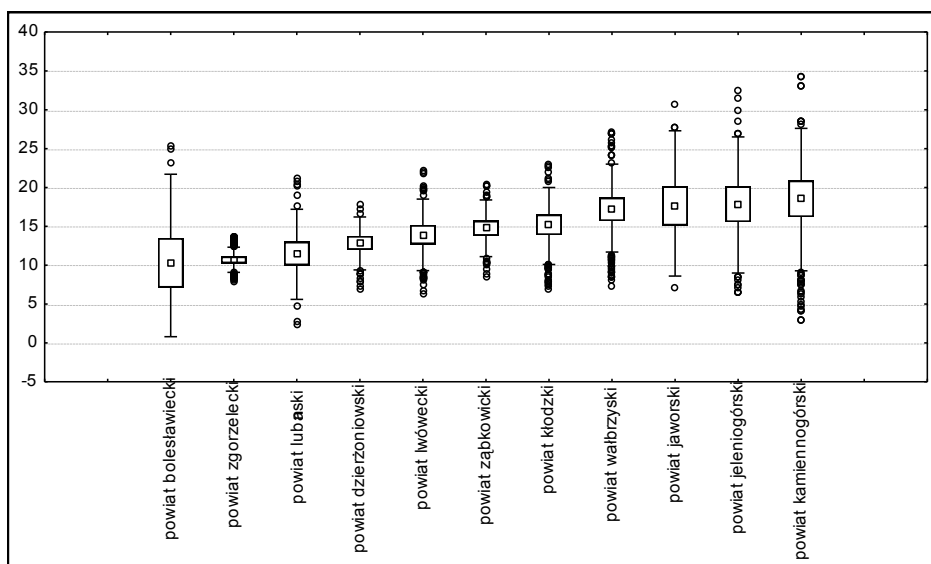


Rys. 15. Rozkład zawartości miedzi w próbkach z terenu powiatu bolesławieckiego

Rozkłady zawartości miedzi w poszczególnych powiatach miały charakter logarytmiczno-normalny. Na podstawie testu Kolmogorowa-Smirnowa w odniesieniu do żadnego z powiatów nie było podstaw do przyjęcia hipotezy o istnieniu odchylenia od rozkładu logarytmiczno-normalnego. W oparciu o test chi-kwadrat podstawy do przyjęcia hipotezy o istnieniu

znaczących odchyień od rozkładu logarytmiczno-normalnego stwierdzono w przypadku powiatów zgorzeleckiego, lubańskiego i jeleniogórskiego.

Po zastosowaniu testu t-Studenta dla zmiennej transformowanej do postaci  $\ln([\text{Cu}])$ , charakteryzującej się rozkładem normalnym zarówno w poszczególnych powiatach (z wyjątkiem ząbkowickiego), jak i dla całego obszaru, można powiaty SiPS pod kątem zawartości miedzi podzielić na 3 główne grupy (rys. 16). Pierwsza z nich to charakteryzujące się najniższymi średnimi zawartościami Cu powiaty bolesławiecki, zgorzelecki, i lubański. Średnie zawartości Cu w glebach tych powiatów wynoszą odpowiednio 10,3; 10,7; oraz 11,5  $\text{mg}\cdot\text{kg}^{-1}$  i są w istotny sposób niższe od podanej uprzednio wartości średniej wszystkich próbek z obszaru SiPS (tab. 27). Rozkład zawartości Cu w glebach powiatów ma charakter logarytmiczno-normalny, a współczynniki zmienności są zróżnicowane i wynoszą odpowiednio 146, 34 i 60%.



Rys. 16. Zawartości miedzi w poszczególnych powiatach SiPS bez punktów ekstremalnych (powyżej  $150 \text{ mg}\cdot\text{kg}^{-1}$ )

Istotność różnic badano po transformacji zmiennej do postaci  $\ln([\text{Cu}])$  tak aby spełniony był warunek normalności rozkładu.

Do drugiej grupy należy zaliczyć powiaty: dzierzoniowski, lwówecki, ząbkowicki oraz kłodzki. Średnie zawartości Cu w glebach tych powiatów wynoszą odpowiednio 12,9  $\text{mg}\cdot\text{kg}^{-1}$ , 13,9; 14,7; oraz 15,2  $\text{mg}\cdot\text{kg}^{-1}$  i pozostają na poziomie zbliżonym do średniej całego obszaru SiPS. Średnie zawartości Cu w tej grupie powiatów różniły się w sposób istotny (były wyższe) niż w grupie pierwszej i jednocześnie w większości przypadków były istotnie niższe od średnich zawartości Cu w trzeciej grupie skupiającej powiaty: wałbrzyski, jaworski, jeleniogórski i kamiennogórski (tab. 28).

Rozkład zawartości Cu w glebach powiatów tej grupy ma charakter logarytmiczno-normalny, a współczynniki zmienności są niższe niż w grupie pierwszej i wynoszą odpowiednio 26,4; 43,4; 28,5 i 48,4%.

Trzecią grupę stanowią wspomniane już powiaty: wałbrzyski, jaworski, jeleniogórski i kamiennogórski. Charakteryzują się one średnimi zawartościami Cu wynoszącymi odpowiednio 17,2; 17,6; 17,9; i 18,5 mg·kg<sup>-1</sup>. Rozkład zawartości Cu w tej grupie powiatów ma również charakter logarytmiczno-normalny, a współczynniki zmienności są wysokie i wynoszą odpowiednio: 47,6; 74,6; 81,0 i 75,1%.

Tabela 28. Istotność różnic (*p*) pomiędzy średnimi koncentracjami Cu w poszczególnych powiatach SiPS (pogrubiono różnice nieistotne)

Powiaty	bolesławiecki	zgorzelecki	lubański	dzierżoniowski	lwówecki	ząbkowicki	kłodzki	wałbrzyski	jaworski	jeleniogórski	kamiennogórski
bolesławiecki	*	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
zgorzelecki		*	<b>0,89</b>	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
lubański			*	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
dzierżoniowski				*	<b>0,45</b>	0,00	<b>0,09</b>	0,00	0,00	0,01	0,01
lwówecki					*	<b>0,05</b>	<b>0,25</b>	0,01	0,00	0,02	0,01
ząbkowicki						*	<b>0,53</b>	<b>0,26</b>	<b>0,10</b>	<b>0,48</b>	<b>0,26</b>
kłodzki							*	<b>0,09</b>	0,03	<b>0,18</b>	<b>0,08</b>
wałbrzyski								*	<b>0,74</b>	<b>0,70</b>	<b>0,86</b>
jaworski									*	<b>0,48</b>	<b>0,90</b>
jeleniogórski										*	<b>0,58</b>

Podobnie jak w przypadku Zn wyższymi zawartościami Cu charakteryzowały się zatem powiaty zlokalizowane na obszarze Sudetów, do których w przypadku Cu dołączył powiat jaworski, w którym już w XIV w. w rejonie Wądroża Wielkiego i Wądroża Małego prowadzono wydobycie złota, a także rud metali, w gminie Bolków w rejonie góry Żeleźniak. Układ średnich zawartości Cu w glebach poszczególnych powiatów jest analogiczny do podawanego przez Stuczyńskiego i in. [2007]. We wspomnianym opracowaniu spośród 11 omawianych powiatów najwyższymi koncentracjami Cu cechują się: jeleniogórski, kamiennogórski, jaworski i wałbrzyski, ze średnimi w granicach od 25,9 do 29,0 mg·kg<sup>-1</sup>. Powiaty: dzierżoniowski, lwówecki, ząbkowicki oraz kłodzki mają według Stuczyńskiego i in. [2007] zawartości Cu w granicach od 17,9 do 20,3 mg·kg<sup>-1</sup>. Natomiast wymieniona w niniejszym opracowaniu jako pierwsza grupa powiatów obejmująca: bolesławiecki, zgorzelecki i dzierżoniowski cechuje się według Stuczyńskiego i in. [2007] średnimi zawartościami Cu w granicach od 10,9 do 20,3 mg·kg<sup>-1</sup>. Nieco wyższe wyniki raportowane przez Stuczyńskiego są najprawdopodobniej skutkiem uwzględnienia w badaniach również punktów ekstremalnych, w których wystąpiły przekroczenia standardów.

Można zauważyć ponadto, że na obszarze powiatu bolesławieckiego po wyeliminowaniu przekraczających standardy wyników z rejonu Warty Bolesławieckiej średnia zawartość mie-

dzi pozostaje na poziomie najniższym spośród wszystkich przebadanych powiatów. Świadczy to o ograniczeniu zanieczyszczenia gleb tylko do rejonu bliskiego sąsiedztwa składowisk odpadów z flotacji rud miedzi. Zwraca uwagę również większe zróżnicowanie zawartości Cu w glebach powiatów górskich w stosunku do gleb powiatów z obszaru Przedgórze Sudeckiego (tab. 27, rys. 16).

### 6.3. Ołów (Pb)

Ołów jest pierwiastkiem metalicznym występującym naturalnie w skorupie ziemskiej i w glebach. Wykorzystywanie ołowiu w wielu procesach przemysłowych jest główną przyczyną zanieczyszczenia środowiska tym pierwiastkiem. Zakres wspomnianych procesów, w których wykorzystywany jest ołów, obejmuje między innymi: górnictwo, hutnictwo metali kolorowych, produkcję pestycydów i nawozów, składowanie odpadów komunalnych i spalanie paliw kopalnych zawierających dodatek ołowiu. Między innymi ołów był dodawany do benzyny samochodowej od połowy lat dwudziestych do połowy lat osiemdziesiątych ubiegłego wieku. Farby zawierające ołów były wykorzystywane do malowania domów aż do końca lat siedemdziesiątych XX w. [U.S. Department of housing and urban development 2001].

Co ciekawe, jako jedno z istotnych źródeł zanieczyszczenia gleb ołowiem uważa się śruty i pociski ołowiane używane przez myśliwych [Astrup i in. 1999].

Ilość ołowiu, która zasiłała gleby w okresie istnienia cywilizacji technicznej, pochodząca ze źródeł antropogenicznych, jest 20-krotnie większa od jego naturalnego usuwania [Nriagu 1990].

Mineralne związki ołowiu wykazują ograniczoną rozpuszczalność, co powoduje mniejszą mobilność tego pierwiastka w stosunku do cynku czy kadmu i słabsze przyswajanie przez rośliny [Kaszubkiewicz i in. 2010]. Ołów jest też pierwiastkiem silnie wiązany przez materię organiczną gleby [Karczewska 2002]. Siła jonowa roztworu glebowego, jednoczesna obecność konkurencyjnych atomów innych metali i pH gleby są uważane za czynniki wpływające na sorpcję ołowiu i możliwość jego wymywania poza profil glebowy.

Średnia zawartość tego pierwiastka w powierzchniowej warstwie gleb Polski wynosi według Terelaka i in. [1999] 13,6 mg·kg<sup>-1</sup>. Zawartość ołowiu w glebach uprawnych Stanów Zjednoczonych wynosi od >1 do 135 mg·kg<sup>-1</sup> z medianą 11,0 mg·kg<sup>-1</sup> [Holmgren i in. 1993]. Typowe wartości koncentracji ołowiu w glebach pyłowych i gliniastych mieszczą się w granicach 14–52 mg·kg<sup>-1</sup> ze średnią około 25 mg·kg<sup>-1</sup> [Kabata-Pendias 2010].

W glebach użytków rolnych całego województwa dolnośląskiego średnia zawartość ołowiu w powierzchniowej warstwie gleb wynosi 23,4 mg·kg<sup>-1</sup>, a mediana 19,8 mg·kg<sup>-1</sup> [Stuczynski i in. 2007]. Wyższe zawartości ołowiu w warstwie 0–10 cm w glebach regla górnego Kowarskiego Grzbietu (73,3 mg·kg<sup>-1</sup>) obserwowali Waroszewski i in. [2009].

W przeprowadzonych badaniach przekroczenie standardu zawartości ołowiu na obszarze sozologicznym B (100 mg·kg<sup>-1</sup>) stwierdzono w 18 próbkach spośród 1369 przebadanych, zlokalizowanych na obszarze SiPS. Były to próbki pobrane w punktach zlokalizowanych na terenie powiatu bolesławieckiego – 3, jaworskiego – 1, jeleniogórskiego – 4, lubańskiego – 1, lwóweckiego – 2, ząbkowickiego – 1, wałbrzyskiego – 3 i kamiennogórskiego – 2. W powiecie bolesławieckim przekroczenia, podobnie jak dla Cu, wystąpiły w próbkach z terenu gmin Bolesławiec (124 mg·kg<sup>-1</sup>) i Warta Bolesławiecka (123, 158,4 mg·kg<sup>-1</sup>), w rejonie zlokalizowania składowisk opadów z flotacji rud miedzi „Starego Zagłębia Miedziowego”. W powiecie jaworskim przekroczenie również wystąpiło w tym samym miejscu co w przypadku Cu,

w gminie Bolków w obrębie wsi Lipa ( $193,3 \text{ mg}\cdot\text{kg}^{-1}$ ). W powiecie jeleniogórskim, 3 punkty zlokalizowane były w gminie Janowice Wielkie w obrębie Miedzianka ( $165,6; 109; 140 \text{ mg}\cdot\text{kg}^{-1}$ ), a jeden w gminie Podgórzyn ( $126,5 \text{ mg}\cdot\text{kg}^{-1}$ ). W powiecie lubańskim przekroczenie wystąpiło w obrębie Świeradów ( $124,2 \text{ mg}\cdot\text{kg}^{-1}$ ). W powiecie lwówecki przekroczenia wystąpiły w gminie Lwówek Śląski ( $110,9 \text{ mg}\cdot\text{kg}^{-1}$ ) i gminie Gryfów Śląski ( $101,9 \text{ mg}\cdot\text{kg}^{-1}$ ). W powiecie ząbkowickim przekroczenie stwierdzono w obrębie miasta Ząbkowice ( $148,2 \text{ mg}\cdot\text{kg}^{-1}$ ) i było najprawdopodobniej związane z oddziaływaniem pobliskiej lakierni. W powiecie wałbrzyskim przekroczenia zanotowano w gminie Boguszów Gorce w obrębie Boguszów Gorce ( $155 \text{ mg}\cdot\text{kg}^{-1}$ ) oraz w obrębie Kuźnice Świdnickie ( $339, 535 \text{ mg}\cdot\text{kg}^{-1}$ ), w rejonie gdzie nie odnotowano podwyższonych koncentracji Zn i Cu. Być może istnienie tych zanieczyszczeń można wiązać z dawnym wydobywaniem rud srebra, jakie od XVI w. prowadzono na terenie Boguszowa. W powiecie kamiennogórskim przekroczenia wystąpiły w gminach Lubawka ( $104, 148 \text{ mg}\cdot\text{kg}^{-1}$ ) oraz Marciszów ( $120 \text{ mg}\cdot\text{kg}^{-1}$ ). W tym ostatnim przypadku był to punkt w którym stwierdzono również znaczne przekroczenie standardu w odniesieniu do Zn. Zanieczyszczenia w tym rejonie również można powiązać z dawnym górnictwem. W XVI i XVII w. istniały tu bowiem kopalnie miedzi ołowiu i srebra (mapa 4).

Wyniki przekraczające standard zawartości Pb w gruntach grupy B stanowiły jedynie 1,3% ogólnej liczby przebadanych. Również i w tym przypadku charakteryzują one głównie niewielkie, odosobnione obszary, zanieczyszczone skutkiem prowadzonego w przeszłości wydobywania i przetwórstwa rud metali bądź też współczesne niewielkie enklawy gleb zanieczyszczonych w wyniku działalności gospodarczej. Spośród 18 zanotowanych przekroczeń standardu 16 mieści się poniżej wartości  $200 \text{ mg}\cdot\text{kg}^{-1}$ , a tylko 2 zlokalizowane w gminie Boguszów Gorce są znacznie wyższe ( $339$  i  $535 \text{ mg}\cdot\text{kg}^{-1}$ ).

Podobnie jak w przypadku Zn i Cu punkty, w których zanotowano przekroczenia, pominięto w dalszej analizie statystycznej mającej za zadanie opisanie stanu środowiska na obszarach gruntów rolnych.

Po wyeliminowaniu pojedynczych ekstremalnych wyników, będących jednocześnie przekroczeniami standardu, zawartość ołowiu w glebach uprawnych z obszaru SiPS mieści się w granicach od 3,0 do  $99,7 \text{ mg}\cdot\text{kg}^{-1}$ . Średnia koncentracja Pb obliczona w 1351 próbkach z obszaru SiPS, pozostałych po eliminacji ekstremalnych, wynosi  $30,45 \text{ mg}\cdot\text{kg}^{-1}$ , a mediana  $27,00 \text{ mg}\cdot\text{kg}^{-1}$ . Wartość odchylenia standardowego liczy  $15,2 \text{ mg}\cdot\text{kg}^{-1}$ , a współczynnik zmienności 49,9%. Współczynnik skośności rozkładu wynosi 1,4 (tab. 29).

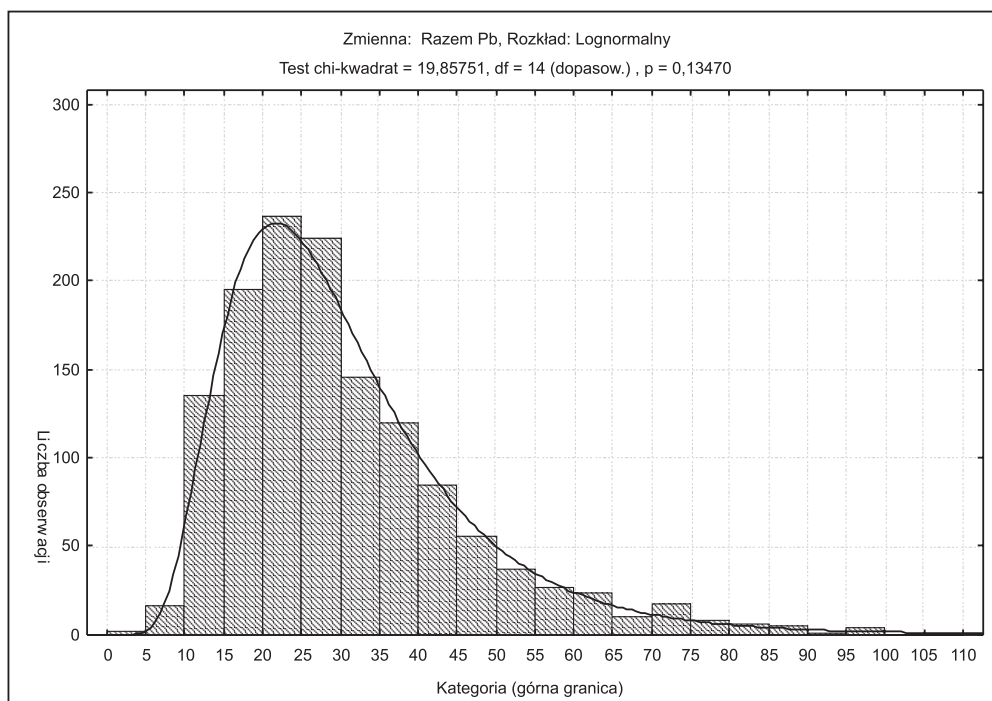
Podana średnia zawartość ołowiu w glebach 11 powiatów SiPS jest zatem identyczna ze średnią obliczoną na podstawie danych przedstawionych przez Stuczyńskiego i in.[2007] w odniesieniu do tej samej grupy powiatów, wynoszącą  $30,4 \text{ mg}\cdot\text{kg}^{-1}$ .

Rozkład zawartości ołowiu badany łącznie we wszystkich powiatach SiPS miał charakter logarytmiczno-normalny – spełniał warunki testu chi-kwadrat (rys. 17). Analiza rozkładów w poszczególnych powiatach również wykazała, że mają one charakter logarytmiczno-normalny. Kryterium testu chi-kwadrat nie było spełnione tylko w przypadku powiatów bolesławieckiego i zgorzeleckiego. W przypadku tych powiatów kształt rozkładu był zbliżony do logarytmiczno-normalnego i spełniały one kryterium testu Kołmogorowa-Smirnowa.

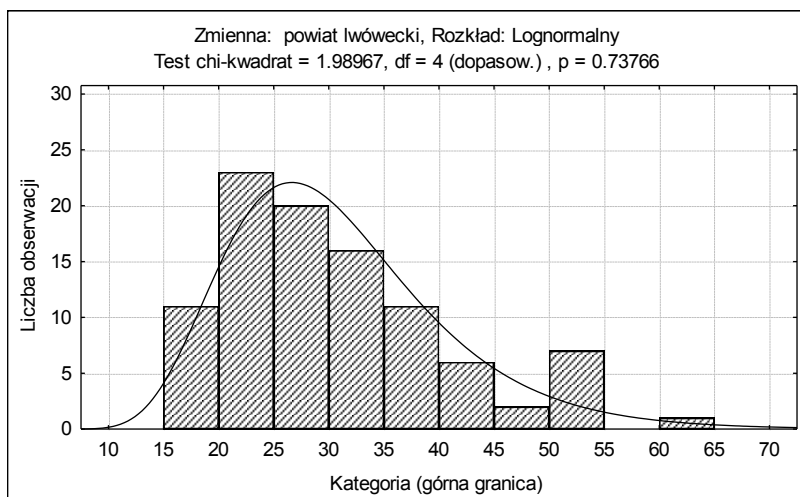


Tabela 29. Statystyczna charakterystyka zawartości ołowiu w poszczególnych powiatach SiPS

Powiat	Liczba próbek	Średnia	Mediana	Min.	Max.	Perc. 10%	Perc. 90%	Odch. std.	Wsp. zm.
		[mg·kg <sup>-1</sup> ]							[%]
dzierżoniowski	60	13,5	12,8	8,7	25,8	10,4	17,1	3,2	23,4
bolesławiecki	90	19,1	15,3	3,0	88,4	10,6	29,	13,4	70,6
zgorzelecki	295	22,4	22,5	7,4	52,4	13,5	29,9	6,9	30,7
jaworski	109	22,4	20,7	10,2	60,3	15,1	32,3	8,1	36,0
lubański	85	29,8	25,7	9,4	74,3	16,5	55,2	14,8	49,6
kłodzki	112	30,5	29,1	11,6	69,7	21,3	40,8	9,0	29,6
lwówecki	97	30,9	28,2	15,7	62,8	19,8	45,4	10,1	32,7
ząbkowicki	93	35,7	32,2	14,6	99,7	19,6	51,6	14,9	41,8
jeleniogórski	156	40,9	35,9	13,4	95,5	22,3	66,0	18,4	44,9
wałbrzyski	117	41,8	38,2	12,9	80,2	27,4	63,0	13,7	32,7
kamiennogórski	137	44,0	41,1	17,0	98,8	29,2	63,7	14,3	32,5
Razem	1351	30,45	27,0	7,4	99,7	14,6	50,6	15,2	49,9



Rys. 17. Rozkład zawartości ołowiu w próbkach z obszaru SiPS



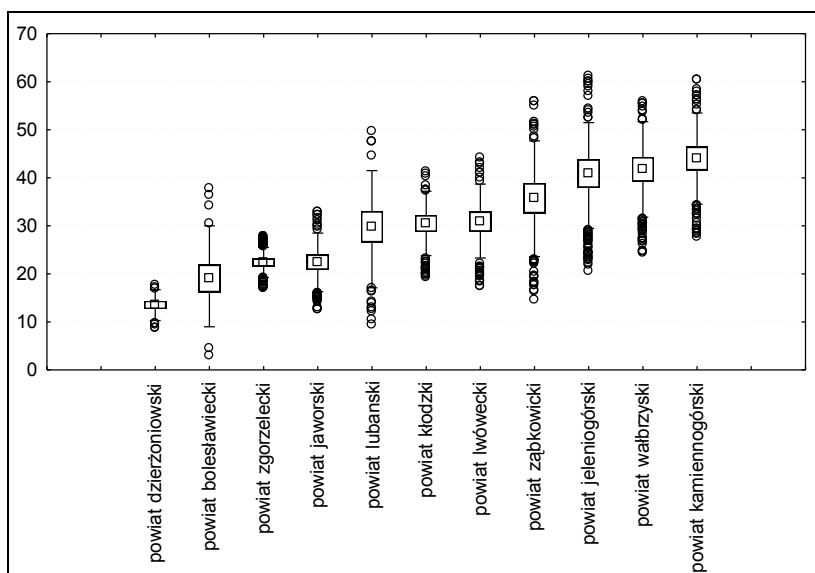
Rys. 18. Rozkład zawartości ołowiu w próbkach z powiatu lwóweckiego

Stosując test t-Studenta dla zmiennej transformowanej do postaci  $\ln(\text{Pb})$ , charakteryzującej się rozkładem normalnym zarówno w poszczególnych powiatach, jak i na całym obszarze, można powiaty SiPS pod kątem zawartości ołowiu podzielić na trzy główne grupy oraz wydzielić dwa powiaty charakteryzujące się odrębnymi wartościami średniej koncentracji Pb (rys. 19, tab. 29). Wewnątrz każdej z grup różnice pomiędzy średnimi koncentracjami Pb są nieistotne, natomiast różnice w stosunku do średnich koncentracji Pb w powiatach z innych grup są istotne na poziomie  $p < 0,05$ .

Pierwsza z tych grup obejmuje charakteryzujące się niskimi średnimi zawartościami Pb powiaty: bolesławiecki, zgorzelecki i jaworski. Średnie zawartości Pb w glebach tych powiatów wynoszą odpowiednio 19,1; 22,4 oraz 22,4  $\text{mg}\cdot\text{kg}^{-1}$  i są w istotny sposób niższe od podanej uprzednio wartości średniej dla wszystkich próbek z obszaru SiPS (tab. 19). Rozkład zawartości Pb w glebach powiatów ma charakter logarytmiczno-normalny, a współczynniki zmienności są zróżnicowane i wynoszą odpowiednio 70,6, 30,7 i 36,0%.

Druga grupa skupia powiaty: lubański, kłodzki i lwówecki. Średnie zawartości Pb w glebach tych powiatów są bardzo zbliżone (pomimo dużej odległości geograficznej) i wynoszą odpowiednio 29,8; 30,5; oraz 30,9  $\text{mg}\cdot\text{kg}^{-1}$  oraz pozostają na poziomie bliskim średniej wszystkich próbek z obszaru SiPS (tab. 19). Rozkład zawartości Pb w glebach powiatów ma charakter logarytmiczno-normalny, a współczynniki zmienności są w miarę zbliżone i wynoszą odpowiednio 49,6; 29,6; i 32,7%.

Do trzeciej grupy należałoby natomiast zaliczyć powiaty: jeleniogórski, wałbrzyski i kamiennogórski. Koncentracje Pb w glebach powiatów tej grupy są wyższe od średniej odnoszącej się do obszaru SiPS i wynoszą odpowiednio 40,9; 41,8 oraz 44,0  $\text{mg}\cdot\text{kg}^{-1}$ . Rozkład zawartości Pb w glebach powiatów tej grupy również ma charakter logarytmiczno-normalny, a współczynniki zmienności są w miarę zbliżone i wynoszą odpowiednio 44,9; 32,7 i 32,5% (mapa 7).



Rys. 19. Zawartości ołowiu w poszczególnych powiatach SiPS bez punktów ekstremalnych

Tabela 30. Istotność różnic ( $p$ ) pomiędzy średnimi koncentracjami Pb w poszczególnych powiatach SiPS (pogrubiono różnice nieistotne)

Powiat	dzierzoniowski	bolesławiecki	zgorzelecki	jaworski	lubański	kłodzki	lwówecki	ząbkowicki	jeleniogórski	wałbrzyski	kamiennogórski
dzierzoniowski	*	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
bolesławiecki		*	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
zgorzelecki			*	<b>0,99</b>	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
jaworski				*	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
lubański					*	<b>0,08</b>	<b>0,11</b>	0,00	0,00	0,00	0,00
kłodzki						*	<b>0,99</b>	0,01	0,00	0,00	0,00
lwówecki							*	0,02	0,00	0,00	0,00
ząbkowicki								*	0,03	0,00	0,00
jeleniogórski									*	<b>0,18</b>	0,01
wałbrzyski										*	<b>0,17</b>

Odrębne pozycje zajmują powiat dzierzoniowski z najniższą średnią zawartością Pb wynoszącą  $13,5 \text{ mg}\cdot\text{kg}^{-1}$  oraz powiat ząbkowicki, który pod względem średniej koncentracji Pb zajmuje pozycję pośrednią pomiędzy 2 i 3 grupą powiatów, różniąc się od nich w sposób statystycznie istotny (tab. 20).

Również w wymienionych grupach powiatów średnie koncentracje ołowiu pozostają w bliskiej zgodności z danymi z badań z okresu 1995–1998 wykonanych przez OSCHR we Wrocławiu w ramach badań chemizmu gleb Polski [Stuczyński i in. 2007].

Określone wtedy średnie koncentracje Pb w powiatach bolesławieckim, zgorzeleckim i jaworskim wynosiły odpowiednio 21,8; 19,5 oraz 28,5 mg·kg<sup>-1</sup>. W drugiej wydzielonej w niniejszym opracowaniu grupie powiatów: lubańskim, kłodzkim i lwóweckim określone poprzednio koncentracje Pb wynosiły odpowiednio 29,1; 30,2; i 29,8 mg·kg<sup>-1</sup>. W grupie powiatów górskich (jeleniogórski, wałbrzyski, kamiennogórski) określone poprzednio średnie koncentracje Pb wynosiły odpowiednio 49,7; 40,8 i 36,2, a zatem w powiecie jeleniogórskim była to koncentracja wyższa od stwierdzonej obecnie (mapa 12), a w kamiennogórskim niższa (mapa 7). Różnice te mogą mieć charakter przypadkowy, wynikający z innej lokalizacji punktów badawczych.

Istotność różnic badano po transformacji zmiennej do postaci  $\ln([Pb])$ , tak aby spełniony był warunek normalności rozkładu.

Podobnie jak w przypadku Zn wyższymi zawartościami Pb charakteryzowały się zatem powiaty zlokalizowane na obszarze Sudetów. W powiatach przedgórze Sudeckiego zanotowano wprawdzie występowanie punktów, w których przekroczone były standardy w gruntach grupy B, niemniej jednak tło jest tam wyraźnie niższe, a różnica pomiędzy średnimi koncentracjami Pb w powiecie dzierzoniowskim (najniższa) i kamiennogórskim (najwyższa) jest ponad trzykrotna.

## 6.4. Kadm (Cd)

Kadm jest uważany za jeden z najbardziej toksycznych pierwiastków śladowych w środowisku. Rosnąca emisja związana z jego produkcją, zastosowaniem i składowaniem, powiązana z jego trwałością w środowisku oraz relatywnie dobrym pobieraniem przez rośliny składają się na znaczne zagrożenie środowiskowe ze strony tego pierwiastka. Kadm w naturalny sposób występuje w glebach w wyniku wietrzenia skał macierzystych [Alloway 1995]. Antropogeniczne źródła kadmu w glebach to między innymi stosowanie nawozów fosforowych, w których zawartość tego pierwiastka może dochodzić do 79 mg na kilogram fosforu. Ważną rolę odgrywa również hutnictwo i przetwórstwo metali nieżelaznych.

Zawartość kadmu w skorupie ziemskiej jest szacowana na 0,11 mg·kg<sup>-1</sup> [Foerstner 1980]. Kadm zazwyczaj występuje w glebach o neutralnym odczynie w formie mobilnych siarczków, natomiast w glebach wapieniowych jest unieruchamiany w formie węglanów. Sorpcja kadmu zachodzi głównie na minerałach ilastych oraz materii organicznej i rośnie wraz ze wzrostem pH [Salama, Helmke 1998]. Ogólnie, niższe koncentracje kadmu występują w skałach magmowych i metamorficznych (granit 0,09 mg·kg<sup>-1</sup>, bazalt 0,13 mg·kg<sup>-1</sup>), piaskowcach i wapieniach, a wyższe w łupkach (0,8 mg·kg<sup>-1</sup>), w szczególności w sedymentach bogatych w materię organiczną oraz w osadach rzecznych.

W większości gleb naturalna zawartość kadmu pozostaje poniżej 1 mg·kg<sup>-1</sup>. W obszer-nych badaniach, dotyczących gruntów użytkowanych rolniczo z terenu USA, stwierdzono koncentracje Cd w granicach 0,005–2,4 mg·kg<sup>-1</sup> ze średnią wartością wynoszącą 0,27 mg·kg<sup>-1</sup> [Holmgren 1993]. W glebach użytków rolnych Polski średnia zawartość kadmu według Teralaka i in. [2002] wynosi 0,21 mg·kg<sup>-1</sup>. Średnia zawartość Cd w glebach użytkowanych rolniczo województwa dolnośląskiego zgodnie z ustaleniami Stuczyńskiego i in. [2007] wynosi 0,26 mg·kg<sup>-1</sup>, a zatem nieznacznie przekracza średnią dla całego kraju.

Badania zawartości kadmu wykonano na próbkach ze wszystkich 11 powiatów z obszaru SiPS. W rezultacie przebadano 1369 próbek. Przekroczenie standardu zawartości Cd na obszarze sozologicznym B ( $4 \text{ mg}\cdot\text{kg}^{-1}$ ) stwierdzono w zaledwie 3 próbkach. Były to próbki pobrane w punktach zlokalizowanych na terenie powiatu jaworskiego – 1, ząbkowickiego – 1 i jeleniogórskiego – 1. W powiecie jaworskim przekroczenie wystąpiło w próbce z obrębu Lipa z gminy Bolków. W próbce z powiatu ząbkowickiego w gminie Stoszowice, w obrębie Przedborowa. W powiecie jeleniogórskim w próbce z terenu obrębu Miedzianka, gminy Janowice Wielkie. W powiatach jeleniogórskim i ząbkowickim przekroczenia były nieznaczne i wynosiły odpowiednio  $5,25$  oraz  $5,55 \text{ mg}\cdot\text{kg}^{-1}$ , natomiast w próbce z obrębu Lipa zawartość Cd wynosiła  $10,19 \text{ mg}\cdot\text{kg}^{-1}$ .

Wyniki przekraczające standard zawartości Cd w gruntach grupy B stanowiły jedynie 0,2% ogólnej liczby przebadanych. W powiatach jaworskim i jeleniogórskim przekroczenia były związane z dawnym górnictwem metali kolorowych, natomiast przyczyna wystąpienia przekroczenia w gminie Stoszowice pozostaje niejasna.

## 6.5. Nikiel (Ni)

Nikiel występuje w środowisku w sposób naturalny, aczkolwiek rzadko w formie pierwiastkowej [McGrath 1995]. Częściej tworzy wraz z żelazem siarczki takie jak ulmanit czy milleryt [McGrath 1995, Kabata-Pendias, Mukherjee 2007]. Nikiel tworzy także kompleksy organo-metaliczne, takie jak np. karbonyl niklowy [Greenwood, Earnshaw 1997].

Antropogeniczne źródła niklu to głównie hutnictwo tego metalu, produkcja stopów, stali nierdzewnych, baterii, elektrod spawalniczych czy też chemikaliów zawierających Ni. Znaczącym źródłem zanieczyszczenia gleb niklem może być stosowanie nawozów (szczególnie fosfatów) oraz osadów ściekowych.

Nikiel jest 24 pod względem zawartości pierwiastkiem w skorupie ziemskiej ze średnią koncentracją wynoszącą  $86 \text{ mg}\cdot\text{kg}^{-1}$ .

Najwyższe koncentracje niklu spotykane są w skałach magmowych, niższe poziomy obserwowane w skałach osadowych: łupkach, iłach, wapieniach i piaskowcach [McGrath 1995, Kabata-Pendias, Mukherjee 2007].

W obszernych badaniach wykonanych na terenie Stanów Zjednoczonych średnia zawartość niklu w glebach użytkowanych rolniczo wyniosła  $17,4 \text{ mg}\cdot\text{kg}^{-1}$  [Holmgren i in. 1993].

Zawartość niklu w glebach lekkich waha się w granicach od 8 do  $33 \text{ mg}\cdot\text{kg}^{-1}$ , natomiast w glebach ciężkich od 10 do  $92 \text{ mg}\cdot\text{kg}^{-1}$  [Kabata-Pendias, Pendias 1999].

Typowe wartości koncentracji niklu w glebach pyłowych wynoszą  $7\text{--}70 \text{ mg}\cdot\text{kg}^{-1}$ , a dla gleb gliniastych  $10\text{--}104 \text{ mg}\cdot\text{kg}^{-1}$  ze średnią około  $19 \text{ mg}\cdot\text{kg}^{-1}$  [Kabata Pendias, Pendias 1999]. Średnia zawartość niklu w użytkowanych rolniczo glebach Polski według Terelaka i in. [1999] wynosi  $6,2 \text{ mg}\cdot\text{kg}^{-1}$ .

Mobilność niklu w glebie zależy od składu granulometrycznego, mineralogicznego, pH oraz zawartości materii organicznej.

W użytkowanych rolniczo glebach województwa dolnośląskiego średnia zawartość niklu w warstwie powierzchniowej wynosi  $11,5 \text{ mg}\cdot\text{kg}^{-1}$  [Stuczyński i in. 2007] i jest wyższa od średniej kraju. Średnia 11 powiatów SiPS obliczona na podstawie danych przedstawionych przez Stuczyńskiego i in. [2007] wyniosła  $16,9 \text{ mg}\cdot\text{kg}^{-1}$ . Była zatem wyższa niż w odniesieniu do całego kraju i wyższa niż średnia województwa dolnośląskiego.

Badania zawartości niklu wykonano na próbkach z 10 powiatów z obszaru SiPS. Wyłączono z badań powiat lwówecki oraz część próbek z powiatów wałbrzyskiego i dzierzoniowskiego. W rezultacie przebadano 1162 próbki. Przekroczenie standardu zawartości Ni na obszarze sozologicznym B ( $100 \text{ mg}\cdot\text{kg}^{-1}$ ) stwierdzono w zaledwie 4 próbkach spośród 1162 przebadanych. Były to próbki pobrane w punktach zlokalizowanych na terenie powiatu zgorzeleckiego – 1, jaworskiego – 1, i ząbkowickiego – 2. W powiecie zgorzeleckim przekroczenie wystąpiło w próbce z obrębu Trójca z gminy Zgorzelec. W powiecie jaworskim w próbce z terenu obrębu Kondratów gminy Męcinka. W obu wymienionych przypadkach przekroczenia były nieznaczne i wynosiły odpowiednio  $106,2$  oraz  $104,1 \text{ mg}\cdot\text{kg}^{-1}$ . Nie można wskazać przyczyn ich wystąpienia. Przekroczenia standardu, jakie stwierdzono w obrębie Szklary w gminie Ząbkowice Śląskie ( $130,6$  i  $208,5 \text{ mg}\cdot\text{kg}^{-1}$ ), należy wiązać z prowadzoną w XIX i XX w. w tym rejonie eksploatacją i przetwórstwem rud niklu.

Wyniki przekraczające standard zawartości Ni w gruntach grupy B stanowiły jedynie 0,3% ogólnej liczby przebadanych. W powiatach jaworskim i zgorzeleckim przekroczenia miały najprawdopodobniej przypadkowy, lokalny charakter, natomiast w powiecie ząbkowickim w obrębie Szklary można oczekiwać, że przekroczenia wystąpią na większym obszarze w zasięgu oddziaływania dawnej kopalni i huty niklu.

Podobnie jak w przypadku poprzednio omawianych metali punkty, w których zanotowano przekroczenia, pominięto w dalszej analizie statystycznej mającej za zadanie opisanie stanu środowiska na obszarach gruntów rolnych.

Po wyeliminowaniu pojedynczych ekstremalnych wyników, będących jednocześnie przekroczeniami standardu, zawartość niklu w glebach uprawnych z obszaru SiPS mieści się w granicach od  $1,2$  do  $91,0 \text{ mg}\cdot\text{kg}^{-1}$ . Średnia koncentracja Ni obliczona w 1162 próbkach z obszaru SiPS, pozostałych po eliminacji ekstremalnych, wynosi  $15,95 \text{ mg}\cdot\text{kg}^{-1}$ , a mediana  $12,9 \text{ mg}\cdot\text{kg}^{-1}$ . Wartość odchylenia standardowego to  $10,49 \text{ mg}\cdot\text{kg}^{-1}$ , a współczynnik zmienności  $65,8\%$  (tab. 31). Współczynnik skośności rozkładu wynosi  $12,6$ . Zatem średnia zawartość niklu uzyskana w toku omawianych badań nie odbiega w sposób znaczący od wyników uzyskanych we wcześniejszych badaniach.

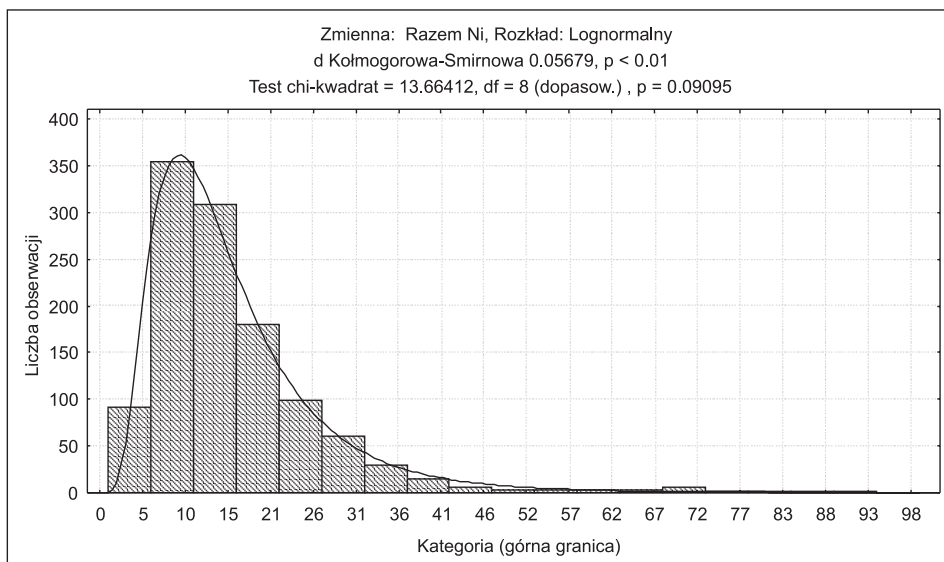
Tabela 31. Statystyczna charakterystyka zawartości niklu w poszczególnych powiatach SiPS

Powiat	Liczba próbek	Średnia	Mediana	Min.	Max.	Perc. 10%	Perc. 90%	Odch. std.	Wsp. Zm.
		[ $\text{mg}\cdot\text{kg}^{-1}$ ]							[%]
bolesławiecki	92	5,94	5,4	1,2	22,8	3,0	9,5	3,17	53,4
lubański	86	11,39	9,3	1,3	67,0	5,4	18,4	8,59	75,4
zgorzelecki	294	13,18	12,2	3,8	29,2	8,4	19,3	4,42	33,5
jeleniogórski	160	13,96	11,5	6,2	68,3	8,9	22,9	8,11	58,1
jaworski	109	17,66	13,5	5,9	91,0	9,1	30,0	13,76	77,9
kamiennogórski	140	17,79	15,4	3,4	70,7	6,4	30,1	11,27	63,3
kłodzki	112	18,85	17,8	4,8	72,0	10,7	24,9	9,03	47,9
wałbrzyski	47	21,04	21,4	6,1	39,2	9,1	32,3	9,64	45,8
dzierżoniowski	30	25,30	19,4	9,2	83,4	11,4	51,3	17,95	71,0
ząbkowicki	92	28,57	27,9	10,4	74,7	17,4	38,9	10,24	35,8
Razem	1162	15,95	12,9	1,2	91,0	6,7	28,2	10,49	65,8

Rozkład zawartości niklu badany łącznie we wszystkich powiatach SiPS miał charakter logarytmiczno-normalny – spełniał warunki testu chi-kwadrat (rys. 20). Analiza rozkładów poszczególnych powiatów również wykazała, że mają one w większości charakter logarytmiczno-normalny. Kryterium testu chi-kwadrat nie było spełnione tylko w przypadku powiatów jeleniogórskiego (spełnione było kryterium testu Kołmogorowa-Smirnowa) i wałbrzyskiego. W tym ostatnim rozkład miał charakter bimodalny.

Na podstawie rysunku 22 oraz danych z tabeli 32, stosując test t-Studenta dla zmiennej transformowanej do postaci  $\ln([\text{Ni}])$ , charakteryzującej się rozkładem normalnym zarówno w poszczególnych powiatach, jak i na całym obszarze można spośród powiatów SiPS, pod kątem średniej zawartości niklu, wydzielić trzy główne grupy oraz trzy powiaty charakteryzujące się odrębnymi wartościami średniej koncentracji Ni. Wewnątrz każdej z grup różnice pomiędzy średnimi koncentracjami Ni są nieistotne, natomiast różnice w stosunku do średnich koncentracji Ni w powiatach z innych grup są istotne na poziomie  $p < 0,05$ .

Pierwsza z tych grup obejmuje charakteryzujące się niskimi średnimi zawartościami Ni powiaty: zgorzelecki i jeleniogórski. Średnie zawartości Ni w glebach tych powiatów wynoszą odpowiednio 13,18 i 13,96  $\text{mg}\cdot\text{kg}^{-1}$  oraz są w istotny sposób niższe od podanej uprzednio wartości średniej we wszystkich próbkach z obszaru SiPS (tab. 31). Rozkład zawartości Ni w glebach powiatów ma charakter logarytmiczno-normalny, a współczynniki zmienności są zróżnicowane i wynoszą odpowiednio 33,5 i 58,1%.



Rys. 20. Rozkład zawartości niklu w próbkach z obszaru SiPS

Jako drugą jednorodną grupę możemy wydzielić powiaty jaworski i kamiennogórski. Średnie zawartości Ni w glebach tych powiatów wynoszą odpowiednio 17,66 i 17,79  $\text{mg}\cdot\text{kg}^{-1}$  i są nieco wyższe od podanej uprzednio wartości średniej we wszystkich próbkach z obszaru SiPS (tab. 31). Rozkład zawartości Ni w glebach powiatów również ma charakter logarytmiczno-normalny, a współczynniki zmienności są zróżnicowane i wynoszą odpowiednio 77,9 i 63,3%.

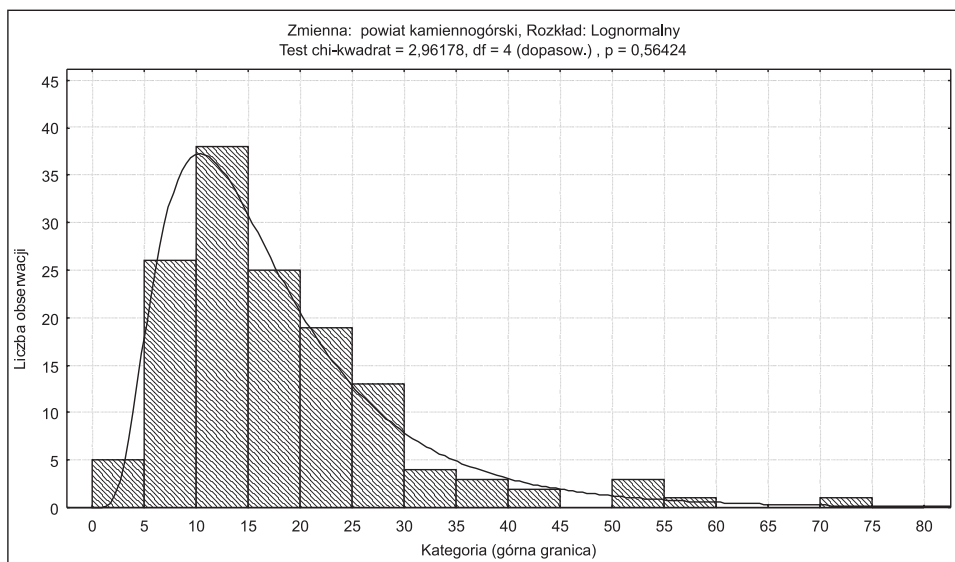
W trzecią grupę, jednorodną pod kątem średnich zawartości Ni, można połączyć powiaty: kłodzki, wałbrzyski i dzierzoniowski. Średnie zawartości Ni w glebach tych powiatów wynoszą odpowiednio 18,85; 21,04 oraz 25,30  $\text{mg}\cdot\text{kg}^{-1}$  i są wyższe od podanej uprzednio wartości średniej we wszystkich próbkach z obszaru SiPS (tab. 31) Rozkład zawartości Ni w glebach powiatów kłodzkiego i dzierzoniowskiego ma charakter logarytmiczno-normalny, natomiast w powiecie wałbrzyskim odbiega od logarytmiczno-normalnego. Współczynniki zmienności są zróżnicowane i wynoszą odpowiednio 47,9 i 45,8 oraz 71,0%.

Osobną pozycję zajmuje powiat ząbkowicki, gdzie średnia zawartość Ni jest najwyższa ze wszystkich powiatów SiPS i wynosi 28,57  $\text{mg}\cdot\text{kg}^{-1}$ . Tam też, w obrębie Szklary, występowały przekroczenia standardu zawartości Ni (Mapa 8). Rozkład w tym powiecie ma charakter logarytmiczno-normalny, a współczynnik zmienności jest stosunkowo niski – 35,8%.

Zwraca uwagę fakt, że najwyższe średnie zawartości niklu występują w dwóch przyległych, położonych na południowym wschodzie regionu powiatach: dzierzoniowskim i ząbkowickim, a jednocześnie nieco tylko mniejsze w kolejnych położonych w sąsiedztwie powiatach: kłodzkim i wałbrzyskim.

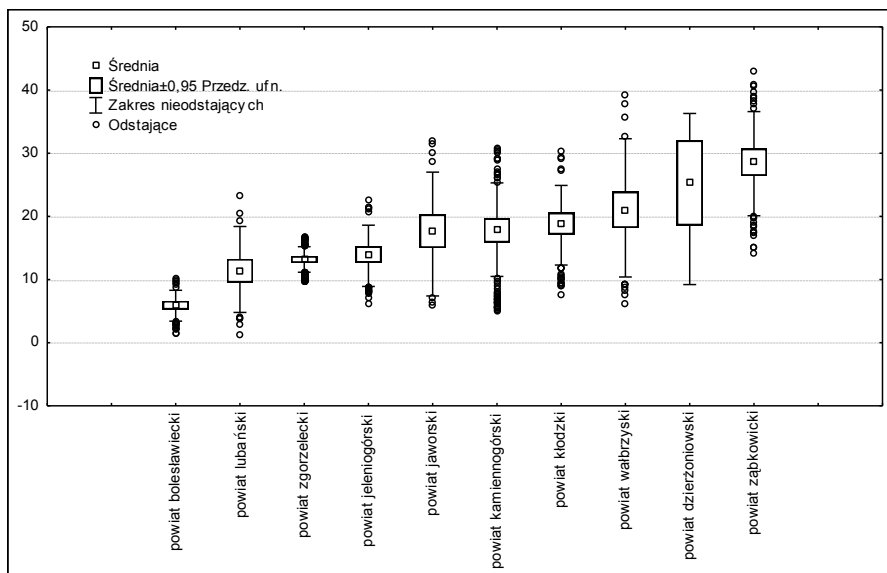
Z drugiej strony skali znajdują się, położone na północnym zachodzie regionu, powiaty bolesławiecki z najniższą średnią zawartością Ni wynoszącą 5,94  $\text{mg}\cdot\text{kg}^{-1}$  oraz lubański ze średnią zawartością Ni – 11,93  $\text{mg}\cdot\text{kg}^{-1}$ .

Można zatem dostrzec, że w odróżnieniu od poprzednio omawianych metali, w przypadku których wyższe koncentracje występowały w powiatach górskich, a niższe na obszarze przedgórze, zróżnicowanie zawartości niklu obserwujemy na kierunku północny-zachód, południowy-wchód z maksimum w powiecie ząbkowickim. Podobny układ wyników stwierdzono w trakcie badań raportowanych przez Stuczyńskiego i in. [2007]. Najwyższe średnie koncentracje niklu odnotowano wtedy w powiatach dzierzoniowskim (21,6  $\text{mg}\cdot\text{kg}^{-1}$ ) i ząbkowickim (23,6  $\text{mg}\cdot\text{kg}^{-1}$ ), w dalszej kolejności w powiatach wałbrzyskim (18,2  $\text{mg}\cdot\text{kg}^{-1}$ ) i jaworskim (18,9  $\text{mg}\cdot\text{kg}^{-1}$ ), natomiast najniższe w powiatach lwóweckim (11,4  $\text{mg}\cdot\text{kg}^{-1}$ ) i jeleniogórskim (11,8  $\text{mg}\cdot\text{kg}^{-1}$ ).



Rys. 21. Rozkład zawartości niklu w próbkach z powiatu kamiennogórskiego





Rys. 22. Zawartości niklu w poszczególnych powiatach SiPS bez punktów ekstremalnych (powyżej 100 mg·kg<sup>-1</sup>)

Tabela 32. Istotność różnic (*p*) pomiędzy średnimi koncentracjami Ni w poszczególnych powiatach SiPS. (pogrubiono różnice nieistotne)

Powiat	bolesławiecki	lubański	zgorzelecki	jeleniogórski	jaworski	kamiennogórski	kłodzki	wałbrzyski	dzierzoniowski	ząbkowicki
bolesławiecki	*	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
lubański		*	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
zgorzelecki			*	<b>0,54</b>	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
jeleniogórski				*	0,00	0,01	0,00	0,00	0,00	0,00
jaworski					*	<b>0,94</b>	0,02	0,02	0,00	0,00
kamiennogórski						*	0,02	0,03	0,00	0,00
kłodzki							*	<b>0,34</b>	0,02	0,00
wałbrzyski								*	<b>0,26</b>	0,00
dzierzoniowski									*	0,01

Istotność różnic badano po transformacji zmiennej do postaci  $\ln([Ni])$ , tak aby spełniony był warunek normalności rozkładu.

## 6.6. Chrom (Cr)

Chrom występuje w przyrodzie naturalnie w skałach, a w glebach głównie w formie soli, których część jest rozpuszczalna w wodzie. Zajmuje dziesiąte miejsce pod względem koncentracji w skorupie ziemskiej [Bartlett, James 1996], a jego średnia zawartość wynosi około  $100 \text{ mg}\cdot\text{kg}^{-1}$  [Alloway, Ayres 1999]. W skałach magmowych kwaśnych i w skałach osadowych zawartość chromu kształtuje się w granicach od 5 do  $120 \text{ mg}\cdot\text{kg}^{-1}$  [Kabata-Pendias, Pendias 1992].

Zawartość chromu w glebie zmienia się w zależności od regionu i stopnia zanieczyszczenia ze źródeł antropogenicznych. Różne badania wykazały koncentracje chromu w granicach od 1 do  $1000 \text{ mg}\cdot\text{kg}^{-1}$  gleby ze średnimi wartościami od 14 do około  $70 \text{ mg}\cdot\text{kg}^{-1}$  [US EPA 1984]. Średnia zawartość chromu w glebach piaszczystych wg Kabata-Pendias i Pendias [1992] wynosi  $47 \text{ mg}\cdot\text{kg}^{-1}$ . W glebach pyłowych i gliniastych w Polsce naturalna zawartość chromu mieści się w granicach  $14,8\text{--}81 \text{ mg}\cdot\text{kg}^{-1}$ .

Chrom jest używany do pokrywania stali powłokami antykorozyjnymi, do wyrobu pigmentów do farb, garbników do skór czy też środków ochrony drewna.

Badania zawartości chromu wykonano jedynie w powiatach lubańskim, zgorzeleckim i w części próbek z powiatu dzierzoniowskiego. W rezultacie przebadano tylko 411 próbek. Przekroczenia standardu zawartości Cr, na obszarze sozologicznym B ( $150 \text{ mg}\cdot\text{kg}^{-1}$ ) nie stwierdzono w żadnej spośród 411 przebadanych próbek.

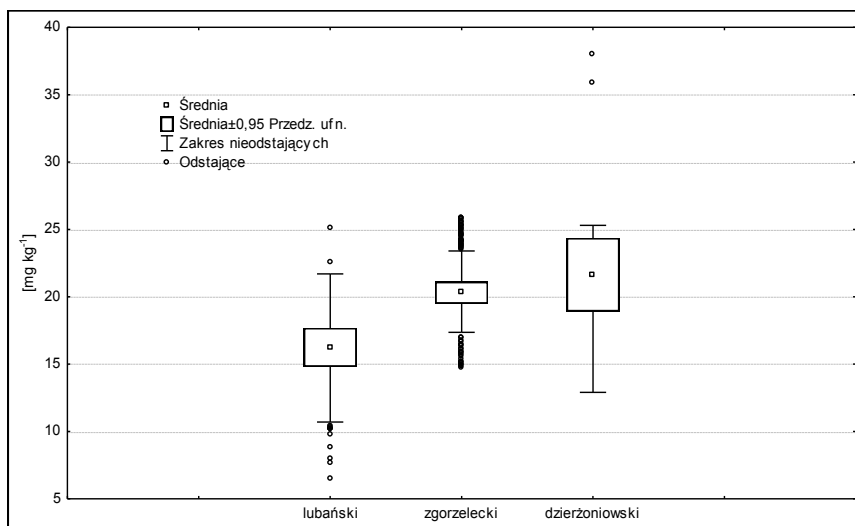
Zawartość chromu w glebach uprawnych z obszaru badanych powiatów mieści się w granicach od 4,4 do  $48,6 \text{ mg}\cdot\text{kg}^{-1}$ . Średnia koncentracja Cr obliczona w 411 próbek wynosi 19,58, a mediana  $18,55 \text{ mg}\cdot\text{kg}^{-1}$  (tab. 33). Wartość odchylenia standardowego to  $7,13 \text{ mg}\cdot\text{kg}^{-1}$ , a współczynnik zmienności 36,5%. Współczynnik skośności rozkładu jest niewielki i wynosi 0,46.

Rozkład zawartości chromu badany łącznie w trzech powiatach istotnie odbiega od rozkładu logarytmiczno-normalnego. Podobnie sytuacja wygląda w przypadku powiatów zgorzeleckiego i dzierzoniowskiego. Jedynie w powiecie lubańskim rozkład wyników nie odbiega od logarytmiczno-normalnego.

Tabela 33. Statystyczna charakterystyka zawartości chromu w poszczególnych powiatach SiPS

Powiat	Liczba próbek	Średnia	Mediana	Min.	Max.	Perc. 10%	Perc. 90%	Odch. std.	Wsp. zm.
		[ $\text{mg}\cdot\text{kg}^{-1}$ ]							[%]
lubański	86	16,25	15,55	4,40	48,6	10,20	21,70	6,68	41,1
zgorzelecki	295	20,30	21,60	4,64	35,2	11,15	28,60	6,96	34,3
dzierzoniowski	30	21,64	19,25	12,90	48,2	16,50	30,60	7,27	33,6
Razem	411	19,55	18,70	4,40	48,60	10,99	28,10	7,13	36,5

Ze względu na odchylenie od rozkładu logarytmiczno normalnego nie dokonano oceny istotności zróżnicowania pomiędzy średnimi koncentracjami w poszczególnych powiatach za pomocą testu t-Studenta. Niemniej jednak widoczna jest niższa średnia koncentracja chromu w powiecie lubańskim i wyższe, wyrównane koncentracje w powiatach zgorzeleckim i dzierzoniowskim.



Rys. 23. Zawartości chromu w niektórych powiatach SiPS bez punktów ekstremalnych

## 6.7. Arsen (As)

Arsen jest pierwiastkiem śladowym szeroko rozpowszechnionym w środowisku. Stanowi składnik wielu minerałów [Adriano 2001]. W szczególności występuje w formie tlenków, siarczków, chlorków a także związków organicznych. Nieorganiczne związki arsenu występują naturalnie w wielu rodzajach skał, szczególnie zawierających miedź, ołów, żelazo, nikiel i inne metale. Uwalnianie arsenu do środowiska nasilane jest przez górnictwo i spalanie paliw kopalnych [Moreno-Himenez i in. 2010].

Zawartość arsenu w skorupie ziemskiej wynosi  $3,4 \text{ mg}\cdot\text{kg}^{-1}$ . Koncentracje arsenu w powierzchniowych poziomach gleb niezanieczyszczonych w różnych rejonach świata mieszczą się w granicach  $0,1\text{--}95 \text{ mg}\cdot\text{kg}^{-1}$  przy wartościach średnich zazwyczaj mniejszych niż  $20 \text{ mg}\cdot\text{kg}^{-1}$  [Kabata-Pendias, Pendias 1999]. Dla gruntów rolnych Wielkiej Brytanii Martin i in. [1992] podają zawartości arsenu w zakresie  $0,5\text{--}143 \text{ mg}\cdot\text{kg}^{-1}$  z wartością średnią  $10,9 \text{ mg}\cdot\text{kg}^{-1}$ . W badaniach prowadzonych na terenie USA [Alloway 1970] wykazano zawartości As w zakresie  $0,1\text{--}40 \text{ mg}\cdot\text{kg}^{-1}$  ze średnią zawartością  $7,5 \text{ mg}\cdot\text{kg}^{-1}$ .

Badania zawartości arsenu wykonano w próbkach z 8 powiatów z obszaru SiPS. Wyłączono z badań powiat kamiennogórski, kłodzki oraz jeleniogórski, a także część próbek z obszaru powiatów bolesławieckiego, dierzoniowskiego, jaworskiego, lwóweckiego i wałbrzyskiego. W rezultacie przebadano 642 próbki. Przekroczenie standardu zawartości As na obszarze sozologicznym B ( $20 \text{ mg}\cdot\text{kg}^{-1}$ ) stwierdzono w 61 próbkach spośród 642 przebadanych. Były to próbki pobrane w punktach zlokalizowanych na terenie powiatu zgorzeleckiego – 32, jaworskiego – 3, lubańskiego – 6, wałbrzyskiego – 2 oraz ząbkowickiego – 18 (mapa 13). W powiecie zgorzeleckim przekroczenie wystąpiło w próbce z obrębu Trójca z gminy Zgorzelec (1), w próbkach z obrębu Działoszyn (14) oraz Lutogniewice (17) w gminie Bogatynia. Należy nadmienić, że były to przekroczenia nieznaczne – najwyższa stwierdzona koncentracja As wynosiła w tym rejonie  $28,17 \text{ mg}\cdot\text{kg}^{-1}$ . Brak jest jednoznacznych wskazań, niemniej jednak

zdaniem autorów wystąpienie przekroczeń w tym rejonie można wiązać z działalnością elektrowni opalanych węglem brunatnym zlokalizowanych w rejonie Bogatyni (mapa 10).

W powiecie jaworskim przekroczenia stwierdzono w gminie Bolków w obrębach Kaczorów ( $52,44 \text{ mg}\cdot\text{kg}^{-1}$ ) oraz Wierzchosławic ( $24,69 \text{ mg}\cdot\text{kg}^{-1}$ ), a ponadto w gminie Męcinka w obrębie Kondratów ( $25,15 \text{ mg}\cdot\text{kg}^{-1}$ ). W powiecie lubańskim przekroczenia wystąpiły w gminach Leśna w obrębie Pobiednia (3) oraz Świeradów Zdrój w obrębie miasta Czerniawa (3) (mapa 11). Podobnie jak w powiecie zgorzeleckim nie były to przekroczenia wysokie, a najwyższa stwierdzona koncentracja wynosiła  $35,29 \text{ mg}\cdot\text{kg}^{-1}$ . Również w przypadku obu wymienionych powiatów źródłem zanieczyszczeń może być spalanie węgla brunatnego w elektrociepłowniach i elektrowniach w rejonie „Worka Żytawskiego”. W powiecie wałbrzyskim stwierdzono 2 przekroczenia zlokalizowane w gminie miasto Wałbrzych w obrębie ( $21,1 \text{ mg}\cdot\text{kg}^{-1}$ ) i w gminie Boguszów Gorce w obrębie Kuźnice Świdnickie ( $40,7 \text{ mg}\cdot\text{kg}^{-1}$ ). W tym rejonie należy występować przekroczeń wiązać z prowadzoną w przeszłości działalnością górniczą. W powiecie ząbkowickim przekroczenia standardu zawartości As wystąpiły w gminach Złoty Stok (11 – wszystkie badane punkty), miasto Złoty Stok (3 – wszystkie badane punkty) oraz w gminie Kamieniec Ząbkowicki (4). Przekroczenia te miały odmienny charakter od stwierdzonych, poprzednio bowiem dotyczyły zwartego obszaru z trzech wspomnianych gmin, a koncentracje As były wielokrotnie wyższe od standardu, osiągając wartości do  $569,45 \text{ mg}\cdot\text{kg}^{-1}$ . Obszar występowania przekroczeń związany jest z prowadzonym od XV do XX w. w rejonie Złotego Stoku wydobywaniem i przetwórstwem rud arsenowych [Krysiak, Karczewska 2007; Karczewska, Duszyńska 2007; Madziarz 2004] (mapa 9).

Wyniki przekraczające standard zawartości As w gruntach grupy B stanowiły 9,5% ogólnej liczby przebadanych. Jest to zatem znacznie większy odsetek niż w przypadku poprzednio omawianych metali. Mamy tu jednak do czynienia z dwoma rejonami, które zdeterminowały tak wysoki udział gleb zanieczyszczonych arsenem. Jest to z jednej strony rejon na wschód od „Worka Żytawskiego”, gdzie w niektórych gminach powiatów zgorzeleckiego, lubańskiego i jaworskiego stwierdzono umiarkowane przekroczenia standardu w 41 punktach badawczych i z drugiej strony powiat ząbkowicki, gdzie w rejonie Złotego Stoku odnotowano wysokie przekroczenia standardu w 18 punktach badawczych. W pozostałych badanych powiatach wystąpiły jedynie dwa przekroczenia w powiecie wałbrzyskim, a w bolesławieckim, dzierżoniowskim i lwóweckim nie zanotowano żadnych przekroczeń standardu zawartości As.

Po wyeliminowaniu wyników, będących przekroczeniami standardu, zawartość arsenu w glebach uprawnych badanych powiatów z obszaru SiPS mieści się w granicach od 0,01 do  $19,77 \text{ mg}\cdot\text{kg}^{-1}$ . Średnia koncentracja As obliczona w 581 próbkach obszaru SiPS, pozostałych po eliminacji przekraczających standard, wynosi  $9,02 \text{ mg}\cdot\text{kg}^{-1}$ , a mediana  $8,00 \text{ mg}\cdot\text{kg}^{-1}$ . Wartość odchylenia standardowego wynosi  $4,10 \text{ mg}\cdot\text{kg}^{-1}$ , a współczynnik zmienności 45,5% (tab.34). Współczynnik skośności rozkładu wynosi 0,75.

Zatem średnia koncentracja As na obszarze SiPS była wyższa od uznawanego za naturalny poziom  $5,0 \text{ mg}\cdot\text{kg}^{-1}$  [Kabata Pendias, Pendias 1999].

Stwierdzone koncentracje arsenu były natomiast niższe od koncentracji określanych w glebach pozostających w warunkach antropopresji przemysłowej ( $13,9 \text{ mg}\cdot\text{kg}^{-1}$  – gleby w otoczeniu elektrociepłowni) [Ptak 2007].

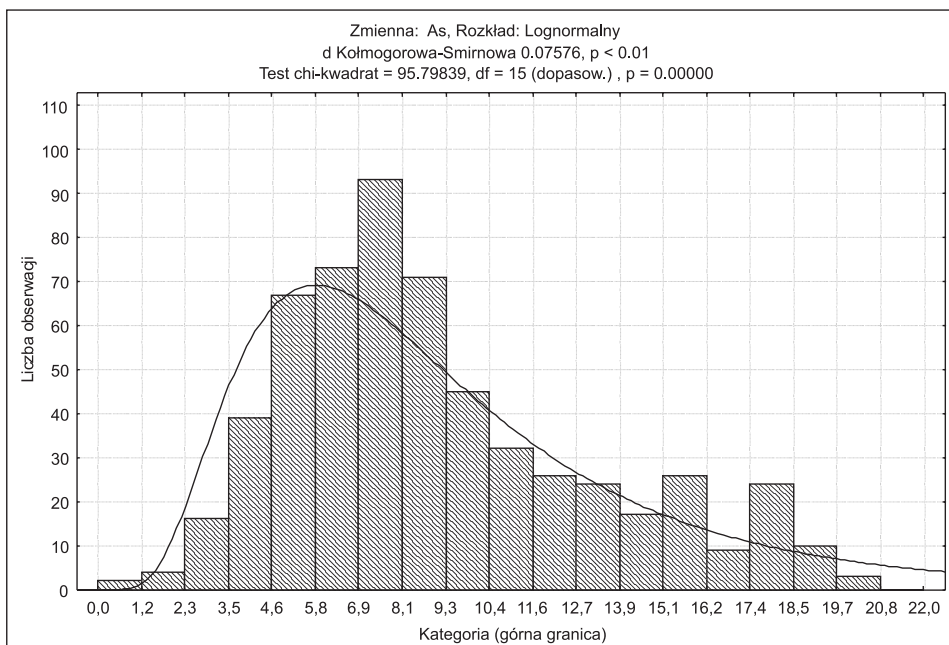
Rozkład zawartości arsenu łącznie we wszystkich badanych powiatach SiPS odbiegał od logarytmiczno-normalnego wg testu chi-kwadrat, natomiast zgodnie z testem Kołmogorowa-Smirnowa nie odbiegał od logarytmiczno-normalnego (rys. 24). Analiza rozkładów dla poszczególnych powiatów również wykazała, że mają one w większości charakter logaryt-

miczno-normalny. Wprawdzie kryterium testu chi-kwadrat nie było spełnione w przypadku powiatów: bolesławieckiego, dzierzoniowskiego, lwóweckiego, jaworskiego i zgorzeleckiego niemniej i one spełniały kryterium testu Kołmogorowa-Smirnowa.

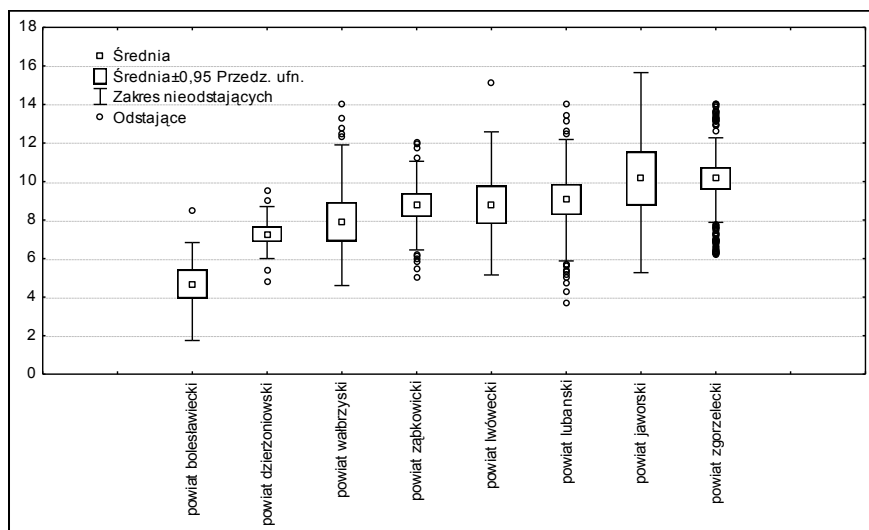
Próba podziału badanych powiatów na grupy jednorodne pod względem średniej zawartości arsenu napotyka na pewne trudności, niemniej jednak w pewnym uproszczeniu można jej dokonać.

Tabela 34. Statystyczna charakterystyka zawartości arsenu w poszczególnych powiatach SiPS bez punktów w których wystąpiły przekroczenia standardów

Powiat	Liczba próbek	Średnia	Mediana	Min.	Max.	Perc. 10%	Perc. 90%	Odch. std.	Wsp. zm.
		[mg·kg <sup>-1</sup> ]							[%]
bolesławiecki	45	4,68	4,17	1,75	17,67	2,83	5,67	2,47	52,8
dierzoniowski	30	7,23	7,14	4,83	9,49	6,02	8,66	1,06	14,5
wałbrzyski	45	7,91	7,28	4,60	17,40	4,60	12,80	3,33	42,1
ząbkowicki	76	8,78	8,30	2,95	17,650	6,20	11,70	2,65	30,2
lwówecki	25	8,79	8,24	5,15	15,10	6,38	12,04	2,39	27,2
lubański	80	9,06	7,89	3,67	19,13	5,66	14,52	3,58	39,5
jaworski	17	10,15	9,99	5,27	15,65	5,61	13,22	2,70	26,6
zgorzelecki	263	10,16	9,20	0,01	19,77	4,78	17,40	4,71	46,3
Razem	581	9,02	8,00	0,01	19,77	4,60	15,60	4,10	45,5



Rys. 24. Rozkład zawartości arsenu w próbkach z obszaru SiPS



Rys. 25. Zawartości arsenu w niektórych powiatach SiPS bez punktów ekstremalnych (poniżej 20 mg·kg<sup>-1</sup>)

Jako odrębny należałoby wydzielić powiat bolesławiecki, gdzie średnia zawartość As wynosi 4,68 mg·kg<sup>-1</sup> i jest wyraźnie niższa niż w pozostałych powiatach. Rozkład zawartości As w glebach powiatu ma charakter zbliżony do logarytmiczno-normalnego, a współczynnik zmienności to 52,8%.

W drugą grupę można połączyć powiaty dzierzoniowski i wałbrzyski ze średnimi koncentracjami As wynoszącymi odpowiednio 7,23 i 7,91 mg·kg<sup>-1</sup>. Rozkłady zawartości As w glebach tych powiatów mają charakter logarytmiczno-normalny, a współczynniki zmienności są zróżnicowane i liczą odpowiednio 14,5 i 42,1%.

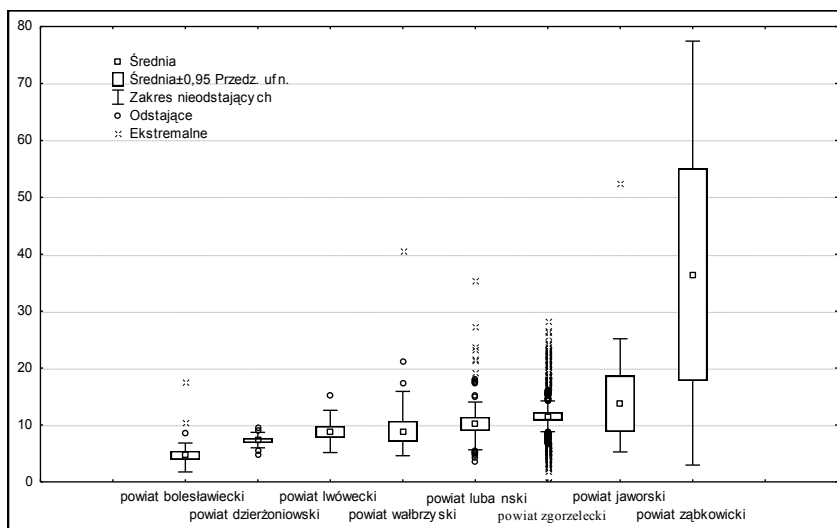
Do trzeciej grupy należałoby zaklasyfikować pozostałe powiaty: ząbkowicki, lwówecki, lubański, jaworski i zgorzelecki. Średnie zawartości As w tej grupie powiatów są mało zróżnicowane i kształtują się w granicach od 8,78 do 10,16 mg·kg<sup>-1</sup>. Rozkład zawartości As w glebach powiatów tej grupy ma charakter zbliżony do logarytmiczno-normalnego a współczynniki zmienności są zbliżone i wynoszą od 26,6 do 46,3%.

Można zaobserwować, że w grupie tej znalazły się powiaty z obszaru przylegającego do „Worka Żytawskiego”, jak też powiat ząbkowicki położony na południowo-wschodnim krańcu SiPS.

Istotność różnic badano po transformacji zmiennej do postaci  $\ln([As])$ , tak aby spełniony był warunek normalności rozkładu.

W przypadku arsenu ze względu na obszarowy charakter zanieczyszczenia tym pierwiastkiem i zbliżony do 10% udział próbek, w których stwierdzono przekroczenie standardu, stosownym jest przedstawienie wyników bez eliminacji przekroczeń standardów.

W takim ujęciu zawartości arsenu w poszczególnych powiatach SiPS przedstawia tabela 36 oraz rysunek 26.



Rys. 26. Zawartości arsenu w niektórych powiatach SiPS wraz z punktami, w których zanotowano przekroczenia standardu

Tabela 35. Istotność różnic ( $p$ ) pomiędzy średnimi koncentracjami As w poszczególnych powiatach SiPS (pogrubiono różnice nieistotne)

Powiat	bolesławiecki	dzierżoniowski	wałbrzyski	ząbkowicki	lwówecki	lubański	jaworski	zgorzelecki
bolesławiecki	*	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
dzierżoniowski		*	<b>0,81</b>	0,01	0,00	0,01	0,00	<b>0,13</b>
wałbrzyski			*	0,03	<b>0,09</b>	0,04	0,01	<b>0,10</b>
ząbkowicki				*	<b>0,88</b>	<b>0,91</b>	<b>0,06</b>	<b>0,64</b>
lwówecki					*	<b>0,96</b>	<b>0,11</b>	<b>0,84</b>
lubański						*	<b>0,13</b>	<b>0,69</b>
jaworski							*	<b>0,52</b>

Jak widać, kolejność powiatów pod względem średniej zawartości As w glebach uległa pewnym zmianom. Ze względu na włączenie do obliczeń eliminowanych poprzednio punktów z obszaru gmin Złoty Stok i Kamieniec Ząbkowicki wyraźnie wzrosła średnia arytmetyczna zawartość As w glebach powiatu ząbkowickiego, a także współczynnik zmienności. Jednocześnie spośród powiatów o najwyższych średnich zawartościach As pozostały zgorzelecki ( $11,52 \text{ mg}\cdot\text{kg}^{-1}$ ) i jaworski ( $13,75 \text{ mg}\cdot\text{kg}^{-1}$ ). Z drugiej strony, powiatami o najniższych średnich koncentracjach As pozostały bolesławiecki i dzierzoniowski.

Tabela 36. Statystyczna charakterystyka zawartości arsenu w poszczególnych powiatach SiPS wraz z punktami, w których wystąpiły przekroczenia standardów

Powiat	Liczba próbek	Średnia	Mediana	Min.	Max.	Perc. 10%	Perc. 90%	Odch. std.	Wsp. zm.
									[mg·kg <sup>-1</sup> ]
bolesławiecki	45	4,68	4,17	1,75	17,67	2,83	5,67	2,47	52,79
dzierżoniowski	30	7,27	7,14	4,83	9,49	6,02	8,67	1,06	14,55
lwówecki	25	8,79	8,24	5,15	15,10	6,38	12,04	2,39	27,20
wałbrzyski	47	8,89	7,57	4,60	40,70	4,60	14,00	6,06	68,21
lubański	86	10,20	8,29	3,67	35,29	5,68	17,69	5,57	54,63
zgorzelecki	295	11,52	9,99	0,01	28,17	4,91	20,52	5,96	51,69
jaworski	20	13,75	10,80	5,27	52,44	6,59	24,92	10,47	76,17
ząbkowicki	94	36,42	8,95	2,95	569,45	6,55	71,90	90,92	249,61
Razem	642	14,08	8,47	0,01	569,45	4,72	19,30	36,28	257,57

Zatem wpływ emisji pochodzących z energetyki opartej na węglu brunatnym na zawartość As w glebach widoczny jest w zachodniej części SiPS zarówno przy rozpatrywaniu wszystkich próbek, jak też po eliminacji punktów, w których zanotowano przekroczenia standardu. Świadczy to o oddziaływaniu na znacznej części powiatów zgorzeleckiego i jaworskiego.

## 6.8. Rtęć (Hg)

Rtęć jest pierwiastkiem bardzo szkodliwym, jednak jej toksyczność zależy od formy występowania w środowisku. Głównymi naturalnymi źródłami rtęci w środowisku są wybuchy wulkaniczne, wylizy podwodne, odparowanie z powierzchni lądów i oceanów oraz wietrzenie skał i minerałów [Gworek, Rateńska 2009].

Jednym z podstawowych antropogenicznych źródeł zanieczyszczenia gleb rtęcią jest spalanie węgla, a w szczególności ciepłownictwo komunalne i indywidualne [Kiepas-Kokot i in. 2003]. Podwyższone koncentracje tego metalu obserwowane są również w rejonach hutnictwa metali kolorowych, lokalizacji zakładów przemysłu papierniczego, farmaceutycznego, niektórych urządzeń pomiarowych i zbrojeniowych [Kabata-Pendias 1992]. Rtęć stosowana jest do produkcji farb ochronnych oraz jako katalizator przy produkcji niektórych tworzyw sztucznych [Alloway, Ayres 1999]. W niewielkich dawkach rtęć występuje także w niektórych nawozach mineralnych [Steines 1995]. Obecnie w skali świata zasilanie gleb rtęcią poprzez opad z atmosfery przekracza znacznie ilość rtęci wymywanej z gleby, a jednocześnie rtęć wymywana stanowi jedynie niewielki ułamek jej zasobów zgromadzonych w glebie.

Zawartość rtęci w skorupie ziemskiej jest niska, określana na poziomie 0,02–0,04 mg·kg<sup>-1</sup>, jednak lokalnie w osadach ilastych i węglach mogą pojawiać się wyższe koncentracje [Kabata-Pendias, Mukherjee 2007].

Naturalna zawartość rtęci w glebach mieści się w granicach 0,05–0,30 mg·kg<sup>-1</sup>. [Kabata-Pendias, Pendias 1999], a według innych dostępnych danych od 0,02 do 0,41 mg·kg<sup>-1</sup>. Zakres zawartości rtęci w poziomach powierzchniowych gleb użytkowanych rolniczo z obszaru Pomorza i Kujaw wahał się od 0,003 do 0,089 mg·kg<sup>-1</sup> [Dąbkowska-Naskręt i in. 2008]. Całkowita zawartość rtęci w badanych poziomach powierzchniowych gleb leśnych Karkonoszy wahała się według Szopki i in. [2011] w granicach 0,039–0,64 mg·kg<sup>-1</sup>.



Badania zawartości rtęci wykonano na próbkach z 9 powiatów z obszaru SiPS. Wyłącznie z badań powiat kamiennogórski i kłodzki, a także część próbek z obszaru powiatów bolesławieckiego, dzierzoniowskiego, jaworskiego, zgorzeleckiego, lwóweckiego, jeleniogórskiego i wałbrzyskiego. W rezultacie przebadano 550 próbek. Przekroczenia standardu zawartości Hg zanotowano w dwóch punktach w powiecie jeleniogórskim. Jeden z nich z zawartością Hg – 2,59 mg·kg<sup>-1</sup> zlokalizowany był w wielokrotnie wzmiankowanym obrębie Miedzianka, w gminie Janowice Wielkie i należy go oczywiście wiązać z górnictwem rud metali kolorowych, prowadzonym w przeszłości w tym rejonie. Natomiast drugi z zawartością Hg – 2,18 mg·kg<sup>-1</sup> zlokalizowany był w gminie Mysłakowice i miał najprawdopodobniej przypadkowy charakter, a w każdym razie autorzy nie są w stanie wskazać ewentualnego źródła zanieczyszczenia. Wyniki przekraczające standard zawartości Hg dla gruntów grupy B stanowiły zatem tylko 0,4% ogólnej liczby przebadanych próbek.

Po wyeliminowaniu wyników, będących przekroczeniami standardu, zawartość rtęci w glebach uprawnych badanych powiatów z obszaru SiPS mieści się w granicach od 0,01 do 1,06 mg·kg<sup>-1</sup>. Średnia koncentracja Hg obliczona w odniesieniu do 548 próbek z obszaru SiPS, pozostałych po eliminacji przekraczających standard, wynosi 0,095 mg·kg<sup>-1</sup>, a mediana 0,076 mg·kg<sup>-1</sup>. Wartość odchylenia standardowego to 0,090 mg·kg<sup>-1</sup>, a współczynnik zmienności 94,3%. Współczynnik skośności rozkładu wynosi 5,70 (tab. 37).

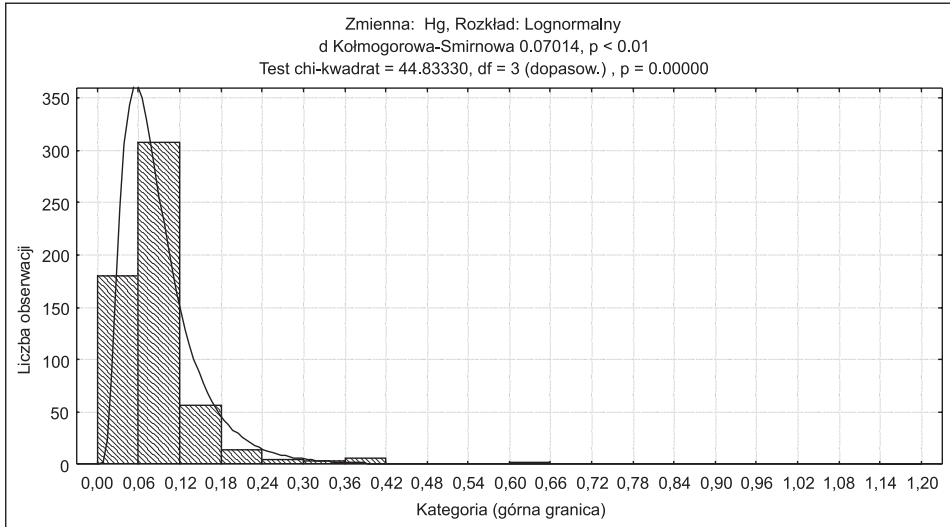
Rozkład zawartości rtęci badany łącznie we wszystkich powiatach SiPS odbiegał od logarytmiczno-normalnego według testu chi-kwadrat, natomiast zgodnie z testem Kołmogorowa-Smirnowa nie odbiegał od logarytmiczno-normalnego (rys. 27). Analiza rozkładów w poszczególnych powiatach również wykazała, że mają one w większości charakter logarytmiczno-normalny. Wprawdzie kryterium testu chi-kwadrat było spełnione tylko w przypadku powiatów lwóweckiego, lubańskiego, jeleniogórskiego i wałbrzyskiego, niemniej – wyniki z wszystkich powiatów spełniały kryterium testu Kołmogorowa-Smirnowa (rys. 28).

Dokonując podziału powiatów SiPS pod kątem średnich zawartości Hg, można wydzielić trzy różniące się, w statystycznie istotny sposób, grupy (tab. 38, rys. 29).

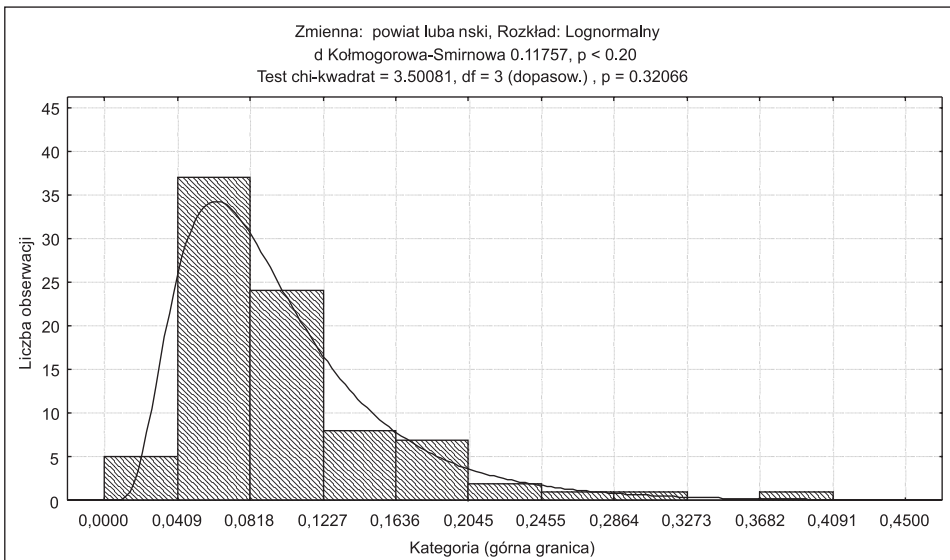
Do pierwszej grupy zaliczyć należy powiaty: dzierzoniowski, ząbkowicki i bolesławiecki ze średnimi zawartościami Hg, niższymi od średniej całego obszaru SiPS, wynoszącymi odpowiednio: 0,058; 0,064; 0,078 mg·kg<sup>-1</sup>. Rozkłady zawartości Hg mają w tej grupie powiatów formę zbliżoną do logarytmiczno-normalnego, a współczynniki zmienności są tu mocno zróżnicowane – od 28,2 do 140,1%.

Druga, jednorodna pod kątem średniej grupa, to powiaty: lwówecki, zgorzelecki i jaworski. Średnie zawartości Hg wynoszą tu odpowiednio 0,084; 0,097 i 0,097 mg·kg<sup>-1</sup>, a zatem pozostają na poziomie średniej odnoszącej się do całego obszaru. Rozkłady zawartości Hg mają w tej grupie powiatów kształt logarytmiczno-normalny (lwówecki) lub zbliżony do logarytmiczno-normalnego. Współczynniki zmienności są tu zróżnicowane od 39,0 do 85,1%.

Trzecią grupę stanowią powiaty: lubański, jeleniogórski i wałbrzyski. Średnie zawartości Hg w tej grupie wynoszą odpowiednio 0,100; 0,106 i 0,173 mg·kg<sup>-1</sup>. Rozkłady wartości mają kształt logarytmiczno-normalny we wszystkich trzech powiatach. Współczynniki zmienności mieszczą się w granicach od 42,1 do 115,4%. Największym zróżnicowaniem zawartości Hg charakteryzuje się powiat wałbrzyski (rys. 29).



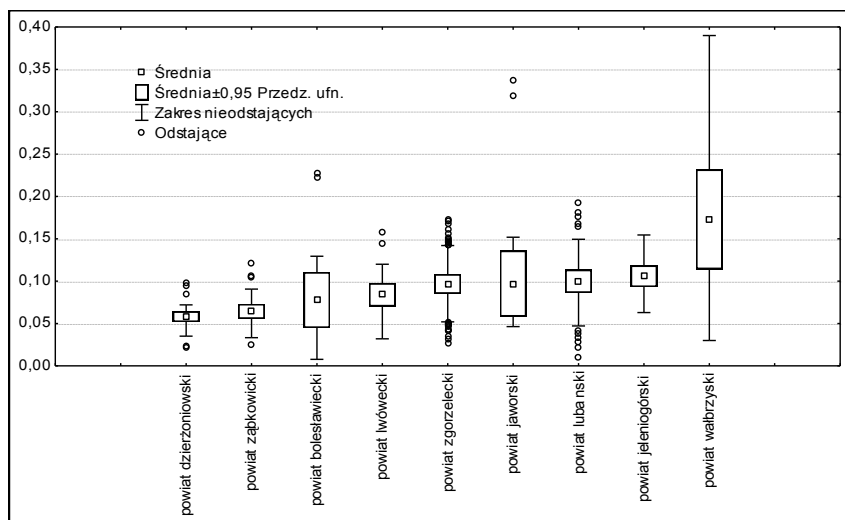
Rys. 27. Rozkład zawartości rtęci w próbkach z obszaru SiPS



Rys. 28. Rozkład zawartości rtęci w próbkach z powiatu lubańskiego

Tabela 37. Statystyczna charakterystyka zawartości rtęci w poszczególnych powiatach SiPS bez punktów, w których wystąpiły przekroczenia standardów

Powiat	Liczba próbek	Średnia	Mediana	Min.	Max.	Perc. 10%	Perc. 90%	Odch. std.	Wsp. zm.
		[mg·kg <sup>-1</sup> ]							[%]
dzierżoniowski	30	0,058	0,057	0,022	0,098	0,040	0,078	0,016	28,2
ząbkowicki	94	0,064	0,054	0,025	0,298	0,040	0,090	0,042	65,4
bolesławiecki	45	0,078	0,046	0,008	0,646	0,019	0,129	0,109	140,1
lwówecki	25	0,084	0,082	0,032	0,158	0,044	0,120	0,033	39,0
zgorzelecki	180	0,097	0,087	0,012	0,847	0,054	0,140	0,077	79,8
jaworski	20	0,097	0,067	0,046	0,337	0,048	0,236	0,083	85,1
lubański	86	0,100	0,083	0,011	0,401	0,052	0,180	0,063	62,9
jeleniogórski	51	0,106	0,094	0,063	0,303	0,071	0,138	0,045	42,1
wałbrzyski	47	0,173	0,110	0,030	1,060	0,060	0,420	0,200	115,4
Razem	548	0,095	0,076	0,008	1,060	0,043	0,145	0,090	94,3



Rys. 29. Zawartości rtęci w niektórych powiatach SiPS wraz z punktami w których zanotowano przekroczenia standardu

Jak zatem widać, w przypadku rtęci, podobnie jak cynku, miedzi i ołowiu, koncentracja tego pierwiastka w powiatach górskich jest istotnie wyższa niż w powiatach obejmujących rejon przedgórze. Brak danych do powiatu kamiennogórskiego utrudnia w pewnym stopniu wnioskowanie, niemniej jednak zdecydowanie najwyższa średnia w powiecie wałbrzyskim i dodatkowo występowanie przekroczeń w powiecie jeleniogórskim stanowią dodatkowe argumenty za słusznością powyższego spostrzeżenia.

Tabela 38. Istotność różnic ( $p$ ) pomiędzy średnimi koncentracjami Hg w poszczególnych powiatach SiPS. (pogrubiono różnice nieistotne)

Powiat	dzierzoniowski	ząbkowicki	bolesławiecki	Iwówcecki	zgorzelecki	jaworski	lubański	jeleniogórski	wałbrzyski
dzierzoniowski	*	<b>0,63</b>	<b>0,52</b>			0,01			
ząbkowicki		*	<b>0,18</b>						
bolesławiecki			*	0,02		0,03			
Iwówcecki				*	<b>0,34</b>	<b>0,85</b>	<b>0,42</b>	0,01	0,01
zgorzelecki					*	<b>0,55</b>	<b>0,94</b>	0,03	0,00
jaworski						*	<b>0,61</b>	0,04	0,04
lubański							*	0,08	0,00
jeleniogórski								*	0,12

Istotność różnic badano po transformacji zmiennej do postaci  $\ln([Hg])$ , tak aby spełniony był warunek normalności rozkładu.

Wyniki uzyskane w powiatach górskich są wyższe od raportowanych jako zawartości naturalnie użytkowanych rolniczo gleb z obszaru Pomorza i Kujaw [Dąbkowska-Naskręt i in. 2008], niemniej jednak mieszczą się w wartościach uznawanych za naturalne [Kabata-Pendias, Pendias 1999].

## 6.9. Sumaryczna ocena zawartości metali ciężkich w glebach SiPS

Analiza danych zestawionych w tabeli 39 pozwala na wskazanie kilku obrębów na obszarze SiPS, w których występują zanieczyszczenia polimetaliczne. Przede wszystkim należy wskazać na obręb Miedzianka w gminie Janowice Wielkie, gdzie występują zanieczyszczenia cynkiem, miedzią, ołowiem, kadmem i rtęcią. Następnie należałoby wskazać obręb Lipa w powiecie jaworskim, w gminie Bolków. Kolejny zanieczyszczony obręb to Warta Bolesławiecka – rejon lokalizacji składowisk odpadów z flotacji rud miedzi, gdzie występują zanieczyszczenia miedzią i ołowiem.

Pozostałe zanieczyszczenia związane są z wysoką zawartością pojedynczego pierwiastka. Taki charakter mają zanieczyszczenia arsenem w Złotym Stoku oraz w obrębach Działoszyn i Lutogniewie w powiecie zgorzeleckim, a także w obrębach Pobiednia i Czerniawa w powiecie lubańskim. Do tej grupy należy również zaliczyć zanieczyszczenie niklem w obrębie Szklary, w powiecie ząbkowickim oraz zanieczyszczenie ołowiem w obrębach m. Lubawka i Okrzeszyn w powiecie kamiennogórskim, a także przyległych Kuźnic Świdnickich i m. Boguszów Gorce w powiecie wałbrzyskim.

Pozostałe przekroczenia standardów mają odosobniony charakter, dotyczą zatem niewielkich obszarów i pojedynczych pierwiastków.

Tabela 39. Lokalizacja oraz zawartość metali ciężkich w punktach przekroczenia standardów jakości gleb

Powiat	Obręb	Zawartość poszczególnych pierwiastków w miejscach przekroczenia standardów [mg·kg <sup>-1</sup> ]							
		cynk	miedź	ołów	kadm	nikiel	chrom	arsen	rteć
bolesławiecki	Warta Bolesławiecka		623,5 168,9 670,7 266,1	123 158,4					
	m. Bolesławiec			124					
zgorzelecki	Trójca					106,2		24,16	
	Działoszyn							14 punktów	
	Lutogniewice							17 punktów	
lubański	m. Świeradów			124,2					
	Pobiednia							23,63 21,49 23,27	
	Czerniawa							27,28 21,42 35,49	
lwówecki	Pluczki Górne			110,9					
	Sobota	403,9							
	Gryfów Śląski			101,9					
jeleniogórski	Miedzianka	966 356	1016 210 372	165,6 109 140	5,25				2,59
	Przesieka			126,5					
	Mysłakowice								2,18
jaworski	Lipa	716	660	193,3	10,19				
	Kondratów					104,1		25,15	
	Kaczorów							52,44	
kamiennogórski	m. Marciszów	828		120					
	m. Kamienna Góra	356							
	m. Lubawka			148					
	Okreszyn			104					
wałbrzyski	Kuźnice Świdnickie			339 535				40,7	
	m. Boguszów Gorce			155				21,1	
dzierżoniowski									
ząbkowicki	m. Ząbkowice			148,2					
	Przedborowa				5,55				
	Szklary					130,6 208,5			
	gm. Złoty Stok							11 punktów	
	m. Złoty Stok							3 punkty	
	Sławęcין, Sosnowa, Kamieniec Ząbkowicki							4 punkty	
kłodzki									
Razem liczba przekroczeń dla całego obszaru SiPS		6	8	18	3	4	0	61	2

Tabela 40. Wybrane parametry statystyczne dotyczące zawartości poszczególnych metali ciężkich na badanym obszarze SiPS (według powiatów); bez uwzględnienia wartości przekraczających standardy

Parametr	Pierwiastek							
	cynk	miedź	ołów	kadm	nikiel	chrom	arsen	rtęć
liczba badanych powiatów	11	11	11	11	10	3	8	9
liczba próbek	1363	1361	1351	1366	1162	411	642	548
minimalna wartość średnia w powiecie	36,5 bolesł.	10,3 bolesł.	13,5 dzierz.	0,12 jawor.	5,94 bolesł.	16,25 lubań.	4,68 bolesł.	0,058 dzierz.
maksymalna wartość średnia w powiecie	88,6 kam.	18,5 kam.	44,0 kam.	1,06 wałb.	28,57 ząbk.	21,64 dzierz.	10,16 ząbk.	0,173 wałb.
$\frac{\min}{\max}$	2,43	1,80	3,26	6,63	4,81	1,33	2,17	2,98
średnia we wszystkich powiatach	63,3	14,5	30,45	0,555	15,95	19,55	9,02	0,095
mediana we wszystkich powiatach	55,5	12,4	27,0	0,38	12,9	18,70	8,00	0,076
$\frac{\max}{\text{średnia}}$	1,40	1,28	1,44	1,91	1,79	1,11	1,13	1,82
współczynnik zmienności	47,8%	70,0%	49,9%	84,2%	65,8%	36,5%	45,5%	94,3%

Zastosowane skróty: bolesł. – powiat bolesławiecki, dzierz. – powiat dzierzoniowski, jawor. – powiat jaworski, zgorz. – powiat zgorzelecki, żąbk. – powiat żąbkowicki, lubań. – powiat lubański, lwów. – powiat lwówecki, kłodz. – powiat kłodzki, jel. – powiat jeleniogórski, wałb. – powiat wałbrzyski, kam. – powiat kamiennogórski.

Po wyeliminowaniu z analizy punktów, w których stwierdzono przekroczenia standardów, można dokonać oceny naturalnego tła oraz wpływu zanieczyszczeń rozproszonych na obszarze SiPS.

Tabela 40 pozwala dostrzec pewne charakterystyczne zależności dotyczące zawartości metali ciężkich (z pominięciem punktów w których przekroczone są standardy) na obszarze SiPS.

Powiat bolesławiecki charakteryzuje się najniższą średnią zawartością aż czterech spośród siedmiu badanych metali. Zawartość chromu nie była w nim badana, zawartość ołowiu jest niższa tylko w powiecie dzierzoniowskim, a zawartość rtęci jest niższa tylko w powiatach dzierzoniowskim i żąbkowickim. Niskie koncentracje metali w próbkach z tego powiatu można wiązać z lekkim składem granulometrycznym gleb (duży udział utworów piaszczystych) oraz brakiem źródeł zanieczyszczeń oddziałujących w niewielkim stopniu, ale na dużym obszarze. Oddziaływania składowisk odpadów z flotacji rud miedzi w obrębie Warty Bolesławieckiej wyeliminowano wcześniej z analizy. Z drugiej strony skali znajduje się powiat kamiennogórski charakteryzujący się najwyższymi koncentracjami cynku, miedzi i ołowiu. Pod względem zawartości kadmu powiat ten plasuje się na drugim miejscu (po powiecie wałbrzyskim), pod względem zawartości niklu na miejscu 5, natomiast chrom, arsen i rtęć nie były w tym powiecie oznaczane. Podobnie, podwyższone średnie zawartości Zn, Cu i Pb

obserwujemy w powiatach jeleniogórskim i wałbrzyskim. Przyczyną jest tutaj inny niż na przedgórzu charakter skały macierzystej, ale także w pewnym stopniu oddziaływanie rozproszonych zanieczyszczeń z dawnego przemysłu wydobywania i przetwórstwa metali oraz węgla.

Charakterystyczna jest sytuacja dotycząca koncentracji arsenu w glebach ośmiu przebadanych powiatów SiPS. Nawet po wyeliminowaniu przekroczeń standardów widoczna jest najwyższa średnia zawartość arsenu w powiecie ząbkowickim. Z drugiej strony, w zachodniej części badanego obszaru najwyższe średnie koncentracje As notowane są w powiatach zgorzeleckim i jaworskim. W obu rejonach, zdaniem autorów, obserwowane są zatem skutki rozproszonego zanieczyszczenia gleb. Na zachodzie związanego ze spalaniem paliw kopalnych w elektrowniach, natomiast w powiecie ząbkowickim – z górnictwem i przetwórstwem rud arsenu.

W powiecie ząbkowickim oraz w przyległym powiecie dzierzoniowskim można, zdaniem autorów, zaobserwować też podwyższone tło zawartości niklu. Wprawdzie zanieczyszczenia występują tylko w obrębie Szklar, niemniej jednak w powiecie ząbkowickim średnia jest o 79% wyższa od średniej dla całego obszaru SiPS, a w powiecie dzierzoniowskim odpowiednio o 59%.

## 6. PODSUMOWANIE

Obszar Sudetów i Przedgórze Sudeckiego charakteryzuje się dużym zróżnicowaniem fizjograficznym i geomorfologicznym. Na terenie analizowanych powiatów występują zarówno krajobrazy górskie, w tym gór starych i młodych, podgórskie, jak i wyżynne oraz nizinne.

W związku z charakterem rzeźby na stosunkowo niewielkim terenie występuje duże zróżnicowanie warunków klimatycznych. Sudety leżą w Europie w strefie klimatu umiarkowanego. Jednak ich położenie i odległość od innych wzniesień terenu powoduje, że są one rodzajem naturalnej zapory, na której zatrzymują się fronty atmosferyczne, dając wysokie wartości opadów. Na Przedgórzu Sudeckim panuje łagodniejszy klimat niż w Sudetach. Kształtują go także napływające tu oceaniczne masy powietrza. Krajinę tę cechuje wyraźna przejściowość między ostrym klimatem Sudetów a łagodnym klimatem Niziny Śląskiej.

Znacząca rozpiętość wysokości nad poziomem morza (70–1603 m n.p.m.) warunkuje zasadnicze zmiany poszczególnych elementów meteorologicznych na niewielkiej przestrzeni oraz silne zróżnicowanie topoklimatyczne i liczne osobliwe zjawiska meteorologiczne.

Przebieg roczny temperatury powietrza na Dolnym Śląsku jest typowy dla klimatu Polski, z minimum styczniowym i maksimum w lipcu. Średnie sumy roczne opadów atmosferycznych w województwie dolnośląskim i w obszarze SiPS wykazują zależności od wysokości nad poziomem morza oraz od rzeźby terenu. Pionowy gradient opadów rocznych stanowi 66 mm na 100 m. Odpowiednio wzrasta także liczba dni z opadem, z przeciętnym tempem 5,9 dni na 100 m.

W opracowaniu, do ogólnej oceny warunków agroklimatycznych, wykorzystano wskaźnik bonitacji agroklimatycznej. W badanym obszarze Sudetów i Przedsudecia najniższym wskaźnikiem bonitacji agroklimatu charakteryzuje się powiat kamiennogórski – 69 pkt., a najwyższym powiat bolesławiecki – 96 pkt.

Zróżnicowanie warunków hydrogeologicznych na obszarze Sudetów i Przedgórze Sudeckiego jest w dużej mierze odzwierciedleniem skomplikowanej budowy geologicznej tego obszaru.

Obszar SiPS w zdecydowanej przewadze usytuowany jest w zasięgu regionu Sudeckiego, który cechuje się dominacją udziału wód szczelinowych. Warunki hydrologiczne są w tym regionie bardzo zmienne. Stosunkowo rozległe są obszary o depresyjnym charakterze wód.

W opracowaniu dokonano syntetycznej charakterystyki stosunków wodnych w glebach powiatów z obszaru SiPS. W glebach o poziomie wody gruntowej do 2 m najwyższym udziałem gleb o niskiej pojemności wodnej charakteryzuje się powiat wałbrzyski – 42,0% i bolesławiecki – 28,2%. Najwyższym udziałem gleb o wysokiej pojemności wodnej charakteryzuje się powiat dzierzoniowski – 89,3% i ząbkowicki – 85,5%.

Omawiane powiaty SiPS stanowią części składowe trzech regionów funkcjonalnych: intensywnego rolnictwa (3 powiaty), przemysłowo-rekreacyjno-turystycznego (4 powiaty) i rolniczo-przemysłowo-rekreacyjnego (4 powiaty), spośród pięciu ustalonych regionów funk-



cyjnych dla województwa dolnośląskiego. Z danych GUS z 2010 r. wynika, że w strukturze ogólnego zagospodarowania omawianego obszaru występuje spadek powierzchni użytków rolnych, na korzyść terenów nierolniczych. W rezultacie, wskaźnik udziału użytków rolnych w siedmiu powiatach jest mniejszy (a tylko w czterech większy), od średniego wskaźnika dla województwa dolnośląskiego, który wynosi 58,1%.

Na terenie przedmiotowych powiatów największą powierzchnię zajmowały lasy i grunty leśne (38,9%) następnie grunty orne (33,8%), trwałe użytki zielone (16,5%) oraz inne grunty i nieużytki (10,8%). Sady w omawianych jedenastu powiatach obejmowały bardzo niewielki areal w ilości 0,3%.

Typologicznie na glebach użytków rolnych dominują: gleby bielcowe i pseudobielcowe (płowe), brunatne właściwe i brunatne kwaśne. Pod względem składów granulometrycznych dominują gleby wytworzone z pyłów oraz glin lekkich i średnich pylistych.

Pośród gruntów ornyc największe powierzchnie zajmują gleby należące do klas: IVa, IIIb, IVb, IIIa i IV. Razem stanowią one ponad 90% gruntów ornyc z obszaru SiPS.

Pośród trwałych użytków zielonych największe powierzchnie w powiatach objętych badaniami zajmowały gleby klasy IV, następnie V i III.

Na obszarze omawianych powiatów zdecydowanie największą powierzchnię spośród gruntów ornyc zajmuje kompleks 2 – pszenney dobry, następnie kompleks 11 – zbożowy górski, kompleks 3 – pszenney wadliwy, kompleks 10 – pszenney górski i kompleks 5 – żytni dobry. Razem stanowią one ponad 76% powierzchni gruntów ornyc obszaru SiPS.

Pośród użytków zielonych zdecydowanie największą powierzchnię zajmuje kompleks 2z – użytki zielone średnie, obejmujący prawie 80% powierzchni.

W pięciu z omawianych powiatów (kamiennogórskim, jeleniogórskim, kłodzkim, wałbrzyskim i lwóweckim) ponad 50% powierzchni użytków rolnych jest zakwalifikowana do obszarów o niekorzystnych warunkach gospodarowania (ONW). W pozostałych sześciu powiatach (bolesławieckim, dzierzoniowskim, jaworskim, lubańskim, ząbkowickim i zgorzeleckim) powierzchnia użytków rolnych zakwalifikowana do obszarów o niekorzystnych warunkach gospodarowania wynosiła od 5,9% w powiecie dzierzoniowskim do 27,2% w powiecie zgorzeleckim.

Wyniki waloryzacji rolniczej przestrzeni produkcyjnej przeprowadzonej dla powiatów SiPS wskazują, że korzystne warunki produkcji rolniczej występują w trzech powiatach: dzierzoniowskim, jaworskim i ząbkowickim, średnio korzystne warunki produkcji rolniczej cechują powiaty: bolesławiecki, lubański i zgorzelecki, mało korzystne warunki produkcji rolniczej występują w dwóch powiatach, to jest kłodzkim i lwóweckim, natomiast niekorzystne w powiatach wałbrzyskim, jeleniogórskim i kamiennogórskim.

Gleby na obszarze SiPS charakteryzują się znacznym zróżnicowaniem odczynu. W każdym z 11 powiatów stosunkowo duża powierzchnia użytków rolnych charakteryzuje się odczynem bardzo kwaśnym i kwaśnym – od 34% w powiecie ząbkowickim do 78% w powiecie lwóweckim. Aktualnie, 45,6% użytków rolnych w obszarze SiPS wymaga koniecznego wapnowania; regulacja odczynu odgrywa nie tylko dużą rolę produkcyjną, lecz także ekologiczną.

Zawartość przyswajalnych form makroelementów (fosforu, potasu i magnezu) w glebach decyduje w dużym stopniu o ich żyzności i urodzajności.

Wyniki badań gleb i ich ocena wskazały na bardzo duży udział, w obszarze 11 powiatów, użytków rolnych charakteryzujących się bardzo niską i niską zawartością fosforu przyswajalnego – 61,4% zbadanych gleb. Udział gleb o bardzo niskiej i niskiej zawartości przyswajalnych form potasu i magnezu jest zdecydowanie niższy – potasu 28,4%, a magnezu 30,7%.

W celu uzyskania wysokich i dobrej jakości plonów konieczne jest optymalne zaopatrzenie roślin uprawnych w składniki pokarmowe. Użytki rolne w obszarze SiPS wykazują bardzo duże zróżnicowanie zawartości przyswajalnych form fosforu, potasu i magnezu. Optymalne decyzje nawozowe winny być podejmowane na podstawie przeprowadzonych okresowo badanych gleb w każdym gospodarstwie rolnym.

Dokonując oceny stanu zanieczyszczenia gruntów rolnych metalami ciężkimi na obszarze SiPS, trzeba na wstępie podkreślić, że obszary na których występują przekroczenia standardów, stanowią zaledwie niewielki ułamek całej powierzchni. Udział punktów badawczych, w których stwierdzono zanieczyszczenia, odniesiony do wszystkich punktów przebadanych, wynosi od 0,0% dla chromu do 1,3% dla ołowiu. Jedynie dla arsenu, ze względu na występowanie przekroczeń standardów w rejonie Żłotego Stoku oraz powiecie zgorzeleckim, udział punktów z przekroczeniem standardów sięga 9,5%, co jednak absolutnie nie odzwierciedla udziału gleb zanieczyszczonych arsenem w ogólnej powierzchni gruntów rolnych SiPS, bowiem ten jest znacznie mniejszy.

Przeprowadzone badania całkowitych zawartości metali ciężkich pozwoliły na ustalenie kilku rejonów na obszarze SiPS, w których występują zanieczyszczenia polimetaliczne. Przede wszystkim należy wskazać na obręb Miedzianka w gminie Janowice Wielkie, w powiecie jeleniogórskim, gdzie występują zanieczyszczenia cynkiem, miedzią, ołowiem, kadmem i rtęcią. Następnie należałoby wskazać obręb Lipa, w gminie Bolków, w powiecie jaworskim gdzie stwierdzono zanieczyszczenie cynkiem, miedzią, ołowiem i kadmem. Kolejny zanieczyszczony obszar to tereny otaczające składowiska odpadów flotacyjnych w gminie Warta Bolesławiecka, gdzie występują zanieczyszczenia miedzią i ołowiem.

Pozostałe stwierdzone zanieczyszczenia na obszarze SiPS związane są z wysoką zawartością pojedynczego pierwiastka. Taki charakter mają zanieczyszczenia arsenem w Żłotym Stoku, w powiecie ząbkowickim oraz w obrębach Działoszyn i Lutogniewie w powiecie zgorzeleckim, a także w obrębach Pobiednia i Czerniawa w powiecie lubańskim. Do tej grupy należy również zaliczyć zanieczyszczenie niklem w obrębie Szklary, w powiecie ząbkowickim oraz zanieczyszczenie ołowiem w obrębach m. Lubawka i Okrzeszyn w powiecie kamiennogórskim oraz pobliskich Kuźnice Świdnickie i m. Boguszów Gorce w powiecie wałbrzyskim.

Analiza tła zawartości metali ciężkich w glebach pozwala dostrzec podwyższone średnie koncentracje cynku, miedzi i ołowiu w powiatach sudeckich, tj. kamiennogórskim, jeleniogórskim i wałbrzyskim. Przyczyną jest tutaj inny niż na przedgórzu charakter skały macierzystej, ale także w pewnym stopniu oddziaływanie rozproszonych zanieczyszczeń, których źródłem jest dawny przemysł wydobywania i przetwórstwa metali.

Spośród pozostałych metali dostrzegalne jest podwyższone tło zawartości arsenu w powiatach zachodniej części SiPS: zgorzeleckim i jaworskim, związane zdaniem autorów z oddziaływaniem rozproszonych zanieczyszczeń pochodzących ze spalania węgla w elektrowniach i elektrociepłowniach dawnego „Czarnego Trójkąta”. Jednocześnie, na przeciwnym krańcu SiPS w powiecie ząbkowickim, nawet po wyeliminowaniu próbek z rejonu Żłotego Stoku, widoczny jest podwyższony poziom zawartości arsenu w glebach. Ponadto, w powiatach ząbkowickim i dzierzoniowskim można dostrzec podwyższony poziom zawartości niklu z kumulacją w obrębie Szklary gdzie stwierdzono przekroczenia standardu.

Długa i bogata w wydarzenia geologiczne przeszłość SiPS sprawiła, że w regionie tym występuje wiele surowców mineralnych. Pozyskiwanie ich na przestrzeni wieków spowodowało, w kilku rejonach, dostrzegalne zmiany w środowisku glebowym.

## 8. LITERATURA

- Adriano D.C., 2001. Trace elements in terrestrial environments: biogeochemistry, bioavailability, and risks of metals. Springer, New York, 219–262.
- Alloway B.J., Ayres D.C., 1999. Chemiczne podstawy zanieczyszczenia środowiska. PWN, Warszawa.
- Alloway B.J., 1995. Heavy metals in soils. John Wiley. New York
- Alvarez-Benedi, J., Munoz-Carpena, R., 2005. Soil, water, solute process characterization. An integrated approach. C.R.C Press, Florida.
- Astrup T., Boddum J.K., Christensen T.H., 1999. Lead distribution and mobility in a soil embankment used as a bullet stop at a shooting range. *Journal of Soil Contamination*, 8(6), 653–665.
- Atlas Śląska Dolnego i Opolskiego, 1997. Uniwersytet Wrocławski, PAN, Oddział we Wrocławiu.
- Baran S., Turski R., 1995. Degradacja, ochrona i rekultywacja gleb. Wyd. AR w Lublinie, Lublin: 39–45.
- Barber S., 1984. Soil Nutrient Bioavailability. A. Mechanistic Approach. John Wiley and Sons. New York: 43–57.
- Batlett R. J., James B.R., 1996. Chromium, [in:] J.M. Bigham (ed). *Methods of Soil Analysis. Part 3. Chemical Methods.* Soil Sc. Society of America Inc., USA, 683–701.
- Bogda A., Kabała C., Karczewska A., 2005. Opracowanie ekofizjograficzne dla województwa dolnośląskiego, [tu:] Rozdział 7.1 Gleby – opracowany przez Bogda A., Kabała C., Karczewska A., <http://eko.wbu.wroc.pl>
- Bogda A., Kabała C., Karczewska A., Szopka K., 2010. Zasoby naturalne i zrównoważony rozwój. Wydawnictwo Uniwersytetu Przyrodniczego we Wrocławiu.
- Borkowska M., 1966. Petrografia granitów Karkonoszy. *Geol. Sudetica* 2.
- Canadian soil quality guidelines for copper. 1997. Winnipeg, Manitoba.
- Chukwuma M.C., Eshett E.T., Onweremadu E.U., Okon M.A., 2010. Zinc availability in relation to selected soil properties in a crude oil polluted eutric tropofluent. *Int. J. Environ. Sci. Tech.*, 7 (2), 261–270.
- Cwojdzński S., Badura J., Przybylski B. Charakterystyka budowy geologicznej Dolnego Śląska, Państwowy Instytut Geologiczny, Oddział Dolnośląski, <http://wroclaw.pgi.gov.pl/pdf/budowa>.
- Czuba R. (red.), 1996. Nawożenie mineralne roślin uprawnych. Wyd. Zakłady Chemiczne „Police” S.A., 31–56.
- Dąbkowska-Naskręt H., Bartkowiak A., Różański S., 2008. Zawartość rtęci w glebach intensywnie użytkowanych rolniczo obszaru Pomorza i Kujaw *Ochrona Środowiska i Zasobów Naturalnych*, Nr 35/36, 153–156.

- Diamond D., Baskin D., Brown D., Lund L., Najita J., Javandel I., 2009. Analysis of Background Distributions of Metals in the Soil, Lawrence Berkeley National Laboratory Environmental Restoration Program, June 2002 Revised April 2009.
- Dobrzański B., Zawadzki S., 1981. Gleboznawstwo, PWRiL, Warszawa, 125–148.
- Drozd J., Licznar M., Licznar S., Weber J., 2002. Gleboznawstwo z elementami mineralogii i petrografii. Wyd. AR Wrocław.
- Dudka S., 1992. Ocena całkowitej zawartości makro i mikroelementów w powierzchniowych poziomach gleb Polski. IUNG Puławy.
- Dziekoński T., 1972. Wydobywanie i metalurgia kruszców na Dolnym Śląsku. PWN, Warszawa.
- Dziężyc J., 1974. Nawadnianie roślin, PWRiL, Warszawa, 67–100.
- Dziężyc J., 1988. Rolnictwo w warunkach nawadniania, PWN Warszawa, 55–60.
- Ferguson J.E., 1990. The heavy Elements: Chemistry, Environmental Impact and Health Effects. Pergamon Press, London.
- Filipek T., Fotyma M., Lipiński W., 2006. Stan, przyczyny i skutki zakwaszenia gleb gruntów ornych w Polsce, Nawozy i nawożenie, nr 2(27), 2/2006, Puławy, 7–38.
- Foerstner, U., 1980. Cadmium. In: Hutzinger, O. (Ed.), The Handbook of Environmental Chemistry, Vol. 3A. Springer, Berlin, 59–107.
- Głowicki B., Otop I., Urban G., Tomczyński K., 2005. Opracowanie fizjograficzne dla województwa dolnośląskiego, Zarząd Województwa Dolnośląskiego, Wojewódzkie Biuro Urbanistyczne we Wrocławiu, Wrocław, 53–62.
- Górski T., Zaliwski A., 2002. Model Agroklimatu Polski, Pamiętniki puławskie 130(1), 251–259.
- Greenwood, N.N., Earnshaw, A., 1997. Chemistry of the Elements, Second Edition. Oxford, Butterworth-Heinemann.
- Grzebisz W., Szczepaniak W., Diatta J., 2005. ABC wapnowania gleb uprawnych, Akademia Rolnicza w Poznaniu, Poznań, 12–14.
- Grzebisz W., 2009. Nawożenie roślin uprawnych, PWRiL, Oddział w Poznaniu, Poznań, 252–260.
- Gworek B., Rateńska J., 2009. Migracja rtęci w układzie powietrze – gleba – roślina. Ochrona Środowiska i Zasobów Naturalnych, nr 41, 614–623.
- Health assessment document for chromium. Research Triangle Park, NC, United States Environmental Protection Agency, (1984) (Final report No. EPA600/8-83-014F).
- Holmgren G.G.S., Meyer M.W., Chaney R.L., Daniels R.B., 1993. Cadmium, lead, zinc, copper, and nickel in agricultural soils of the United States of America. Jour. Environ. Quality. 22, 335–348.
- Hutchinson T.C., Meema K.M editors, 1987. Lead, Mercury, Cadmium and Arsenic in the Environment. SCOPE. Published by John Wiley & Sons Ltd., 236.
- Kabata-Pendias A., 1992. Biogeochemia rtęci w różnych środowiskach. Rtęć w środowisku – problemy ekologiczne i metodyczne. Ossolineum, 7–18.
- Kabata-Pendias A., Pedias H., 1999. Biogeochemia pierwiastków śladowych. PWN, Warszawa, Wydanie drugie.
- Kabata-Pendias A., 2004. Soil-plant transfer of trace elements-an environmental issue. Geoderma 122, 143–149.
- Kabata-Pendias A., 2010. Trace elements in soils and plants. CRC Press, Taylor and Francis Group.
- Kabata-Pendias A., 2011. Trace elements in soils and plants. CRC Press, Boca Raton, Florida.

- Kabata-Pendias, A., Mukherjee, A.B., 2007. Trace Elements from Soil to Human. Berlin, Springer-Verlag.
- Karczewska A., Bogda A., Gałka B., Kabała C., Krysiak A., Szopka K., 2007. Metale ciężkie i arsen w glebach na obszarach dawnego górnictwa rud metali w Sudetach i na Przedgórzu Sudeckim. WUG, nr 4(152), Katowice, 25–26.
- Karczewska A., Bogda A., Gałka B., Krajewski J., 2005. Ocena zagrożenia środowiska przyrodniczego w rejonie oddziaływania złoża rud polimetalicznych Źeleźniak (Wojcieszów – Góry Kaczawskie). Wydawnictwo Akademii Rolniczej we Wrocławiu.
- Karczewska A., Bogda A., 2006. Heavy metals in soils of former mining areas in Sudety Mountains – their forms and solubility. Polish J. of Environ. Stud. Vol. 15, No. 2A, 104–110.
- Karczewska A., Duszyńska D., 2007. Metale ciężkie i arsen w powierzchniowych poziomach gleb leśnych złotego jaru na obszarze dawnego górnictwa złota i arsenu w Złotym Stoku. Zeszyty Problemowe Postępów Nauk Rolniczych. Z. 520, 101–106.
- Karczewska A., 2002. Metale ciężkie w glebach zanieczyszczonych emisjami hut miedzi – formy i rozpuszczalność. Rozprawa habilitacyjna. Zeszyty Naukowe AR we Wrocławiu. Rozprawy CLXXXIV, Wydział Rolniczy, Nr 432.
- Karczewska A., 2008. Ochrona gleb i rekultywacja terenów zdegradowanych. Wydawnictwo Uniwersytetu Przyrodniczego we Wrocławiu.
- Kaszubkiewicz J., Kawalko D., Jezierski P., 2010. Wybrane aspekty stanu zanieczyszczenia gleb na terenie powiatu jeleniogórskiego. Zeszyty Naukowe Uniwersytetu Przyrodniczego we Wrocławiu, tom XCVI, 119–131.
- Kicińska A., 2009. Arsen i tal w glebach i roślinach rejonu Bukowna. Ochrona Środowiska i Zasobów Naturalnych. Nr 40, 199–208.
- Kiekens, L., 1995. Zinc, in Alloway, B.J. (ed.) Heavy Metals in Soils (2nd edn.). Blackie Academic and Professional, London, 284–305.
- Kielczawa J., Michniewicz M., Wojtkowiak A., Sobol L., 2005. Opracowanie fizjograficzne dla województwa dolnośląskiego, Zarząd Województwa Dolnośląskiego, Wojewódzkie Biuro Urbanistyczne we Wrocławiu, Wrocław, 63–78.
- Kiepas-Kokot A., Kucharska T., Zabłocki Z.: (2003) Zmiany akumulacji rtęci w szpilkach sosny i mchach na tle ilości spalanego węgla w elektrowni Dolna Odra. Obieg pierwiastków w przyrodzie, t. II, IOŚ, Warszawa, 290–295.
- Kondracki J., 2002. Geografia regionalna Polski. PWN, Warszawa, 216–239.
- Kosynets O., Nosalewicz A., 2007. The effect of haplic phaeozem and leptic podzol properties on sorption of lead and cadmium in soil. Acta agrophysica, 2007, 10(1), 137–142.
- Krysiak A., Karczewska A., 2007. Arsenic extractability in soils in the areas of former arsenic mining and smelting, SW Poland. Science of Total Environment No 379, (2–3), 190–200.
- Kwiecień L., 1983. Surowce mineralne Polski. Ossolineum, Wrocław.
- Madziarz M., 2004. Relikty dawnych robót górniczych na Dolnym Śląsku jako źródło wiedzy o rozwoju techniki eksploatacji złóż. Prace Naukowe Instytutu Górnictwa Politechniki Wrocławskiej, Nr 106 Studia i Materiały, Nr 30, 187–196.
- Martin I., Morgan H., Waterfall E., 2009. Guideline Values for arsenium in soil. Published by Environment Agency.
- McGrath, S. P., 1995. Nickel. In Heavy Metals in Soils (2nd edn.) (ed. B.J. Alloway). London: Blackie Academic & Professional.
- Mocek A., Drzymała S., Messner P., 2006. Geneza, analiza i klasyfikacja gleb. Wyd. AR Poznań, Poznań, 158–166.

- Mocek A., Owczarzak W., 1993. Wiązanie Cu, Pb i Zn przez próchnicę w glebach zanieczyszczonych emisjami hut miedzi. Zesz. Probl. Post. Nauk Roln. 411, 293–298.
- Moreno-Jiménez E., Manzano R., Esteban E., Peñalosa J., 2010. The fate of arsenic in soils adjacent to an old mine site (Bustarviejo, Spain): mobility and transfer to native flora.
- Nicholson F., Smith S.R., Alloway B.J., Chambers B.J., 2003. An inventory of heavy metals inputs to agricultural soils in England and Wales. *Science of the Total Environment*, 311, 205–220.
- Notatka informacyjna na konferencję prasową w dniu 23 grudnia 2010 r. Wyniki badań GUS. GUS Departament Badań Regionalnych i Środowiska <http://www.stat.gov.pl>
- Nriagu J.O., 1990. Global metal pollution: poisoning the biosphere? *Environment* 32, 7–33.
- Oberc J., 1972. Tektonika, Sudety i obszary przyległe. Wyd. Geol. Warszawa.
- Ostrowski J., 2001. Ochrona środowiska na terenach górniczych. Wydawnictwo Instytutu Gospodarki Surowcami Mineralnymi i Energią PAN, Kraków.
- Paczyński B. (red.), 1995. Atlas hydrograficzny Polski 1 : 500 000 (część II), PIG, Warszawa.
- Piątek E., 1989. Historia dolnośląskiego górnictwa węgla kamiennego od XV do połowy XVIII w. *Prace Naukowe Instytutu Architektury, Sztuki i Techniki Politechniki Wrocławskiej*, 1–16.
- Pierzgalski E., 2010. Oddziaływanie rolnictwa na środowisko przyrodnicze w warunkach zmian klimatu. *Studia i raporty IUNG – PIB*, nr 19, Puławy, 91–104.
- Plan rozwoju lokalnego powiatu jeleniogórskiego na lata 2004–2006, 2004. Starostwo Powiatowe w Jeleniej Górze.
- Pływaczyk A., Kowalczyk T., 2007. Gospodarowanie wodą w krajobrazie, Wrocław, 70–74.
- Polskie Towarzystwo Gleboznawcze, Systematyka gleb Polski 1989: *Rocz. Glebozn.*, T. 40 Nr 3/4.
- Program ochrony środowiska dla powiatu dzierzoniowskiego, 2004. Starostwo Powiatowe w Dzierżoniowie.
- Program ochrony środowiska dla powiatu kamiennogórskiego, 2004. Starostwo Powiatowe w Kamiennej Górze.
- Program ochrony środowiska dla powiatu lwóweckiego, 2004. Starostwo Powiatowe w Lwówku Śląskim.
- Program ochrony środowiska i plan gospodarki odpadami dla powiatu kłodzkiego, 2003. Starostwo Powiatowe w Kłodzku.
- Ptak A., 2007. Czynniki kształtujące zawartość i formy arsenu w glebach aglomeracji lubelskiej. *Acta Agrophysica*. Nr 149, Rozprawy i Monografie, 3.
- Rozporządzenie Ministra Środowiska z dnia 20 czerwca 2007 r. w sprawie informacji dotyczących ruchów masowych ziemi (Dz. U. 2007 Nr 121 poz. 840).
- 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).
- Rozporządzenie Rady (WE) Nr 1257/1999 z dnia 17 maja 1999 r. w sprawie wsparcia rozwoju obszarów wiejskich z Europejskiego Funduszu Orientacji i Gwarancji Rolnej (EFOGR) oraz zmieniające i uchylające niektóre rozporządzenia (Dz. U. L 160 z 26.06 1999 z późn. zm.).
- Salama A.K., Helmke P.A., 1998. The pH dependence of free ionic activities and total dissolved concentrations of copper and cadmium in soil solution. *Geoderma*, 83, 281–291.
- Schmuck A., 1960. Rejonizacja pluwiotermiczna Dolnego Śląska, *Zeszyty Naukowe WSR we Wrocławiu, Melioracja V*, Nr 27, Wrocław, 5–27.

- Somorowski Cz., 1998. Wodno-bilansowe kryteria kształtowania siedlisk w krajobrazie rolniczym. SGGW Warszawa, 10–24.
- Sroga C., 1997. Mineralne surowce odpadowe Sudetów i Przedgórze Sudeckiego. Państwowy Instytut Geologiczny, Warszawa.
- Steinnes E., 1995. Mercury, [w:] Alloway B.J. (Ed.), Heavy Metals in Soils, Second ed. Blackie Acad Prof, New York, 222–236.
- Strategia Rozwoju Obszarów Wiejskich Województwa Dolnośląskiego, Urząd Marszałkowski, 2001, <http://www.umwd.pl>.
- Strategia rozwoju powiatu lubańskiego, 2004. Starostwo Powiatowe w Lubaniu.
- Strona internetowa: <http://www.gminy.pl>
- Stuczyński T., Budzyńska K., Gawrysiak L., Korzeniowska-Puculek R., Koza P., Kozyra J., Łopatką A., Pudełko R., Siebielec G., 2007. Stan i zmiany właściwości gleb użytkowanych rolniczo w województwie dolnośląskim w latach 2000–2005. Urząd Marszałkowski Województwa Dolnośląskiego, Instytut Uprawy Nawożenia i Gleboznawstwa w Puławach Instytut Badawczy.
- Stuczyński T., Jadczyzyn J., Gawrysiak L., Kozyra J., Kopiński J., Zawadzka B., Budzyńska K., 2004. Numeryczna mapa glebowo-rolnicza w skali 1:25000 dla województwa dolnośląskiego opracowana na podstawie analogowej mapy glebowo-rolniczej w skali 1:25000 wraz z aktualizacją. Część C – charakterystyka środowiska geograficznego powiatów i regionów funkcjonalnych obszarów wiejskich Dolnego Śląska. IUNG Puławy.
- Szopka K., Karczewska A., Kabała C., 2011. Mercury accumulation in the surface layers of mountain soils: A case study from the Karkonosze Mountains, Poland. Chemosphere 83, 11, 1507–1512.
- Szopka K., Karczewska A., Kabała C., Bogacz A., Jezierski P., Majner J., 2010. Zawartość kadmu w poziomach powierzchniowych gleb leśnych Karkonoszy w rejonie Karpacza. Zesz. Problem. Post. Nauk Rol., 547, 367–375.
- Szopka K., Karczewska A., Kabała C., Jezierski P., Bogacz A., 2010. Zawartość rtęci w poziomach powierzchniowych gleb leśnych Karkonoskiego Parku Narodowego w rejonie Szklarskiej Poręby. Ochr. Środ. Zas. Nat., 42, 167–175.
- Terelak H., Motowicka-Terelak T., Pondel H., Maliszewska-Kordybach B., Pietruch Cz., 1999. Monitoring chemizmu gleb ornych Polski – Program badań i wyniki wstępne. Biblioteka Monitoringu Środowiska, Warszawa.
- U.S. Department of housing and urban development, 2001. National Survey of Lead and Al- lergens in Housing, Final Report, 1: Analysis of Lead Hazards.
- Ugła H., 1981. Gleboznawstwo rolnicze. PWN, Warszawa.
- United States Environmental Protection Agency, 1997. Mercury Study Report to Congress. Fate and Transport of Mercury in the Environment.
- Ustawa z dnia 19 lutego 2004 r. o zmianie ustawy – Prawo ochrony środowiska oraz niektórych innych ustaw (Dz. U. 2004 Nr 49 poz. 464).
- Walczak W., 1970. Obszar przedludecki. PWN, Warszawa.
- Waroszewski J., Kabała C., Szopka K., 2009. Trace elements in soils of upper zone of spruce forest on Szrenica mountain and the Kowarski Grzbiet range in the Karkonosze mountains. J. Elementol., 14(4), 805–814.
- Wedepohl K.H., 1978. Handbook of Geochemistry, Springer Verlag, New York.
- Woś A., 1999. Klimat Polski, Wyd. Nauk. PWN, Warszawa.

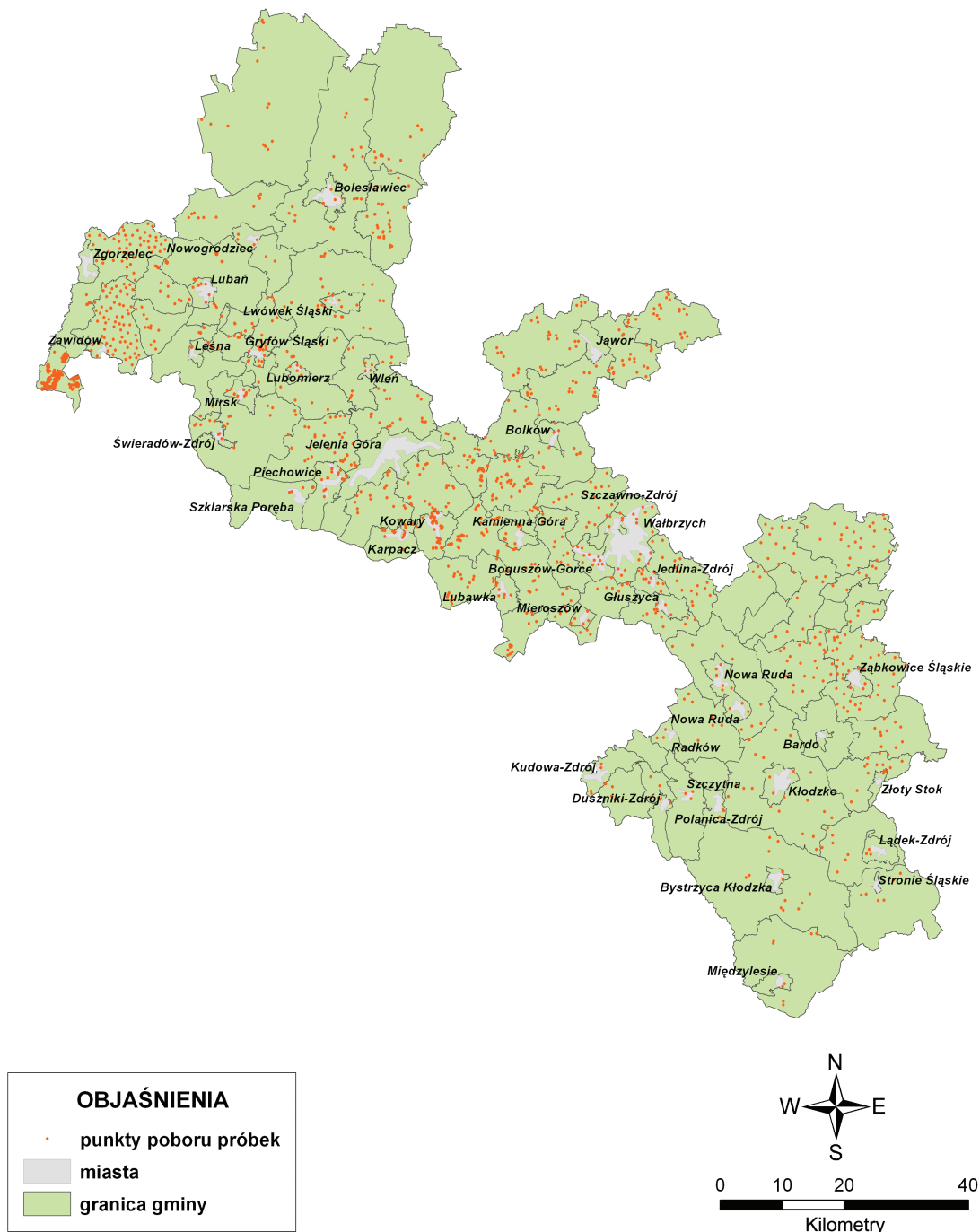
## 9. SPIS MAP

- Mapa 1. Lokalizacja punktów poboru próbek glebowych
- Mapa 2. Całkowita zawartość cynku w glebach użytków rolnych na terenach badanych powiatów
- Mapa 3. Całkowita zawartość miedzi w glebach użytków rolnych na terenach badanych powiatów
- Mapa 4. Całkowita zawartość ołowiu w glebach użytków rolnych na terenach badanych powiatów
- Mapa 5. Całkowita zawartość miedzi w glebach użytków rolnych powiatu bolesławieckiego
- Mapa 6. Całkowita zawartość cynku w glebach użytków rolnych powiatu kamiennogórskiego
- Mapa 7. Całkowita zawartość ołowiu w glebach użytków rolnych powiatu kamiennogórskiego
- Mapa 8. Całkowita zawartość niklu w glebach użytków rolnych powiatu ząbkowickiego
- Mapa 9. Całkowita zawartość arsenu w glebach użytków rolnych powiatu ząbkowickiego
- Mapa 10. Całkowita zawartość arsenu w glebach użytków rolnych powiatu zgorzeleckiego
- Mapa 11. Całkowita zawartość arsenu w glebach użytków rolnych powiatu lubańskiego
- Mapa 12. Całkowita zawartość ołowiu w glebach użytków rolnych powiatu jeleniogórskiego
- Mapa 13. Całkowita zawartość arsenu w glebach użytków rolnych na terenach badanych powiatów
- Mapa 14. Regiony i piętra klimatyczne w województwie dolnośląskim

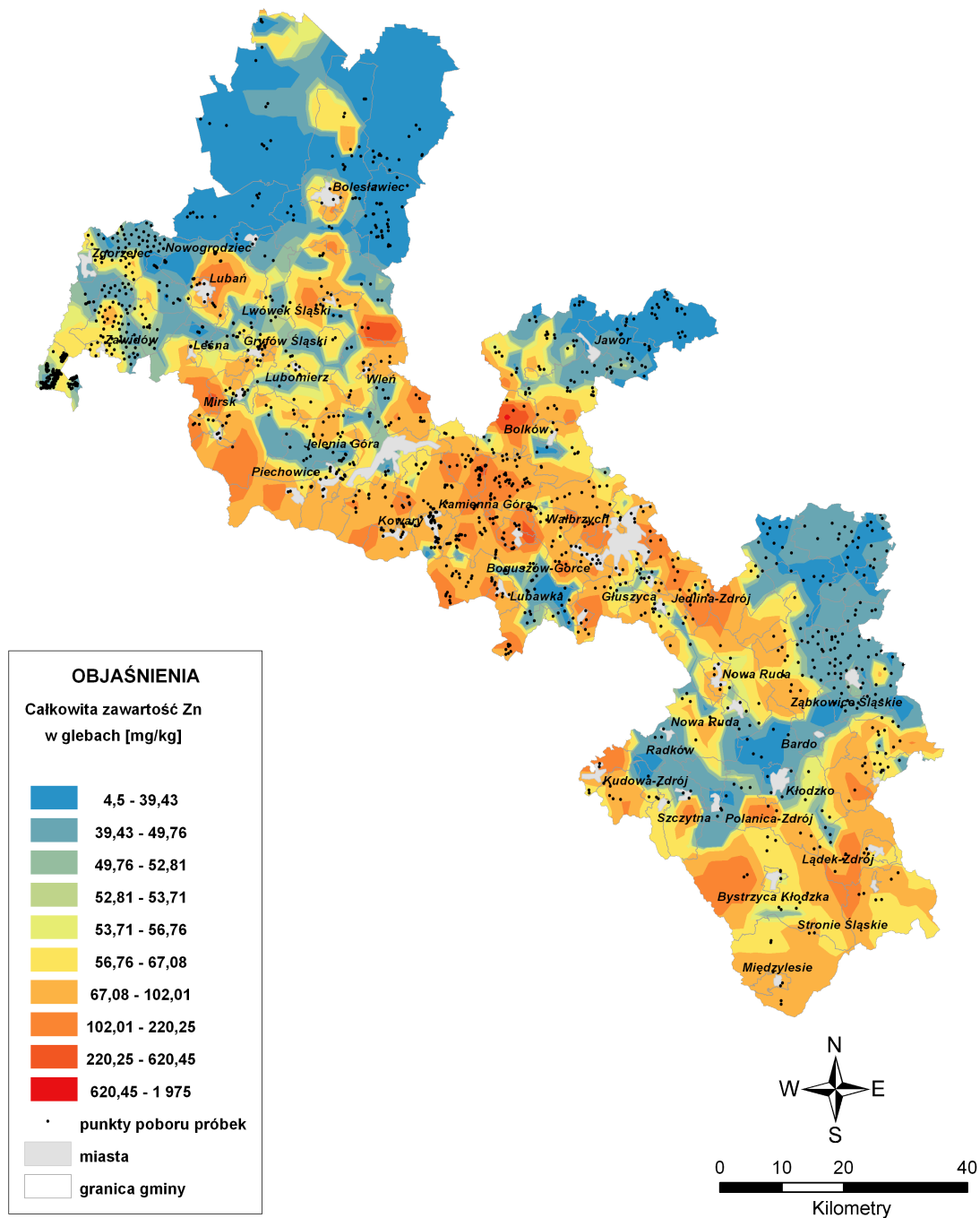


# Mapa 1.

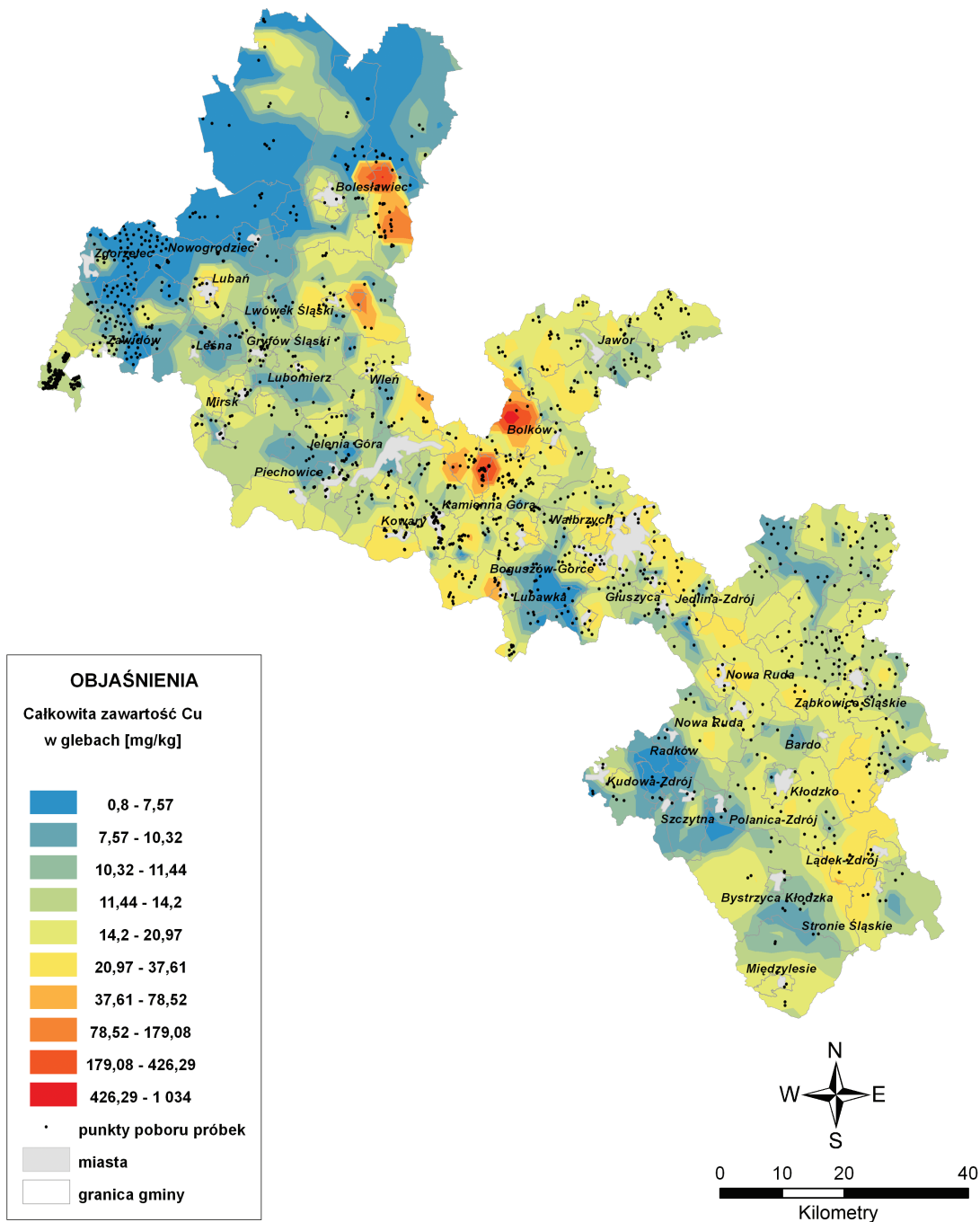
## LOKALIZACJA PUNKTÓW POBORU PRÓBEK GLEBOWYCH



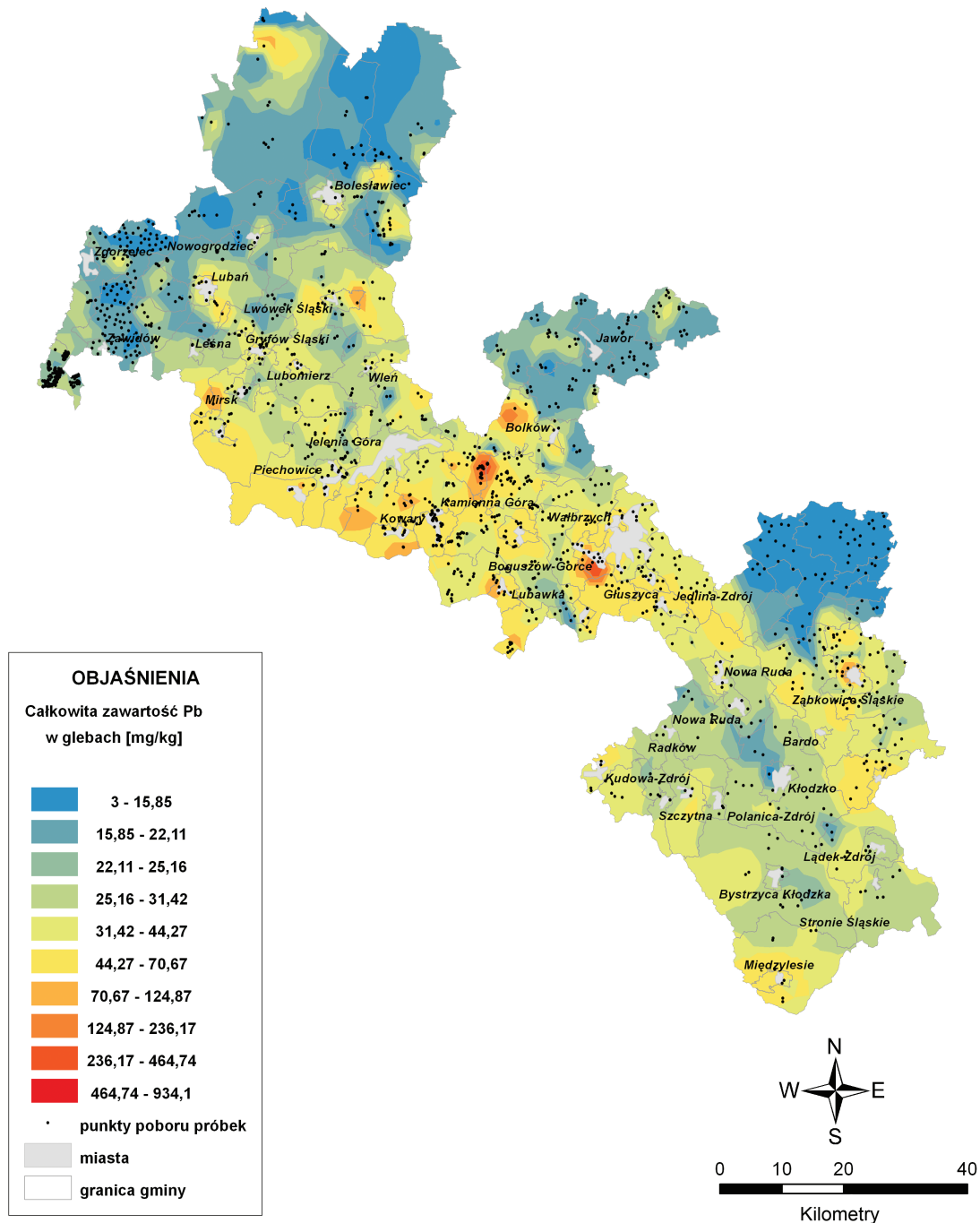
**Mapa 2.**  
**CAŁKOWITA ZAWARTOŚĆ CYNKU W GLEBACH UŻYTKÓW ROLNYCH**  
**NA TERENACH BADANYCH POWIATÓW**



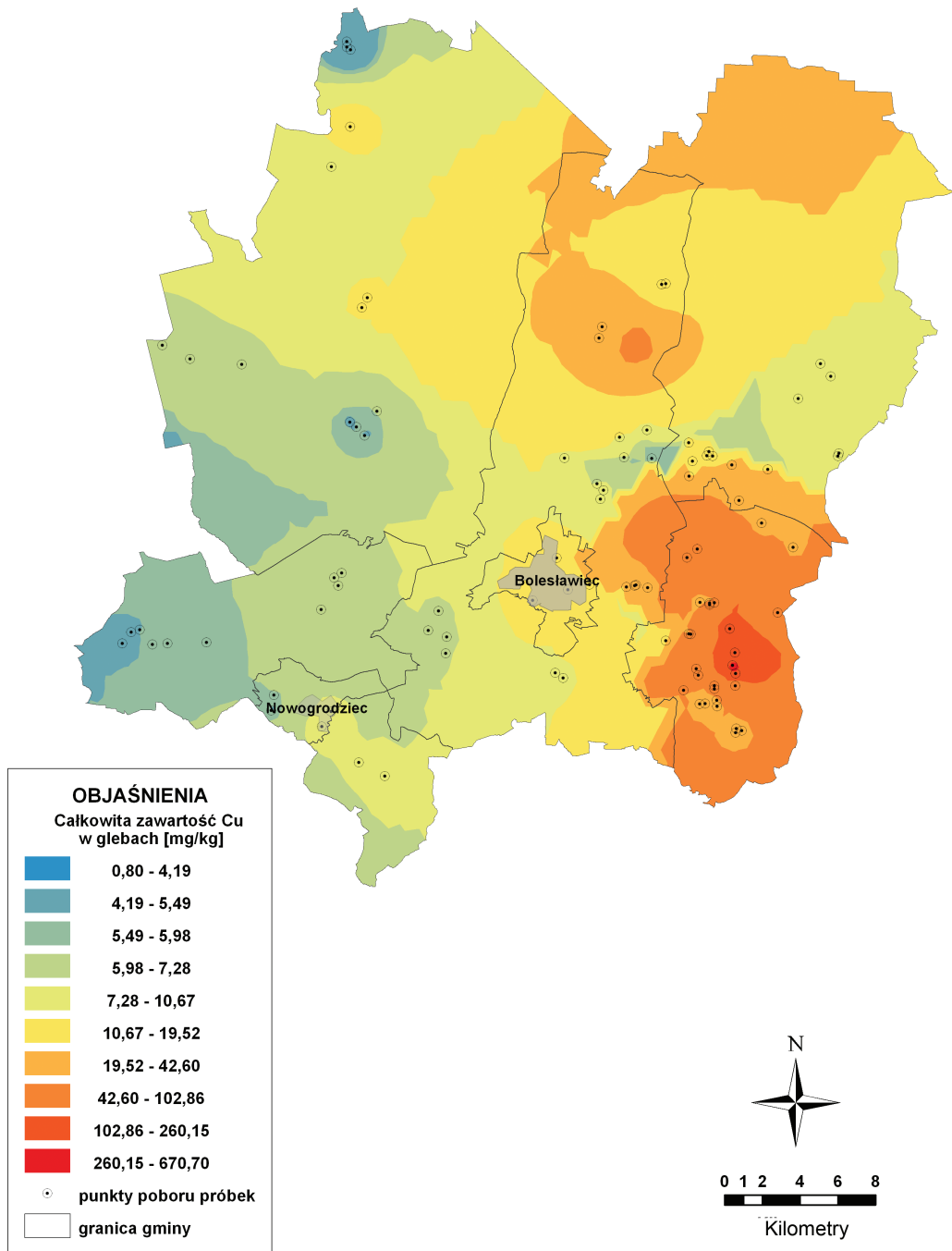
**Mapa 3.**  
**CAŁKOWITA ZAWARTOŚĆ MIEDZI W GLEBACH UŻYTKÓW ROLNYCH**  
**NA TERENACH BADANYCH POWIATÓW**



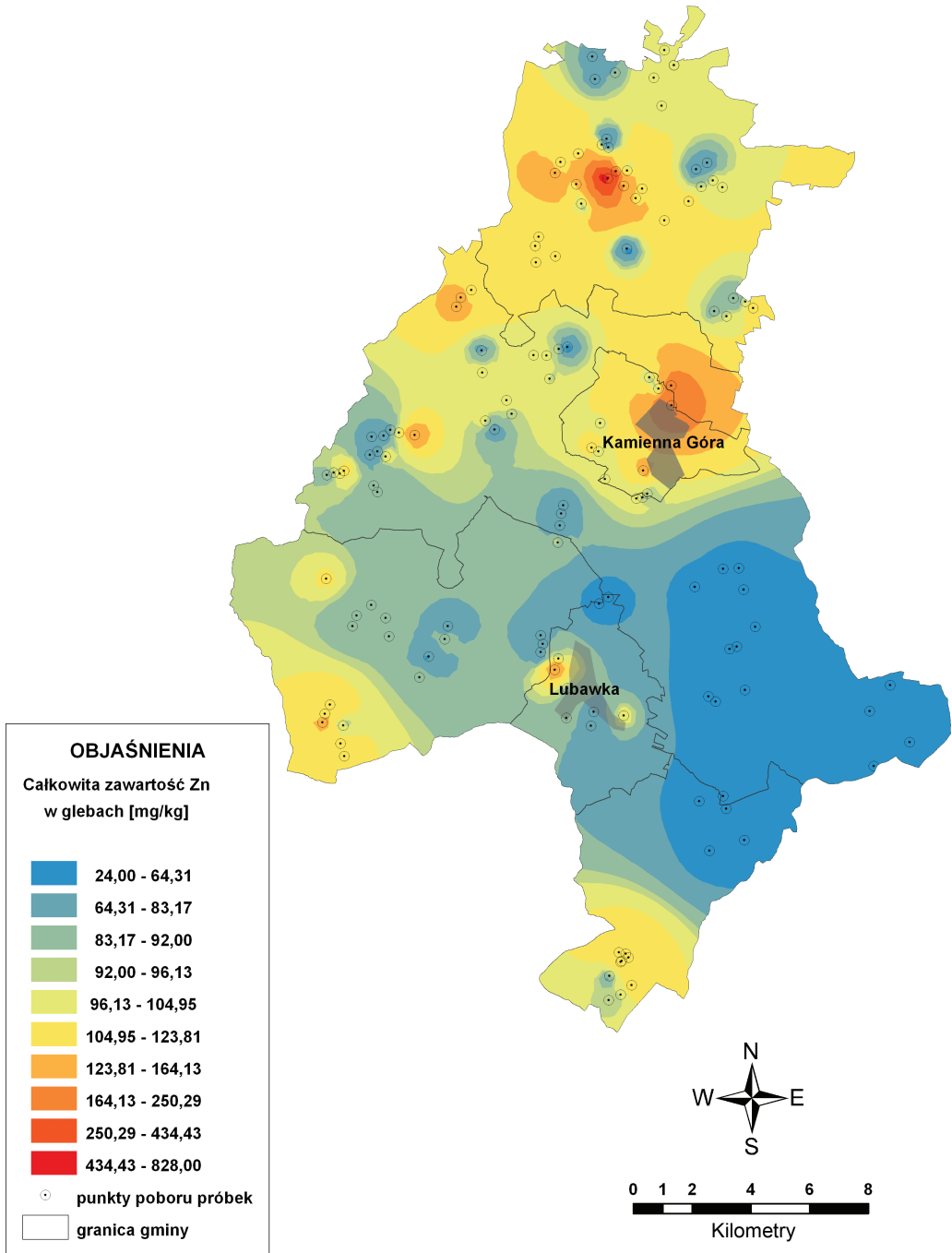
**Mapa 4.**  
**CAŁKOWITA ZAWARTOŚĆ OŁOWIU W GLEBACH UŻYTKÓW ROLNYCH**  
**NA TERENACH BADANYCH POWIATÓW**



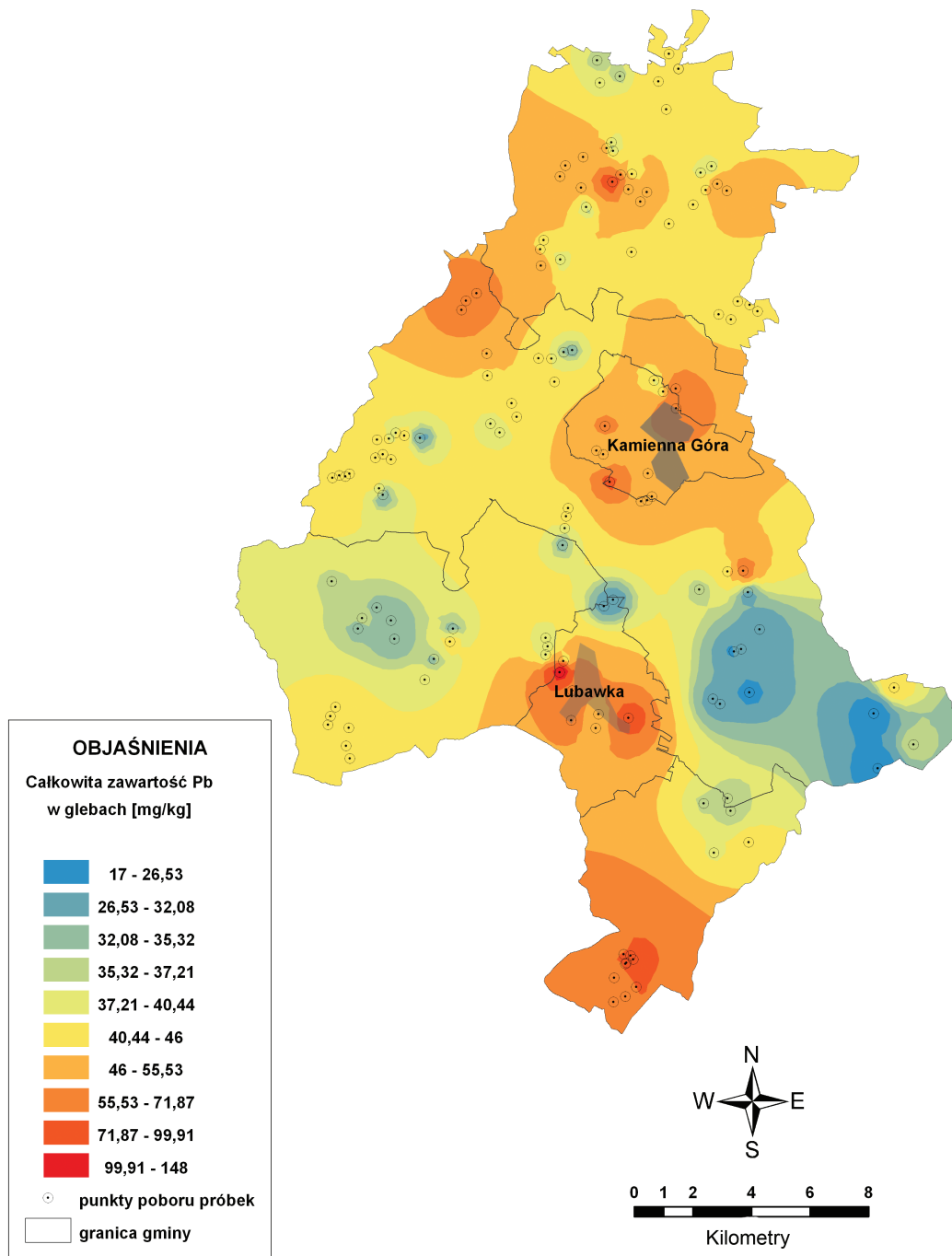
**Mapa 5.**  
**CAŁKOWITA ZAWARTOŚĆ MIEDZI W GLEBACH UŻYTKÓW ROLNYCH**  
**POWIATU BOLESŁAWIECKIEGO**



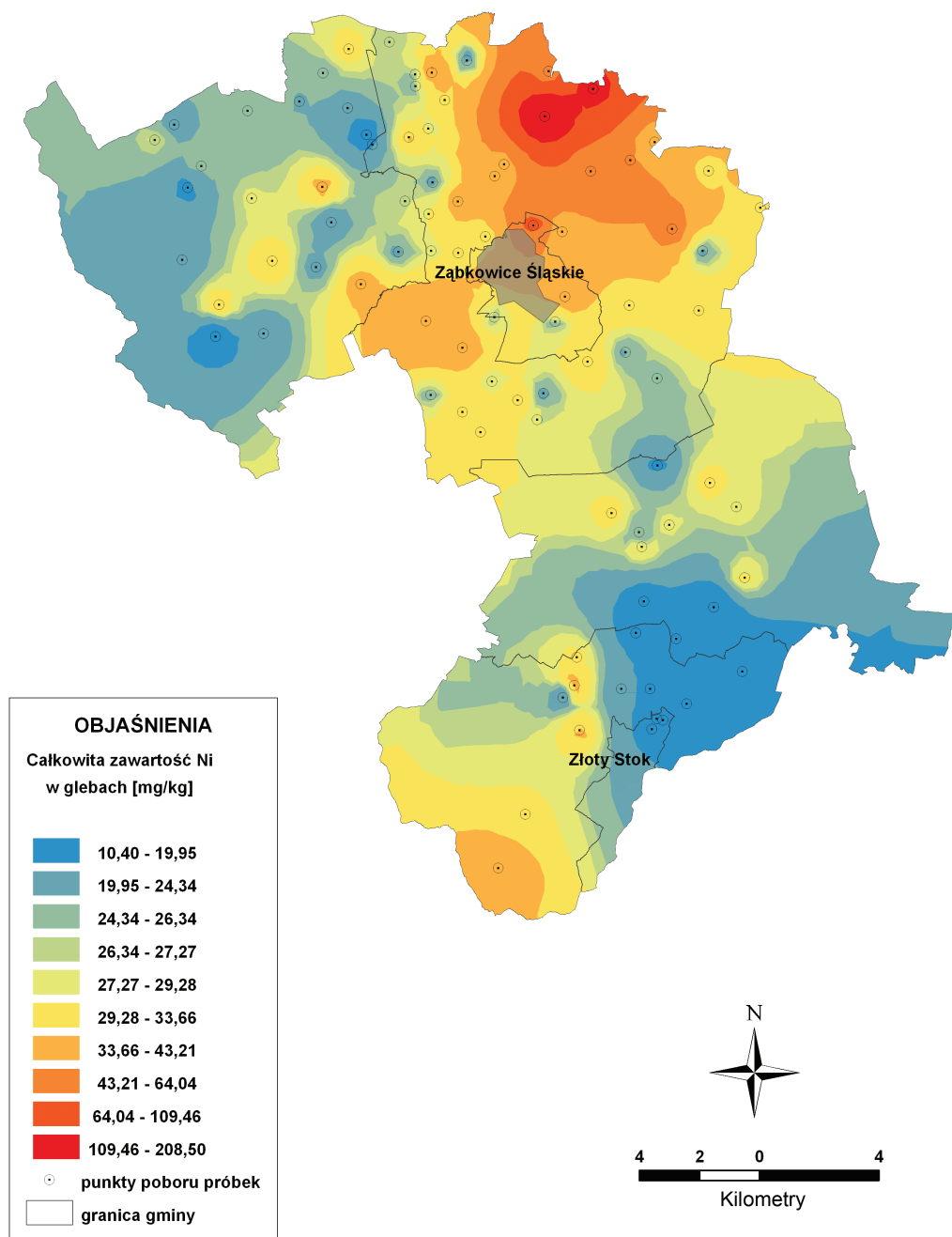
**Mapa 6.**  
**CAŁKOWITA ZAWARTOŚĆ CYNKU W GLEBACH UŻYTKÓW ROLNYCH**  
**POWIATU KAMIENNOGÓRSKIEGO**



**Mapa 7.**  
**CAŁKOWITA ZAWARTOŚĆ OŁOWIU W GLEBACH UŻYTKÓW ROLNYCH**  
**POWIATU KAMIENNOGÓRSKIEGO**

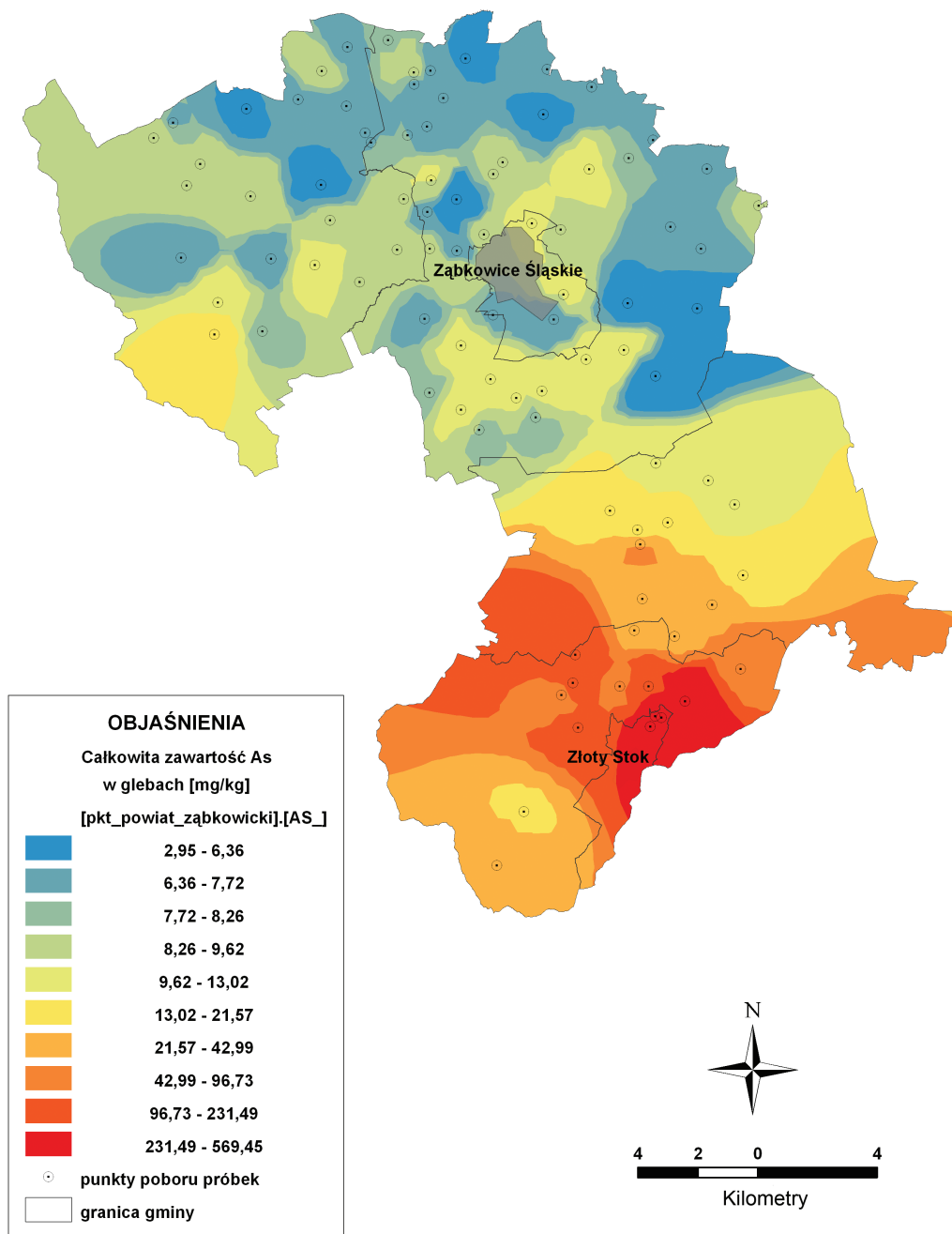


**Mapa 8.**  
**CAŁKOWITA ZAWARTOŚĆ NIKLU W GLEBACH UŻYTKÓW ROLNYCH**  
**POWIATU ZĄBKOWICKIEGO**

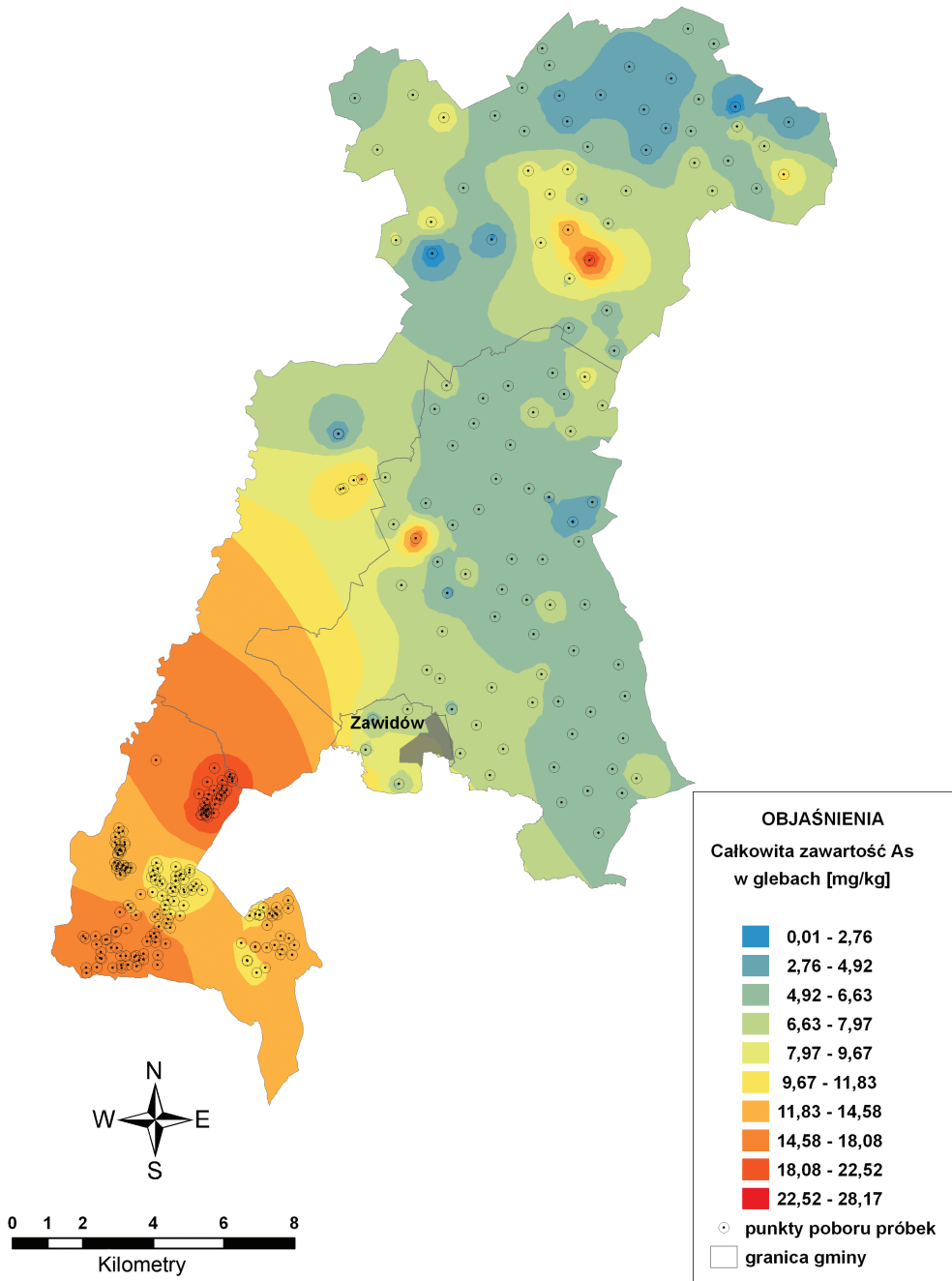




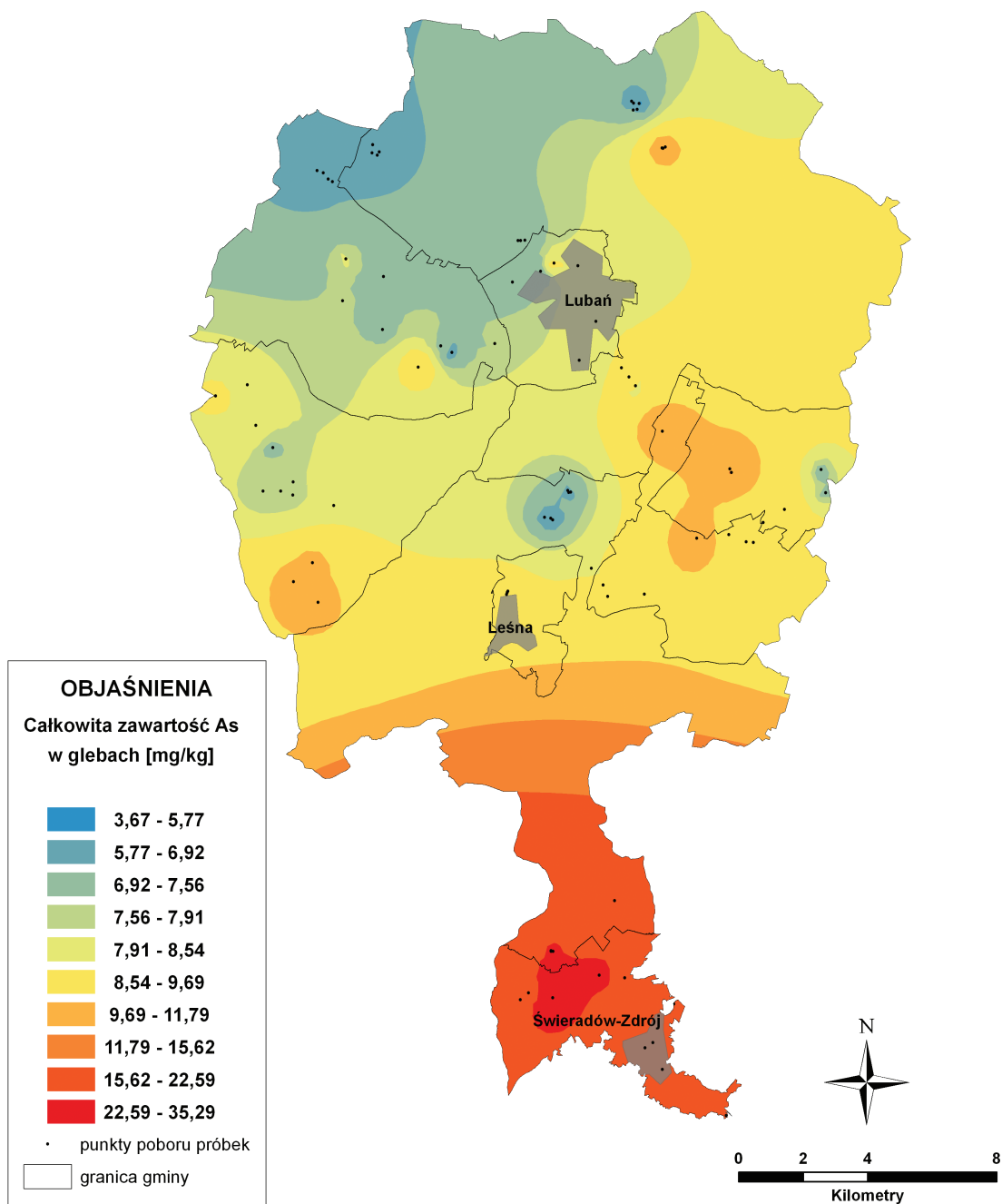
**Mapa 9.**  
**CAŁKOWITA ZAWARTOŚĆ ARSENU W GLEBACH UŻYTKÓW ROLNYCH**  
**POWIATU ZĄBKOWICKIEGO**



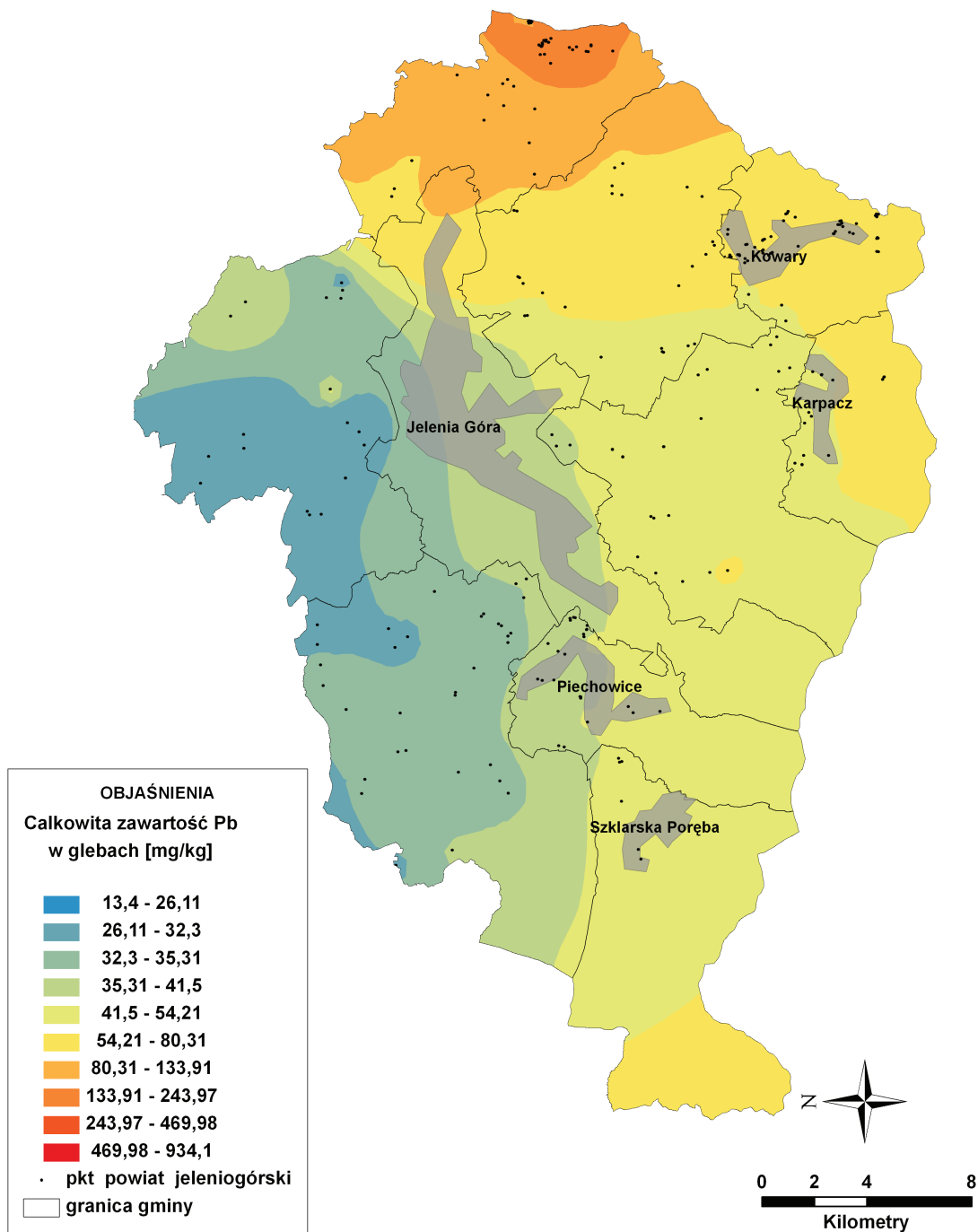
**Mapa 10.**  
**CAŁKOWITA ZAWARTOŚĆ ARSENU W GLEBACH UŻYTKÓW ROLNYCH**  
**POWIATU ZGORZELECKIEGO**



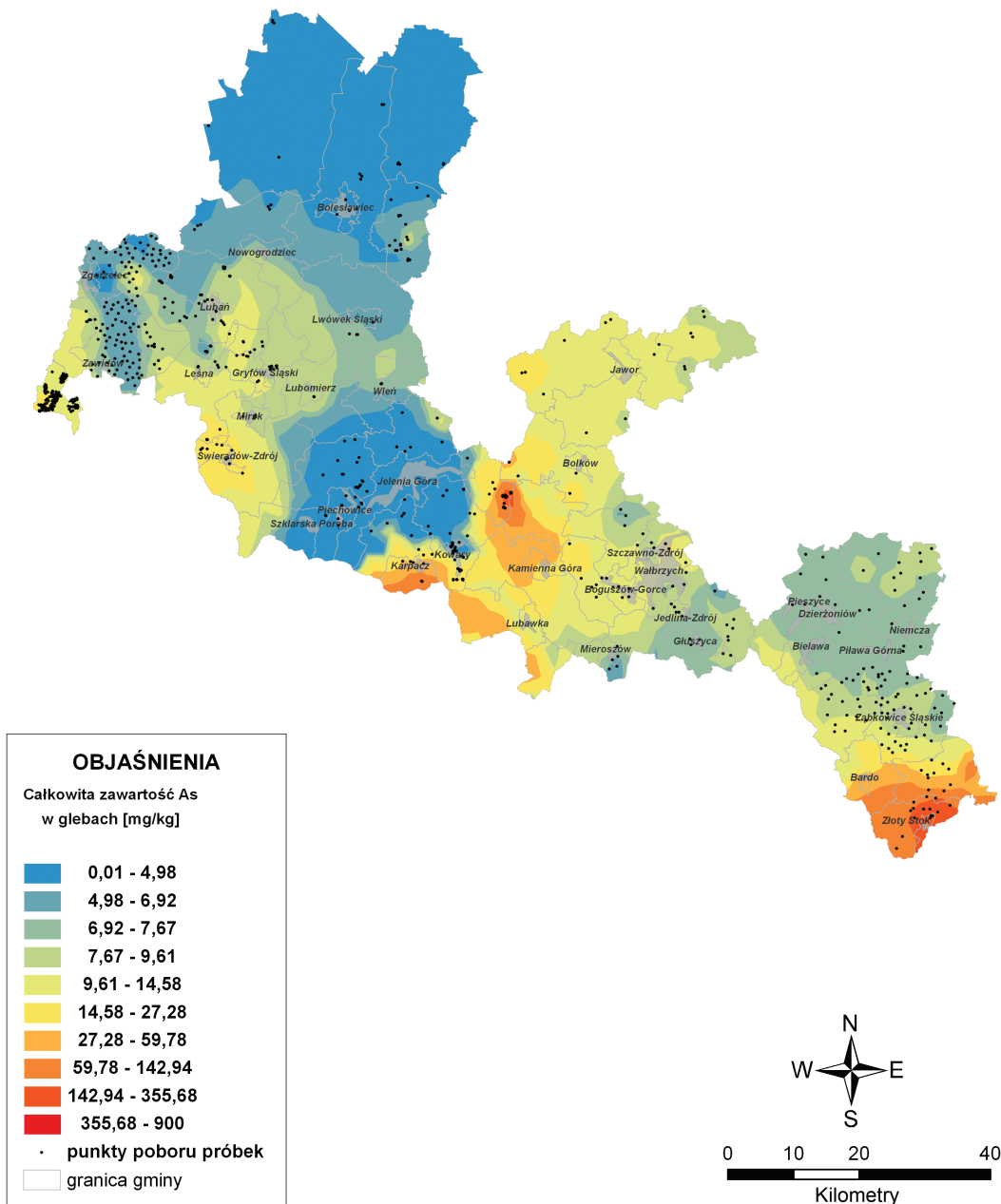
**Mapa 11.**  
**CAŁKOWITA ZAWARTOŚĆ ARSENU W GLEBACH UŻYTKÓW ROLNYCH**  
**POWIATU LUBAŃSKIEGO**



**Mapa 12.**  
**CAŁKOWITA ZAWARTOŚĆ OŁOWIU W GLEBACH UŻYTKÓW ROLNYCH**  
**POWIATU JELENIOGÓRSKIEGO**



**Mapa 13.**  
**CAŁKOWITA ZAWARTOŚĆ ARSENU W GLEBACH UŻYTKÓW ROLNYCH**  
**NA TERENACH BADANYCH POWIATÓW**



**Mapa 14.**  
**REGIONY KLIMATYCZNE W WOJEWÓDZTWIE DOLNOŚLĄSKIM**  
 wg. A. Schmuecka i A. Wosia

