

# Szczegółowa mapa geochemiczna Górnego Śląska

Detailed geochemical map of Upper Silesia

1:25 000

Arkusz  
Sheet

**BYTOM**

Redaktorzy  
Editors

*Anna Pasieczna Agnieszka Konon*



Państwowy Instytut Geologiczny  
Państwowy Instytut Badawczy  
Warszawa 2021

*Sfinansowano ze środków Narodowego Funduszu Ochrony Środowiska i Gospodarki Wodnej*

---

Autorzy: Anna Pasieczna, Katarzyna Strzezińska, Agnieszka Konon, Kamil Bala, Angelika Szczypczyk

Recenzent: prof. dr hab. Izabela Bojakowska

Tłumaczenie: Krzysztof Leszczyński

Redakcja: Monika Masiak

Skład: Łukasz Borkowski

Projekt okładki: Łukasz Borkowski na podstawie projektu serii Wojciecha Markiewicza

Zdjęcie na okładce: fragment mapy geologicznej z 1870 r. (Degenhardt) ze zbiorów PIG-PIB

© Copyright by Państwowy Instytut Geologiczny – Państwowy Instytut Badawczy, Warszawa 2021

ISBN 978-83-66888-66-1

Adres redakcji:  
Państwowy Instytut Geologiczny – Państwowy Instytut Badawczy,  
00-975 Warszawa, ul. Rakowiecka 4

Nakład 250 egz.

Druk i oprawa: Drukarnia Braci Grodzickich Sp.J., ul. Geodetów 47a, 05-500 Piaseczno

## SPIS TREŚCI

Wstęp – <i>Anna Pasieczna</i> .....	5
Charakterystyka obszaru arkusza – <i>Anna Pasieczna</i> .....	5
Budowa geologiczna i złoża kopalin – <i>Katarzyna Strzezińska</i> .....	5
Antropopresja – <i>Anna Pasieczna</i> .....	7
Zakres i metodyka badań – <i>Anna Pasieczna</i> .....	7
Prace terenowe – <i>Anna Pasieczna</i> .....	7
Prace laboratoryjne – <i>Anna Pasieczna</i> .....	8
Bazy danych i konstrukcja map geochemicznych – <i>Anna Pasieczna,</i> <i>Agnieszka Konon, Kamil Bala, Angelika Szczypczyk</i> .....	9
Wyniki badań – <i>Anna Pasieczna</i> .....	18
Gleby – <i>Anna Pasieczna</i> .....	18
Osady – <i>Anna Pasieczna</i> .....	19
Wody powierzchniowe – <i>Anna Pasieczna</i> .....	21
Wnioski – <i>Anna Pasieczna</i> .....	21
Literatura .....	30
Tablice 1–63	

## CONTENTS

Introduction – <i>Anna Pasieczna</i> .....	22
Characteristics of the map area – <i>Anna Pasieczna</i> .....	22
Geology and mineral deposits – <i>Katarzyna Strzezińska</i> .....	23
Human impact – <i>Anna Pasieczna</i> .....	24
Materials and methods – <i>Anna Pasieczna</i> .....	24
Field works – <i>Anna Pasieczna</i> .....	24
Laboratory works – <i>Anna Pasieczna</i> .....	25
Databases and geochemical maps construction – <i>Anna Pasieczna,</i> <i>Agnieszka Konon, Kamil Bala, Angelika Szczypczyk</i> .....	26
Results – <i>Anna Pasieczna</i> .....	26
Soils – <i>Anna Pasieczna</i> .....	26
Sediments – <i>Anna Pasieczna</i> .....	28
Surface water – <i>Anna Pasieczna</i> .....	29
Conclusions – <i>Anna Pasieczna</i> .....	29
References .....	30
Plates 1–63	

## SPIS TABLIC

1. Mapa geologiczna  
Geological map
2. Zabudowa terenu  
Land development
3. Użytkowanie terenu  
Land use
4. Zawartość frakcji piaskowej (1,0–0,1 mm) w glebach (0,0–0,3 m)  
Sand fraction (1.0–0.1 mm) in topsoil (0.0–0.3 m)
5. Zawartość frakcji pyłowej (0,1–0,02 mm) w glebach (0,0–0,3 m)  
Silt fraction (0.1–0.02 mm) in topsoil (0.0–0.3 m)
6. Zawartość frakcji ilowej (<0,02 mm) w glebach (0,0–0,3 m)  
Clay fraction (<0.02 mm) in topsoil (0.0–0.3 m)
7. Odczyn gleb (0,0–0,3 m) i wód powierzchniowych  
Acidity of topsoil (0.0–0.3 m) and surface water
8. Odczyn gleb (0,8–1,0 m) i przewodność elektrolityczna właściwa wód powierzchniowych  
Acidity of subsoil (0.8–1.0 m) and electrolytic conductivity of surface water
9. Srebro w glebach (0,0–0,3 m) i w osadach  
Silver in topsoil (0.0–0.3 m) and in sediments
10. Srebro w glebach (0,8–1,0 m) i w wodach powierzchniowych  
Silver in subsoil (0.8–1.0 m) and in surface water
11. Glin w glebach (0,0–0,3 m) i w osadach  
Aluminium in topsoil (0.0–0.3 m) and in sediments
12. Glin w glebach (0,8–1,0 m) i w wodach powierzchniowych  
Aluminium in subsoil (0.8–1.0 m) and in surface water
13. Arsen w glebach (0,0–0,3 m) i w osadach  
Arsenic in topsoil (0.0–0.3 m) and in sediments
14. Arsen w glebach (0,8–1,0 m) i w wodach powierzchniowych  
Arsenic in subsoil (0.8–1.0 m) and in surface water
15. Bor w wodach powierzchniowych  
Boron in surface water
16. Bar w glebach (0,0–0,3 m) i w osadach  
Barium in topsoil (0.0–0.3 m) and in sediments
17. Bar w glebach (0,8–1,0 m) i w wodach powierzchniowych  
Barium in subsoil (0.8–1.0 m) and in surface water
18. Beryl w wodach powierzchniowych  
Beryllium in surface water
19. Całkowity węgiel organiczny w glebach (0,0–0,3 m)  
Total organic carbon in topsoil (0.0–0.3 m)
20. Wapń w glebach (0,0–0,3 m) i w osadach  
Calcium in topsoil (0.0–0.3 m) and in sediments
21. Wapń w glebach (0,8–1,0 m) i w wodach powierzchniowych  
Calcium in subsoil (0.8–1.0 m) and in surface water
22. Kadm w glebach (0,0–0,3 m) i w osadach  
Cadmium in topsoil (0.0–0.3 m) and in sediments
23. Kadm w glebach (0,8–1,0 m) i w wodach powierzchniowych  
Cadmium in subsoil (0.8–1.0 m) and in surface water
24. Kobalt w glebach (0,0–0,3 m) i w osadach  
Cobalt in topsoil (0.0–0.3 m) and in sediments
25. Kobalt w glebach (0,8–1,0 m) i w wodach powierzchniowych  
Cobalt in subsoil (0.8–1.0 m) and in surface water
26. Chrom w glebach (0,0–0,3 m) i w osadach  
Chromium in topsoil (0.0–0.3 m) and in sediments
27. Chrom w glebach (0,8–1,0 m) i w wodach powierzchniowych  
Chromium in subsoil (0.8–1.0 m) and in surface water
28. Miedź w glebach (0,0–0,3 m) i w osadach  
Copper in topsoil (0.0–0.3 m) and in sediments
29. Miedź w glebach (0,8–1,0 m) i w wodach powierzchniowych  
Copper in subsoil (0.8–1.0 m) and in surface water
30. Żelazo w glebach (0,0–0,3 m) i w osadach  
Iron in topsoil (0.0–0.3 m) and in sediments
31. Żelazo w glebach (0,8–1,0 m) i w wodach powierzchniowych  
Iron in subsoil (0.8–1.0 m) and in surface water
32. Rtęć w glebach (0,0–0,3 m) i w osadach  
Mercury in topsoil (0.0–0.3 m) and in sediments
33. Rtęć w glebach (0,8–1,0 m)  
Mercury in subsoil (0.8–1.0 m)
34. Potas w wodach powierzchniowych  
Potassium in surface water
35. Lit w wodach powierzchniowych  
Lithium in surface water
36. Magnez w glebach (0,0–0,3 m) i w osadach  
Magnesium in topsoil (0.0–0.3 m) and in sediments
37. Magnez w glebach (0,8–1,0 m) i w wodach powierzchniowych  
Magnesium in subsoil (0.8–1.0 m) and in surface water
38. Mangan w glebach (0,0–0,3 m) i w osadach  
Manganese in topsoil (0.0–0.3 m) and in sediments
39. Mangan w glebach (0,8–1,0 m) i w wodach powierzchniowych  
Manganese in subsoil (0.8–1.0 m) and in surface water
40. Molibden w wodach powierzchniowych  
Molybdenum in surface water
41. Sód w wodach powierzchniowych  
Sodium in surface water
42. Nikiel w glebach (0,0–0,3 m) i w osadach  
Nickel in topsoil (0.0–0.3 m) and in sediments
43. Nikiel w glebach (0,8–1,0 m) i w wodach powierzchniowych  
Nickel in subsoil (0.8–1.0 m) and in surface water
44. Fosfor w glebach (0,0–0,3 m) i w osadach  
Phosphorus in topsoil (0.0–0.3 m) and in sediments
45. Fosfor w glebach (0,8–1,0 m) i w wodach powierzchniowych  
Phosphorus in subsoil (0.8–1.0 m) and in surface water
46. Ołów w glebach (0,0–0,3 m) i w osadach  
Lead in topsoil (0.0–0.3 m) and in sediments
47. Ołów w glebach (0,8–1,0 m) i w wodach powierzchniowych  
Lead in subsoil (0.8–1.0 m) and in surface water
48. Siarka w glebach (0,0–0,3 m) i w osadach  
Sulphur in topsoil (0.0–0.3 m) and in sediments
49. Siarka w glebach (0,8–1,0 m) i siarczany w wodach powierzchniowych  
Sulphur in subsoil (0.8–1.0 m) and sulphates in surface water
50. Antymon w wodach powierzchniowych  
Antimony in surface water
51. Selen w wodach powierzchniowych  
Selenium in surface water
52. Krzemionka w wodach powierzchniowych  
Silica in surface water
53. Stront w glebach (0,0–0,3 m) i w osadach  
Strontium in topsoil (0.0–0.3 m) and in sediments
54. Stront w glebach (0,8–1,0 m) i w wodach powierzchniowych  
Strontium in subsoil (0.8–1.0 m) and in surface water
55. Tytan w glebach (0,0–0,3 m) i w osadach  
Titanium in topsoil (0.0–0.3 m) and in sediments
56. Tytan w glebach (0,8–1,0 m) i w wodach powierzchniowych  
Titanium in subsoil (0.8–1.0 m) and in surface water
57. Tal w wodach powierzchniowych  
Thallium in surface water
58. Uran w wodach powierzchniowych  
Uranium in surface water
59. Wanad w glebach (0,0–0,3 m) i w osadach  
Vanadium in topsoil (0.0–0.3 m) and in sediments
60. Wanad w glebach (0,8–1,0 m) i w wodach powierzchniowych  
Vanadium in subsoil (0.8–1.0 m) and in surface water
61. Cynk w glebach (0,0–0,3 m) i w osadach  
Zinc in topsoil (0.0–0.3 m) and in sediments
62. Cynk w glebach (0,8–1,0 m) i w wodach powierzchniowych  
Zinc in subsoil (0.8–1.0 m) and in surface water
63. Klasyfikacja gleb z głębokości 0,0–0,3 m ze względu na dopuszczalną zawartość kadmu  
Topsoil (0.0–0.3 m) classification according to the permissible content of cadmium

## WSTĘP

Zdjęcie geochemiczne w skali 1:25 000 na terenie objętym arkuszem Bytom M-34-50-D-c jest kontynuacją szczegółowych prac kartograficznych, zapoczątkowanych w latach 1996–1999 opracowaniem pilotowego arkusza Sławków M-34-63-B-b *Szczegółowej mapy geochemicznej Górnego Śląska* (Lis, Pasieczna, 1999). Do 2016 r. w Państwowym Instytucie Geologicznym – Państwowym Instytucie Badawczym (PIG-PIB) opracowano 17 arkuszy opublikowanych w formie oddzielnych atlasów. Wszystkie prace sfinansowano ze środków Narodowego Funduszu Ochrony Środowiska i Gospodarki Wodnej po akceptacji Ministerstwa Środowiska (obecnie Ministerstwa Klimatu i Środowiska).

Przeważająca część obszaru arkusza obejmuje teren miast Bytom i Zabrze. Jest to rejon położony w północno-zachodniej części Górnośląskiego Okręgu Przemysłowego (GOP), który należy do najbardziej uprzemysłowionych i zurbanizowanych terenów Polski.

Historyczna i współczesna eksploatacja złóż węgla kamiennego oraz dawne górnictwo rud Zn-Pb są głównymi czynnikami, które wpłynęły na stan środowiska przyrodniczego. Z działalnością tych gałęzi przemysłu, rozwijanych z największą intensywnością w XIX i XX w., jest związane zanieczyszczenie metalami, arsenem i siarką gleb, osadów strumieniowych i rzecznych oraz wód powierzchniowych (Lis, Pasieczna, 1995a, b, 1997). W następstwie współczesnych przemian gospodarczych wiele uciążliwych dla środowiska i wodochłonnych zakładów związanych z górnictwem zlikwidowano lub zmodernizowano.

Pomimo przemysłowego charakteru analizowanego obszaru znajdują się tu również cenne obiekty przyrodnicze. Na pograniczu Bytomia i Tarnowskich Gór jest zlokalizowany rezerwat Segiet, chroniący las bukowy oraz Suchogórski Labirynt Skalny, w którym zachowały się ślady historycznego górnictwa kruszcowego. W sąsiedztwie rezerwatu znajduje się podziemny system sztolni (Podziemia Tarnogórsko-Bytomskie) chroniony w ramach obszarów Natura 2000 jako zimowisko nietoperzy.

Wyniki badań geochemicznych zaprezentowane w formie kartograficznej wraz z komentarzem tekstowym i zestawieniami tabelarycznymi, przedstawiają aktualny stan jakości gleb, osadów śródlądowych zbiorników wodnych i wód powierzchniowych, porównanie do naturalnego tła regionalnego oraz obowiązujących normatywów prawnych.

Zgromadzone informacje mogą być przydatne przy opiniowaniu projektów miejscowych planów zagospodarowania przestrzennego, prowadzeniu postępowań związanych z wydawaniem decyzji o uwarunkowaniach środowiskowych i pozwoleń wodnoprawnych, ocenie zagrożeń dla środowiska gruntowo-wodnego oraz wypełnianiu obowiązku nałożonego na starostów ustawą Prawo ochrony środowiska (POŚ), tj. prowadzeniu okresowych badań jakości gleby i ziemi w ramach monitoringu państwowego. Dane geochemiczne opracowania powinny być także wykorzystane przy sporządzaniu rejestrów historycznych zanieczyszczeń prowadzonych przez Generalną Dyрекcję Ochrony Środowiska (zgodnie z ustawą POŚ) oraz przy prowadzeniu Ocen Oddziaływania na Środowisko (a w szczególności przy ocenie oddziaływania skumulowanego).

Wersja elektroniczna atlasu jest dostępna pod adresem <http://www.mapgeochem.pgi.gov.pl>

W realizacji opracowania brali udział:

- **A. Pasieczna** – koncepcja i projekt badań;
- **A. Konon** – nadzór i koordynacja prac;
- **T. Kolečki, W. Markowski** – pobieranie próbek;
- **K. Bala, T. Kolečki, A. Konon, W. Markowski, A. Pasieczna** – bazy danych;
- **D. Karmasz, A. Maksymowicz, M. Stasiuk, A. Sztuczyńska** – kierownictwo i koordynacja prac analitycznych;
- **L. Andrzejewski, M. Cichorski** – mechaniczne przygotowanie próbek do analiz;

- **M. Bialecka, E. Kalwa** – chemiczne przygotowanie próbek do analiz;
- **J. Gąsior, B. Kamińska, M. Stasiuk** – oznaczanie zawartości węgla organicznego metodą wysokotemperaturowego spalania z detekcją IR;
- **M. Bellok, M. Bialecka, E. Kalwa, A. Maksymowicz** – oznaczanie pH;
- **J. Duszyński, E. Górecka, D. Karmasz, D. Lech** – oznaczanie zawartości rtęci metodą CV-AAS;
- **W. Bureć-Drewniak, D. Karmasz, J. Kucharzyk, D. Lech, J. Retka** – oznaczanie zawartości pierwiastków głównych i śladowych metodami ICP-OES i ICP-MS;
- **M. Cyglicki, A. Grabowska, A. Iłska, K. Szewczuk, A. Trojanowska** – analizy granulometryczne;
- **A. Konon, A. Pasieczna** – obliczenia statystyczne;
- **K. Bala, A. Konon, A. Pasieczna, A. Szczypczyk** – opracowanie map geochemicznych;
- **A. Pasieczna** – opracowanie części tekstowej atlasu.

## CHARAKTERYSTYKA OBSZARU ARKUSZA

**Położenie geograficzne i administracyjne.** Arkusz Bytom M-34-50-D-c obejmuje teren położony na Wyżynie Śląskiej w obrębie jednostki niższego rzędu – Wyżyny Katowickiej (Kondracki, 2009).

Analizowany obszar jest fragmentem śląskiej aglomeracji miejsko-przemysłowej zlokalizowanej w środkowej części województwa śląskiego. W jego obrębie znajdują się dzielnice miast na prawach powiatu: Bytomia (Sucha Góra, Stolarzowice, Miechowice, Karb, zachodnie części dzielnic Stroszek i Szombierki) i Zabrze (Grzybowice, Rokitnica, Mikulczyce i Biskupice). Część północna terenu arkusza należy do powiatu tarnogórskiego i obejmuje fragmenty gmin Tarnowskie Góry i Zbrosławice (tabl. 1–63).

**Ukształtowanie powierzchni, geomorfologia i hydrografia.** Powierzchnia arkusza generalnie obniża się w kierunku południowo-zachodnim (od 346 m n.p.m. w Rezerwacie Segiet i 340 m n.p.m. na wzgórzu Cipiórg do 250 m n.p.m. w dolnym biegu Potoku Mikulczyckiego).

W wielu miejscach naturalna morfologia terenu jest silnie przekształcona w wyniku wielowiekowej działalności górniczej. Cechą charakterystyczną rzeźby zmienionej w następstwie górnictwa rud Zn-Pb w północno-wschodniej części obszaru objętego arkuszem są liczne formy antropogeniczne: hałdy, garby, niecki, nasypy, doły i przekopy. Ponadto w tym samym rejonie w kamieniołomach Błachówka i Lazarówka wydobywano dolomit, zaś na południu arkusza znajduje się kilkadziesiąt wyrobisk powierzchniowych lub zapadlisk utworzonych w wyniku eksploatacji węgla kamiennego. Wypełniają je stawy z których największy to zapadliskowy staw Brantka położony na pograniczu Miechowic i Karbia.

Większość powierzchni w granicach arkusza znajduje się w zlewni Odry. Do zlewni Wisły należy jedynie część północno-wschodnia odwadniana przez potok Seget (Segiet). Sieć hydrograficzna jest zmieniona przez różnorodną działalność przemysłową oraz regulowanie i kanalizowanie koryt rzecznych powodujące degradację ich dolin. Przez środkową część terenu objętego arkuszem przepływa Potok Mikulczycki, który w górnym biegu nazywany jest także Potokiem Rokitnickim, a w dolnym Potokiem Żernickim. Górna część zlewni Potoku Mikulczyckiego cechuje się gęstą siecią dopływów o naturalnym charakterze. Potok ten uchodzący do Bytomki, zasilany jest przez Dopływ spod Górników i Dopływ w Mikulczycach. Część terenu jego zlewni jest w wielu miejscach pokryta zwartą zabudową, a dopływy są uregulowane i skanalizowane (Cempiel i in., 2014). Część zachodnia terenu arkusza jest odwadniana przez Dopływ z Ptakowic i Potok Grzybowicki (w zlewni Dramy).

**Zabudowa i użytkowanie terenu.** Tereny bez zabudowy zajmują ok. 75% powierzchni arkusza. Są to głównie lasy pokrywające doliny Potoku Rokitnickiego

i potoku Seget w środkowo-wschodniej części analizowanego obszaru oraz tereny użytków rolnych na zachodzie (tabl. 2 i 3). Inne tereny bez zabudowy to pasy zieleni przydrożnej, trawniki i parki miejskie, ogródki działkowe, zbiorniki wodne oraz tereny kolejowe.

Tereny zajęte przez zabudowę mieszkaniową, usługową (usługi i handel) i przemysłową (infrastruktura kopalń węgla kamiennego, zakładów przemysłowych, bazy transportowe) są zlokalizowane głównie w części południowo-wschodniej obszaru powierzchni arkusza. Wśród terenów zabudowanych przeważa zabudowa miejska niska (16% powierzchni arkusza). Zabudowa miejska wysoka zajmuje 4%, a tereny przemysłowe 5% (kopalnie, huty, zakłady metalowe, wysypiska i hałdy).

**Gospodarka.** Płytkie występowanie złóż rud Zn-Pb umożliwiło ich eksploatację w północno-wschodniej części terenu w granicach arkusza (w rejonie wspólnego Rezerwatu Segiet, wzgórza Cipiórg i Suchej Góry) już od lat 20. XVI w. (Molenda, 1960, 1972; Grzechnik, 1978; Majorczyk, 1986). Kopalnie galeny czynne były także w Zbrosławicach i Ptakowicach (Urząd...). Historycznym obszarem górnictwa kruszcowego jest obszar górniczy Hipolit (położony na południe od rezerwatu Segiet), w którym istniało 30 szybów górniczych (Krisowe szlaki...) oraz rejon lasu „Planeta” w Reptach Starych, gdzie w połowie XIX w. utworzono kopalnie Planet-Grube (Jędrzejczyk-Korycińska, 2009) i Verona-Grube (Geognostische Karte...).

Najstarsza eksploatacja była związana głównie z pozyskiwaniem srebronośnej galeny, a w XIX i XX w. wydobywano też galman, limonit (żelaziak brunatny) i dolomit (Tarnowskie Góry...). W rejonie tarnogórsko-bytomskim liczba szybów wydobywczych w latach 1529–1627 wynosiła ok. 20 tys. (Kerber, 1977). Od drugiej połowy XIX w. do 1914 r. wydobywanie galeny prowadzono w miejscowościach: Piekary Rudne (202 szyby), Ptakowice (277 szybów), Sucha Góra (54 szyby), Stolarzowice (4 szyby) (Chrobok, 2009).

Na południu i wschodzie obszaru objętego arkuszem przez szereg lat prowadzono eksploatację węgla kamiennego w kopalniach Pstrowski, Miechowice i Bobrek. Obecnie z połączenia kopalń piekarsko-bytomskich utworzono zakład KWK Bobrek-Piekary w którym wydobywanie przewidziane jest do ok. 2030 r. (Węglokoks...).

## BUDOWA GEOLOGICZNA I ZŁOŻA KOPALIN

Przeważająca część obszaru arkusza jest położona w obrębie jednostki strukturalnej noszącej nazwę niecki bytomskiej, która należy do północnej części Górnośląskiego Zagłębia Węglowego (GZW). Jest częścią paleozoicznej struktury waryscyjskiej, pociętej licznymi uskokami. Stwierdzono tu występowanie utworów karbonu, permu, triasu, neogenu oraz czwartorzędu (Buła, Kotas, 1994). Analizowany obszar ma bogatą historię badań geologicznych ze względu na występowanie kopalin – rud metali, węgla kamiennego i surowców skalnych.

Podłoże utworów węglonośnych **karbonu** stanowią warstwy malinowickie (namur A – wizen). Są to klastyczne osady terygeniczne z licznymi poziomami fauny morskiej, zbudowane głównie ze skał ilasto-mułowcowych z przewarstwieniami drobnoziarnistych piaskowców.

Utwory karbonu produktywnego występują na głębokości ok. 200–1600 m. Stanowią kompleks skał ilowcowo-mułowcowo-piaskowcowych zaliczonych do: serii paralicznej karbonu górnego – warstw brzeźnych (namur A), górnośląskiej serii piaskowcowej namuru górnego (namur B i C) oraz serii mułowcowej westfału dolnego (westfal B).

Osady serii paralicznej są zbudowane z piaskowców i skał ilasto-mułowcowych z przewarstwieniami cienkich pokładów węgla, łupków węglowych, a sporadycznie także łupków sapropelowych. Są to osady deponowane w warunkach lądowych

i przybrzeżnych, z okresowymi zalewami morskimi, które potwierdza występowanie w profilu serii fauny morskiej, obok licznych wkładek z fauną słodkowodną. Charakterystyczną cechą omawianej serii jest cykliczność sedimentacji. Maksymalna miąższość utworów serii paralicznej w osi niecki bytomskiej (w południowej części terenu arkusza) wynosi ok. 1000–1100 m i wyklinowuje się ku północy.

Górnośląską serię piaskowcową reprezentują utwory limniczne i deltowe – piaskowce, zlepieńce, mułowce i ilowce z pokładami węgla kamiennego. Ich miąższość dochodzi do 600 m w południowo-wschodniej części obszaru arkusza. Na profil tej serii składają się dwa ogniwa litostratygraficzne – warstwy siodłowe i rudzkie, leżące niezgodnie na osadach serii paralicznej (Kotas, Malczyk, 1972). Strop serii wyznacza ostatni poziom z fauną słodkowodną, towarzyszący pokładom węgla kamiennego 407 i 408 – jeden z najważniejszych poziomów korelacyjnych GZW (Dybova, Jachowicz, 1957). W profilu serii naliczono ok. 60 pokładów węgla kamiennego (Jureczka, Kotas, 1995) o miąższości ok. 4–8 m każdy.

Serię mułowcową budują mułowce, ilowce i piaskowce z licznymi pokładami węgla kamiennego o miąższości do 1,5 m. Utwory te występują tylko w południowo-wschodniej części obszaru arkusza, gdzie osiągają miąższość do 150 m. Część spągową serii tworzą warstwy załęskie, wiekowo odpowiadające westfalowi A, a stropową warstwy orzeskie, należące do dolnej części westfalu B. Granicę pomiędzy utworami westfalu A i westfalu B wyznacza przewodni poziom tufitowy pokładu 327 (Porzycki, 1972). Serię przykrywają utwory triasu (Buła, Kotas, 1994).

Piaskowce, zlepieńce, ilowce i mułowce **permu** występują jedynie przy północnej granicy obszaru arkusza, wypełniając rów tektoniczny niecki Tarnowskich Gór. Jest ona częścią większej jednostki – rowu Sławkowa, który stanowi północne i północno-wschodnie obrzeżenie GZW (Siedlecka, 1964; Kiersnowski, 1991). Osady permu budują wiśniowe mułowce ze skupieniami pirytu oraz piaskowce i margle przechodzące w łupki ilaste, przykryte seriami zlepieńców i piaskowców. W zlepieńcach występują otoczaki wapieni dewońskich, kwarcytów, porfirów i melafirów, a w ich spoiwie notowano tufy (Żero, 1968). Sumaryczna miąższość utworów molasy permskiej na obszarze arkusza nie przekracza 100 m.

Utwory **triasu** występują w nadkładzie osadów karbonu na przeważającej części analizowanego obszaru. Ich zmienna miąższość, uwarunkowana tektoniką oraz rzeźbą powierzchni utworów karbońskich waha się od kilkudziesięciu metrów w części południowej obszaru badań do około 200 m w części wschodniej.

Utwory triasu dolnego leżą erozyjnie na osadach karbonu górnego i występują pod przykryciem osadów triasu środkowego. Ich stratotypowy profil został opisany w rejonie Świerklańca (na obszarze arkusza Świerklaniec, położonym w kierunku NE od arkusza Bytom) jako warstwy świerklanieckie. Są one wykształcone w postaci piasków, ilów i piaskowców, podrzędnie zlepieńcowatych, przechodzących w stropie w mułowce i ilowce, pochodzenia lądowego. Ich miąższość waha się od kilkunastu do ponad 40 m.

W pełni wykształcony profil osadów triasu środkowego występuje jako charakterystyczna facja epikontynentalna, nazywana wapieniem muszlowym. Utwory te odsłaniają się na północy i w rejonie południowo-wschodnim obszaru arkusza tworząc rozczłonkowane wychodnie (tabl. 1) zaznaczone w morfologii terenu w formie wzgórz.

Na terygenicznych utworach warstw świerklanieckich leżą niezgodnie morskie osady, wcześniej określane jako utwory retu. Są to głównie wapień dolomityczny, dolomity margliste, margle dolomityczne i piaszczyste oraz sporadycznie wapień jamiste. Miąższość tych osadów jest zmienna i w granicach omawianego obszaru wynosi 30–50 m.

Nad serią marglisto-dolomityczną występują wapień zaliczone do warstw błotnickich i gogolińskich o łącznej miąższości 40–60 m. Nad warstwami gogolińskimi występuje warstwa dolomitów kruszczonośnych o miąższości ok. 20–40 m. Największą miąższość osiągają w obrębie tzw. niecki tarnogórskiej (w północno-wschodniej części obszaru arkusza). Osady te budują skryształizowane dolomity, rzadziej wapień, występujące głównie gniazdowo. Są to skały epigenetyczne,

powstałe w następstwie hydrotermalnego przeobrażenia wapieni, głównie warstw gorazdeckich, terebratulowych i karchowickich. Charakteryzują je silne spękania oraz obecność nieregularnych kawern, często wypełnionych siarczkami ołowiu, cynku i żelaza. Na wychodniach utlenione siarczki koncentrują się w galmanach oraz w gniazdach rud żelaza (limonitów).

Wapień i margle warstw górażdzańskich, terebratulowych i karchowickich, występujące nad dolomitami kruszczonośnymi zostały przez Kotlickiego (1995) ujęte w formację kalinowicką. W obrębie analizowanego obszaru osady tej formacji niemal całkowicie uległy metasomatozie i wchodzi w skład dolomitów kruszczonośnych. Jasnoszare wapień krystaliczne z rogowcami warstw górażdzańskich, o miąższości ok. 20 m odsłaniają się na powierzchni terenu na południe od Zbrostawic. Na powierzchni terenu badań utwory warstw karchowickich zostały stwierdzone w nieczynnym kamieniołomie pod Mikulczycami (skrajnie południowa część arkusza).

Z uwagi na trudności w rozdzieleniu występujących w profilu osadów triasu dolomitów diploporowych i dolomitów warstw tarnowickich na przeważającej części arkusza zaznaczono je jako warstwy nierozdzielone. Dolomity diploporowe zaliczone do warstw jemielnickich występują na powierzchni terenu w okolicach Bytomia osiągają maksymalną miąższości do 30 m, a dolomity i wapień warstw tarnowickich do 20 m.

Utwory **neogenu** tworzą regolity zgromadzone głównie w lejach i kominach krasowych rozwiniętych w stropie skał węglanowych triasu oraz ily, mułki, piaski i margle reprezentujące osady strefy brzegowej morza mioceńskiego. Leje krasowe mają średnice od kilku do kilkudziesięciu, a nawet kilkuset metrów. Wypełniają je gliny, piaski, mułki i ily o pstrych barwach oraz rudy limonitowe i galmany, które były przedmiotem intensywnej eksploatacji w XIX w. w rejonie Suchej Góry i Stolarzowic. Osady te występują również w kamieniołomie Blachówka i w profilach kilku otworów wiertniczych, gdzie ich miąższość dochodzi do kilkunastu metrów.

Osady **czwartorzędowe** pokrywają ok. 90% powierzchni obszaru arkusza (tabl. 1). Ich wykształcenie jest uwarunkowane rzeźbą podłoża podczwartorzędowego, a rozprzestrzenienie i miąższość wzrasta w kierunku południowym.

Osady zlodowceń południowopolskich wypełniają głównie dno kopalnej doliny Bytomki. Są to piaski i żwiry rzeczno-lodowcowe, o miąższości dochodzącej do 25 m oraz ily i mułki zastoiskowe o miąższości do 10 m, najczęściej przykryte poziomem glin zwałowych.

Przeważającą część powierzchni arkusza pokrywają osady zlodowceń środkowopolskich. Są to ily i mułki zastoiskowe, piaski i żwiry wodnolodowcowe oraz gliny zwałowe z otoczkami skał krystalicznych lub wapieni i kwarcu. Sporadycznie występują piaski, żwiry, mułki i gliny zwałowe w spływach kemów (w rejonie Suchej Góry) oraz piaski, żwiry, glazy i gliny zwałowe moren czołowych, budujące pagórki w okolicach Stolarzowic, Ptakowic i Grzybowic wyznaczające strefę postępu czoła lądolodu podczas jego maksymalnego zasięgu.

Utwory czwartorzędu nierozdzielonego to głównie piaski, gliny i mułki zwierzelinowe (eluwialne) na glinach zwałowych, o miąższości nie przekraczającej 4 m oraz piaski, żwiry i mułki deluwialno-rzeczne, zalegające w dnach suchych dolinek. Osady holocenijskie dolin rzecznych to piaski, żwiry i mułki rzeczne tarasów zwałowych, o miąższości maksymalnie do 8 m oraz namuły den dolinnych (mułki piaszczyste z dużą ilością substancji humusowych).

**Złóża kopalin.** Na obszarze objętym arkuszem udokumentowano aktualnie 14 złóż, w tym dziewięć wielopokładowych złóż węgla kamiennego, 2 złoża ilów ceramiki budowlanej, 1 złożo dolomitów, 1 złożo wapieni i 1 złożo piasków (Szufflicki i in., 2020). Są one zlokalizowane głównie we wschodniej części arkusza.

Pierwsze niewielkie kopalnie **węgla kamiennego** działały tu już w połowie XIX w. Niektóre z nich utworzono w miejscu zakładów górniczych, eksploatujących wcześniej galman. W związku z wyeksploatowaniem tego surowca pod koniec lat 50. XIX w. i zwiększającym się zapotrzebowaniem na surowce energetyczne zaczęto w nich wydobywać węgiel kamienny. Przykładem jest kopalnia Karsten-Zentrum (po 1945 r. Dymitrow,

później Centrum), która powstała w 1881 r., z połączenia kilku pól górniczych niewielkich kopalń i wywodziła się z wcześniejszej kopalni galmanu Teresa. W latach późniejszych liczba kopalń i wydobycie węgla kamiennego zwiększało się dynamicznie w rejonie Rokitnicy, Stroszka i Miechowic. Powstała kopalnia Castellengo (po 1945 r. Rokitnica), której budowa rozpoczęła się w 1857 r., a eksploatacja w 1899 r. W pierwszych latach XX w. eksploatowano węgiel kamienny w kilku kopalniach, m.in.: Preussengrube (po 1945 r. Miechowice), Beuthengrube (po 1945 r. Bytom), Abwehrgube (później Mikulczyce), Concordia i Ludwig.

Kopalnia Pstrowski (wcześniej Hedwigswunsch, Berta-Hedwig, Jadwiga) działała w latach 1854–1856 (Jaros, 1984), a od 2002 r. jej złoża eksploatowała kopalnia Siltech. W kopalni Miechowice wydobywano węgiel w latach 1902–2005. Po zamknięciu zakładu zlikwidowano wszystkie szyby i budynki. W kopalni Bobrek wydobycie prowadzono od 1907 r.

Na przestrzeni kolejnych lat kopalnie podlegały wielokrotnie łączeniu poszczególnych ruchów/kopalń i zmianie ich nazw (zwłaszcza po II wojnie światowej i w latach 90. XX w.).

Złoża węgla kamiennego występujące w południowo-wschodniej części arkusza i w różnym stopniu wchodzące w jego obręb noszą nazwy: Powstańców Śląskich, Bobrek-Miechowice, Bytom I, Bytom III, Centrum, Jadwiga 2, Bytom I-1, Bobrek-Miechowice-1 i Bobrek-Miechowice-2. Liczba i granice złóż węgla kamiennego podlegają w ostatnich latach bardzo częstym zmianom z uwagi na wyeksploatowanie zasobów i dokumentowanie mniejszych złóż w granicach złóż udokumentowanych.

Informacje dotyczące parametrów złóż oraz parametrów jakościowych kopalni zacytowano za dokumentacjami geologicznymi poszczególnych złóż oraz systemu gospodarki i ochrony bogactw mineralnych (MIDAS).

Zasoby węgla kamiennego zostały udokumentowane do głębokości od 535 m (złoże Jadwiga 2) do 1050 m (złoże Centrum) w kategoriach A-C<sub>2</sub>. Serię złożową stanowią pokłady warstw orzeskich (grupa 300), rudzkich (grupa 400), siodłowych (grupa 500) oraz serii paralicznej (pokłady grupy 800, 700 i 600 – namur A) o miąższości od 200 do 1000 m. W opisywanej serii występują węgle energetyczne (typ 32–33) i rzadziej gazowo-koksowe (typ 34). Miąższość pojedynczych bilansowych pokładów węgla waha się od 1 do 10 m. Ich wartość opałowa wynosi 13 400–31 600 kJ/kg, zawartość popiołu 2,9–52%, a zawartość siarki 0,2–2,0%. Jakościowo najlepsze są węgle warstw siodłowych. Zawierają najmniej popiołu i siarki, a ich pokłady charakteryzują się dużymi grubościami oraz małą liczbą przerostów skał płonnych. Węgla warstw rudzkich i orzeskich zawierają więcej siarki i popiołu (od kilkunastu do 40%). Z uwagi na wieloletnią eksploatację zasoby przemysłowe większości złóż węgla kamiennego są niewielkie (maks. 15 mln t.), a w części złóż nie występują. Największe zasoby bilansowe udokumentowane zostały w złożach Bytom III – ok. 73 mln t oraz Bobrek-Miechowice i Bobrek-Miechowice 1 – ok. 38 mln t.

W większości rejonów eksploatacyjnych kopalń występują zagrożenia naturalne – metanowe, pyłowe, pożarowe i tąpniętami.

W ostatnich 30. latach w niecce bytomskiej zaszły duże zmiany w strukturze górniczej, polegające na zlikwidowaniu kilku kopalń i kilku zakładów górniczych węgla kamiennego w rejonie Bytomia. Obecnie jedyną czynną kopalnią jest KWK Bobrek-Piekary oraz dwa niewielkie zakłady górnicze. Eksploatacja prowadzona jest systemem ścianowym, na przeważającym obszarze na zawał; sporadycznie z użyciem podsadzki hydraulicznej. Wydobycie węgla kamiennego jest niewielkie, w granicach 0,12–0,18 mln t, jedynie eksploatacja węgla ze złoża Bytom III jest znacząca i wynosi ok. 1 mln t (Szufflicki i in., 2020).

Na obszarze arkusza występują złoża **surowców skalnych**: węglanowych (wapień i dolomity triasowe), surowców ilastych ceramiki budowlanej (gliny, ily, ilolupki) oraz piasków.

Złożo dolomitów Bobrowniki-Blachówka w północno-wschodniej części arkusza budują dolomity diploporowe i kruszczonośne wapienia muszlowego, znajdujące się pod nadkładem utworów czwartorzędowych o średniej miąższości 9,2 m. Miąższość

serii złożowej wynosi 40–55,4 m. Zasoby kopaliny łącznie wynoszą 36,6 mln t (w tym 25,8 mln t. dolomitów udokumentowanych jako kamienie łamane i bloczne). Surowiec może być wykorzystywany w hutnictwie, rolnictwie, przemyśle szklarskim oraz do produkcji kruszywa łamanego. Eksploatacja dolomitów (prowadzona od początku XX w. do 1997 r.) została zaniechana ze względów ekonomicznych, złożo zostało zrehabilitowane, a w jego granicach powstał ośrodek narciarski Sportowa Dolina Dolomity.

Niezagospodarowane złożo wapieni Zbrosławice zostało udokumentowane w obrębie wychodni wapieni falistych środkowego triasu. Są one w niewielkim stopniu skrasowiałe i zalegają pod nakładem gliny piaszczystej o średniej grubości ok. 5 m. Zasoby kopaliny wynoszą ok. 0,07 mln t.

Złoża pokładowe surowców ilastych ceramiki budowlanej mają niewielkie powierzchnie. Złożo Miechowice zostało udokumentowane w obrębie wychodni ilów triasowych, stanowiących zwietrzelinę środkowotriasowych wapieni i dolomitów, a częściowo także glin czwartorzędowych. Zaniechane złożo Bobrek jest zbudowane z glin i ilów czwartorzędowych.

Złożo piasków Sucha Góra położone na przedpolu południowej granicy zrehabilitowanego kamieniołomu Bobrowniki-Blachówka nie było dotąd eksploatowane. Różnoziarniste piaski czwartorzędowe o średniej miąższości 6 m leżą bezpośrednio na zerodowanych dolomitach triasowych. Piaski nie są zbyt dobrej jakości, zawierają od 3 do 6,4% pyłów mineralnych.

## ANTROPOPRESJA

Stan środowiska przyrodniczego omawianego obszaru jest konsekwencją działalności przemysłowej i urbanizacji. Przekształcenia zostały spowodowane w największym stopniu przez płytkie górnictwo srebronośnej galeny i galmanu oraz podziemną eksploatację węgla kamiennego. Ta działalność gospodarcza doprowadziła do zmian krajobrazu i sieci hydrograficznej oraz zanieczyszczenia gleb, osadów i wód. Na terenach po eksploatacji węgla kamiennego występują obniżenia, leje zapadliskowe, rowy i szczeliny, a po wydobywaniu rud Zn-Pb pozostały szyby, sztolnie, pustki i hałdy odpadów popłuczkowych. Na południu analizowanego obszaru deformacje na zdegradowanych gruntach powodują uszkodzenia budowli, infrastruktury technicznej i szlaków komunikacyjnych (Aktualizacja..., 2012). Tereny poprzemysłowe poddawane są stopniowo rekultywacji poprzez zalesianie i likwidowanie hałd odpadów często wykorzystywanych jako materiał w budownictwie drogowym.

**Powietrze atmosferyczne.** Zanieczyszczenia powietrza (powierzchniowe, punktowe i liniowe) są emitowane ze źródeł sektora komunalno-bytowego, z działalności przemysłowej oraz ze środków komunikacji.

Zanieczyszczenia liniowe pochodzące ze środków komunikacji samochodowej, zależą od intensywności ruchu. Na niekorzystne zmiany jakości powietrza najbardziej narażone są tereny w otoczeniu autostrady A1 i licznych dróg dojazdowych do miast. Głównymi źródłami emisji zanieczyszczeń punktowych są zakłady przemysłowe (przetwórcze, górnicze i elektrociepłownie) i piece indywidualnie ogrzewanych domów.

Według corocznej oceny jakości powietrza przeprowadzanej przez WIOŚ, na obszarze województwa śląskiego w emisji tlenków siarki i tlenków azotu największy udział miały źródła punktowe (odpowiednio 67% i 53%), a w emisji pyłów PM10 i PM2,5 źródła powierzchniowe (Stan..., 2020). Głównymi źródłami emisji zanieczyszczeń były zakłady przetwórstwa przemysłowego, zakłady elektroenergetyczne oraz górnicze. W efekcie stosowania urządzeń oczyszczających powietrze w wielu zakładach następuje redukcja ilości emitowanych zanieczyszczeń pyłowych jak i gazowych.

W ogólnej emisji gazów w woj. śląskim dominującym zanieczyszczeniem jest dwutlenek węgla. Poza nim w zanieczyszczeniach gazowych duży udział mają: metan, tlenek węgla i dwutlenek siarki. Większość emisji dwutlenku azotu pochodzi ze środków transportu. Ponadto w okresie letnim w warunkach wysokiej temperatury i silnego promieniowania słonecznego występują przekroczenia zawartości ozonu.

W 2018 r. średnia roczna stężenia dwutlenku siarki w Zabrzu wynosiła 13 µg/m<sup>3</sup>, dwutlenku azotu 24 µg/m<sup>3</sup>, średnia roczna benzenu nie przekraczała poziomu dopuszczalnego (5 µg/m<sup>3</sup>), a emisja zanieczyszczeń pyłu PM10 w rejonie Zabrze zmalała o 10% (Stan..., 2020).

Z zakładów przemysłowych różnych branż pochodzą emisje związków organicznych (m.in. węglowodorów aromatycznych i rozpuszczalników, formaldehydu, fenolu) oraz metali ciężkich. Emisja odorów występuje głównie w otoczeniu oczyszczalni ścieków, składowisk odpadów komunalnych i przemysłowych.

**Wody powierzchniowe i podziemne.** Wody powierzchniowe na omawianym terenie są zanieczyszczane zrzutami ścieków z oczyszczalni, ścieków socjalno-bytowych z zabudowy mieszkaniowej, ścieków deszczowych i zasolonych wód kopalnianych (Aktualizacja..., 2014). Z zakładami przemysłowymi związane są osadniki wód dołowych, popłuczkowych, podsadzkowych, chłodniczych oraz zbiorniki przy oczyszczalniach ścieków. Kompleksowe programy porządkowania gospodarki wodno-ściekowej powinny wkrótce skutkować zmniejszeniem obciążenia wód powierzchniowych zanieczyszczeniami.

Przeważająca część terenu objętego arkuszem należy do zlewni Potoku Mikulczyckiego i Bytomki. Dla obydwu cieków największym obciążeniem są wody dołowe z kopalń węgla zawierające podwyższone stężenia chlorków, siarczanów i zawiesin.

Poza wodami płynącymi, na analizowanym terenie znajdują się liczne zbiorniki powierzchniowe powstałe wskutek osiadań związanych z prowadzeniem działalności górniczej i pełniące funkcje retencyjne. Największy zbiornik o takiej genezie to staw Brantka na pograniczu Miechowic i Karbia. W jego obrębie mieści się wyspa (która niekiedy staje się półwyspem). Znajduje na niej pozostałość szybu Koch należącego do historycznej kopalni kruszców Fryderyk.

Zanieczyszczenia oddziałujące na jakość wód powierzchniowych przenikają także do wód podziemnych, które występują w utworach czwartorzędu, triasu i karbonu (Krzanowska i in., 2004).

Czwartorzędowe piętro wodonośne jest zdegradowane w wyniku drenującej działalności kopalń węgla kamiennego i nie ma większego znaczenia użytkowego.

Piętro triasowe jest odkryte lub częściowo przykryte utworami czwartorzędu i zasilane na drodze infiltracji opadów atmosferycznych bezpośrednio na obszarach wychodni oraz przez przepuszczalne utwory czwartorzędu (Razowska-Jaworek, Brodziński, 2016). Główne zbiorniki triasowych wód podziemnych w zachodniej części arkusza to Zbiornik Bytom (GZWP nr 329) i Zbiornik Gliwice (GZWP nr 330), których strefa graniczna przebiega pod Radzionkowem. Wody Zbiornika Gliwice zostały zanieczyszczone trichloroetanem i tetrachloroetanem przez Zakłady Chemiczne Tarnowskie Góry (Szadkowska, Gwóźdź, 2015).

Zwierciadło karbońskiego piętra wodonośnego uległo degradacji i obniżeniu na skutek drenażu górniczego.

**Gleby.** W granicach arkusza naturalnie występują gleby bielcowe i brunatne, rozwinięte na osadach polodowcowych lub utworach rzecznych. W wyniku długiej i intensywnej działalności gospodarczej zostały one silnie przeobrażone. Ze względu na intensywną działalność przemysłową gleby w wielu rejonach są zdegradowane i zanieczyszczone (szczególnie metalami ciężkimi: ołowiem i kadmem), podobnie jak całe środowisko (Wieczorek, 2009).

W miejscach gromadzenia odpadów oraz intensywnych emisji pyłów z zakładów przemysłowych i środków komunikacji gleby bardzo często nie posiadają w pełni wykształconego profilu z powodu wielokrotnego przekopania i przesuszenia. Skład-

niki naturalne są w nich przemieszane z materiałami obcymi. Lokalne zanieczyszczenie gleb metalami wiąże się z historyczną eksploatacją i hutnictwem rud cynku i ołowiu oraz oddziaływaniem odpadów pogórnich (hałd skał płonnych, osadników szlamów, mulów węglowych, wód dołowych) i odpadów przemysłu energetycznego. Niekiedy do rozprzestrzeniania się zanieczyszczeń przenikających do gleb przyczynia się wykorzystywanie odpadów górniczych w rekultywacji terenów poprzemysłowych, budownictwie drogowym i wodnym.

Do najsilniej zanieczyszczonych arsenem, kadmem, cynkiem, ołowiem, rtęcią i miedzią należą gleby obszarów miejskich Zabrze i Bytomia (Pasieczna, 2003) zaś gleby użytkowane rolniczo w północno-zachodniej części obszaru arkusza są lokalnie zanieczyszczone przez kadm, ołów i cynk (Lis, Pasieczna, 1995b).

**Składowiska odpadów.** W południowo-wschodniej części obszaru arkusza zlokalizowane są skupiska hałd i osadników o znaczących powierzchniach (sięgających 2 km<sup>2</sup>). Hałdy odpadów (skał płonnych, żużli pohnicznych z wytopu cynku i ołowiu, hutnictwa żelaza oraz osadów po wzbogacaniu rud metali) pozostały po eksploatacji przez kilka stuleci rud Zn-Pb i węgla kamiennego. Wypłukiwanie i rozpraszanie ich potencjalnie toksycznych składników stwarza największe ryzyko zanieczyszczenia środowiska przyrodniczego.

W materiale hałd po wzbogacaniu rud Zn-Pb z północno-wschodniej części obszaru arkusza występują podwyższone zawartości arsenu, kadmu, ołowiu, cynku i talu, zawartych zarówno w minerałach kruszczowych jak i w rozpuszczalnych wtórnych fazach mineralnych (Cabała, 1996).

Opady pogórnice kopalń węgla charakteryzuje niska zawartość substancji szkodliwych dla środowiska naturalnego. Są zatem wykorzystywane do prac inżynierskich, niwelacji, podsadzki i produkcji materiałów budowlanych. Część hałd została zlikwidowana lub zrehabilitowana lecz działające zakłady stale wymuszają konieczność zagospodarowania odpadów z aktualnie prowadzonej produkcji.

## ZAKRES I METODYKA BADAŃ

Badania wykonane w latach 2017–2021 obejmowały studium materiałów publikowanych i archiwalnych, wyznaczenie miejsc pobierania próbek gleb na mapach topograficznych w skali 1:10 000, pobranie próbek i pomiary współrzędnych w miejscach ich lokalizacji, pomiary odczynu i przewodności elektrolitycznej właściwej wód powierzchniowych w terenie, analizy chemiczne próbek, utworzenie baz danych terenowych i laboratoryjnych, obliczenia statystyczne wyników analiz chemicznych, opracowanie podkładu topograficznego, opracowanie mapy geologicznej i map geochemicznych oraz interpretację wyników. Kolejność prac ilustruje załączony schemat (fig. 1).

## PRACE TERENOWE

Próbki gleb pobierano w regularnej siatce 250×250 m (16 próbek/km<sup>2</sup>). Lokalizację miejsc opróbowania dokumentują mapy przedstawiające jednocześnie zabudowę i użytkowanie terenu (tabl. 2–3). Łącznie pobrano 1330 próbek z głębokości 0,0–0,3 m oraz 1257 próbek z głębokości 0,8–1,0 m. W przypadku płytszego zalegania podłoża pobierano próbkę o miąższości 20 cm bezpośrednio nad skałą macierzystą. Próbki gleb (o masie ok. 500 g), pobierane za pomocą ręcznej sondy o średnicy 60 mm, umieszczano w woreczkach płóciennych opatrzonych odpowiednimi numerami i wstępnie suszono na drewnianych paletach w magazynie terenowym.

Próbki osadów i wód powierzchniowych (odpowiednio 314 i 274 próbki) pobierano z rzek, strumieni, rowów, kanałów, jezior, sadzawek i stawów. Odległość

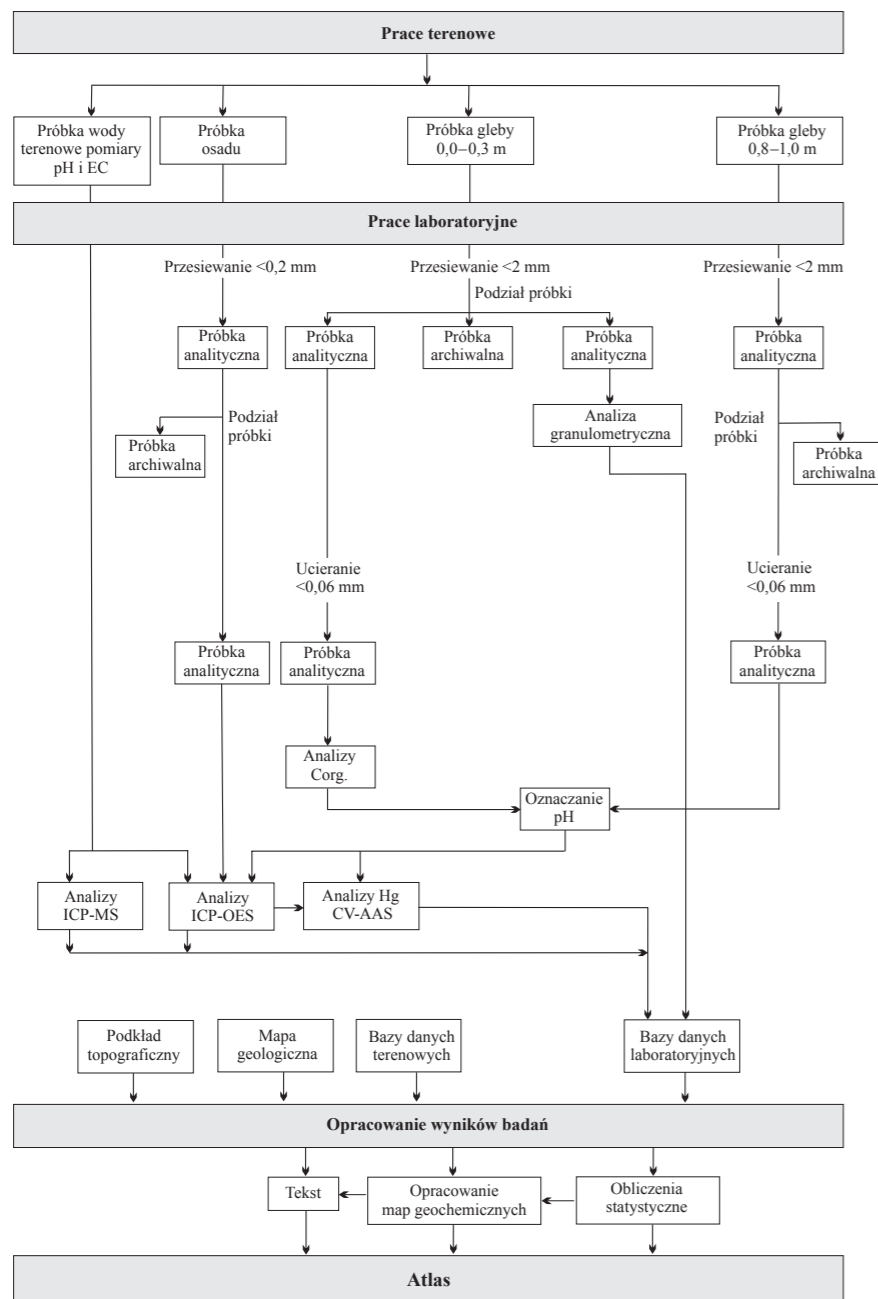


Fig. 1. Schemat wykonanych prac

między miejscami pobierania próbek na ciekach wynosiła ok. 250 m. Punkty opróbowania wód powierzchniowych i osadów przedstawiono na tablicach obrazujących zawartość pierwiastków chemicznych w tych elementach środowiska zaczynając odpowiednio od tablic 7 i 9.

Próbki osadów o masie ok. 500 g (i możliwie najdrobniejszej frakcji) pobierano z brzegów zbiorników za pomocą czepaka aluminiowego i umieszczano w pojemnikach plastikowych, o pojemności 500 ml, opisanych odpowiednimi numerami.

Próbki wód powierzchniowych pobierano z tych samych miejsc, z których pobrano próbki osadów. Przewodność elektrolityczną właściwą wód (EC) i ich odczyn (pH) mierzono w terenie. Do pomiarów EC stosowano konduktometr z automatyczną kompensacją temperaturową, przyjmując temperaturę referencyjną 25°C.

Próbki wód były filtrowane w terenie przez filtry Milipore 0,45 µm, a po napełnieniu butelek o objętości 30 ml, zakwaszane kwasem azotowym. Butelki opisywano odpowiednimi numerami.

Miejsca pobrania wszystkich próbek zaznaczano na mapach topograficznych w skali 1:10 000 i opisywano odpowiednimi numerami.

Położenie miejsc pobierania próbek określono techniką GPS, stosując urządzenie umożliwiające obok pomiarów współrzędnych rejestrację dodatkowych informacji (wartości pH i EC wód, danych o zabudowie i użytkowaniu terenu oraz o charakterze litologicznym próbek). Pomiar współrzędnych rejestrowano z dokładnością ±2–10 m. Przed wyjazdem w teren do pamięci urządzenia GPS wprowadzano sieć współrzędnych miejsc pobierania próbek. Kolejne miejsca pobierania próbek były wyszukiwane w terenie metodą nawigacji satelitarnej. Dla większego bezpieczeństwa wszystkie dane terenowe były notowane również na specjalnie przygotowanych kartach (fig. 2).

### PRACE LABORATORYJNE

Przygotowanie próbek do badań, oznaczenia parametrów fizykochemicznych oraz analizy chemiczne wykonano w laboratorium chemicznym PIG-PIB.

**Przygotowanie próbek.** Próbki gleb po przewiezieniu do laboratorium były suszone w temperaturze pokojowej i przesiewane przez sita nylonowe o oczkach 2 mm. Każdą próbkę gleby z głębokości 0,0–0,3 m, po przesianiu i kwartowaniu, dzielono na trzy podpróbki: jedną przeznaczoną do analizy chemicznej, drugą do analizy granulometrycznej i trzecią archiwalną. Każdą próbkę gleby z głębokości 0,8–1,0 m, po przesianiu i kwartowaniu, dzielono na dwie podpróbki: jedną przeznaczoną do analizy chemicznej, drugą archiwalną (fig. 1). Próbki gleb przeznaczone do analiz chemicznych ucierano do frakcji <0,06 mm w agatowych młynach kulowych.

Próbki osadów suszono w temperaturze pokojowej, a następnie przesiewano przez sita nylonowe o oczkach 0,2 mm. Frakcję <0,2 mm, po kwartowaniu, dzielono na dwie podpróbki: jedną przeznaczoną do analizy chemicznej i drugą archiwalną (fig. 1).

Próbki archiwalne zmagazynowano w Państwowym Instytucie Geologicznym – Państwowym Instytucie Badawczym w Warszawie.

**Analizy chemiczne.** Roztworzenie próbek gleb i osadów przeprowadzono w wodzie królewskiej (1 g próbki do końcowej objętości 50 ml) przez 1 godz. w temp. 95°C w termostатовanym bloku aluminiowym.

Oznaczenia zawartości Ag, Al, As, Ba, Ca, Cd, Co, Cr, Cu, Fe, Mg, Mn, Ni, P, Pb, S, Sr, Ti, V i Zn w glebach i osadach wykonano za pomocą spektrometrii emisyjnej ze wzbudzeniem plazmowym (ICP-OES). Analizy zawartości Hg w próbkach gleb i osadów przeprowadzono metodą absorpcyjnej spektrometrii atomowej z generowaniem zimnych par rtęci (CV-AAS) w układzie przepływowo-wstrzykowy FIAS-100. Odczyn gleb oznaczono metodą potencjometryczną w zawiesinie H<sub>2</sub>O, a oznaczenia zawartości węgla organicznego (C<sub>org</sub>) w glebach metodą wysokotemperaturowego spalania z detekcją w podczerwieni IR. Oznaczenia zawartości B, Ba, Ca, Cr, Fe, K, Mg, Mn, Na, P, SiO<sub>2</sub>, SO<sub>4</sub>, Sr, Ti i Zn w wodach powierzchniowych przeprowadzono metodą ICP-OES, a zawartości Ag, Al, As, Be, Cd, Co, Cu, Li, Mo, Ni, Pb, Sb, Se, Tl, U i V metodą ICP-MS. Zestawienie metod analitycznych i granic oznaczalności pierwiastków przedstawiono w tabeli 1.

Kontrolę jakości wykonywanych oznaczeń prowadzono poprzez analizę próbek podwójnych (5% ogólnej liczby próbek), analizę materiałów odniesienia z atestowaną zawartością badanych pierwiastków (2% ogólnej liczby próbek) oraz analizę wewnętrznych próbek kontrolnych potwierdzających prawidłowe wykonywanie pomiarów instrumentalnych (5% ogólnej liczby próbek). Czystość odczynników

PAŃSTWOWY INSTYTUT GEOLOGICZNY  
Szczegółowa mapa geochemiczna Górnego Śląska 1:25 000  
Arkusz..... Data.....  
Opróbował.....

Nr próbki		Gleba		Współrzędne	
1		głębokość	0,0–0,3 m	X	
2		głębokość		Y	

Powiat..... Gmina..... Miejscowość.....

Zabudowa		Użytkowanie		Próbka		Gatunek gleby	
1	<input type="checkbox"/> brak	1	<input type="checkbox"/> pole uprawne	1	<input type="checkbox"/>	1	<input type="checkbox"/> piaszczysta, piasek
2	<input type="checkbox"/> wiejska	2	<input type="checkbox"/> las	2	<input type="checkbox"/>	2	<input type="checkbox"/> piaszczysto-gliniasta
3	<input type="checkbox"/> miejska niska	3	<input type="checkbox"/> łąka	3	<input type="checkbox"/>	3	<input type="checkbox"/> gliniasto-piaszczysta
4	<input type="checkbox"/> miejska wysoka	4	<input type="checkbox"/> nieużytek, ugór	4	<input type="checkbox"/>	4	<input type="checkbox"/> gliniasta
5	<input type="checkbox"/> przemysłowa	5	<input type="checkbox"/> trawnik	5	<input type="checkbox"/>	5	<input type="checkbox"/> glina
		6	<input type="checkbox"/> park	6	<input type="checkbox"/>	6	<input type="checkbox"/> mułek
		7	<input type="checkbox"/> ogród	7	<input type="checkbox"/>	7	<input type="checkbox"/> torfiasta, torf
				8	<input type="checkbox"/>	8	<input type="checkbox"/> antropogeniczna, nasypowa

Uwagi:.....

PAŃSTWOWY INSTYTUT GEOLOGICZNY  
Szczegółowa mapa geochemiczna Górnego Śląska 1:25 000  
Arkusz..... Data.....  
Opróbował.....

Nr próbki		pH		Współrzędne	
Osad	3			X	
Woda	4		EC	Y	

Powiat..... Gmina..... Miejscowość..... Nazwa zbiornika.....

Zabudowa		Użytkowanie		Zbiornik		Osad	
1	<input type="checkbox"/> brak	1	<input type="checkbox"/> pole uprawne	1	<input type="checkbox"/> rzeka	1	<input type="checkbox"/> piasek
2	<input type="checkbox"/> wiejska	2	<input type="checkbox"/> las	2	<input type="checkbox"/> strumień	2	<input type="checkbox"/> szlam organiczny
3	<input type="checkbox"/> miejska niska	3	<input type="checkbox"/> łąka	3	<input type="checkbox"/> kanał	3	<input type="checkbox"/> mul
4	<input type="checkbox"/> miejska wysoka	4	<input type="checkbox"/> nieużytek, ugór	4	<input type="checkbox"/> rów	4	<input type="checkbox"/> il
5	<input type="checkbox"/> przemysłowa	5	<input type="checkbox"/> trawnik	5	<input type="checkbox"/> jezioro		
		6	<input type="checkbox"/> park	6	<input type="checkbox"/> sadzawka		
		7	<input type="checkbox"/> ogród	7	<input type="checkbox"/> staw rybny		
				8	<input type="checkbox"/> osadnik		

Uwagi:.....

Fig. 2. Karty opróbowania gleb (A) oraz osadów i wód powierzchniowych (B)

i naczyń kontrolowano za pomocą „ślepych próbek odczynnikowych” i „ślepych próbek proceduralnych”.

Niepewność rozszerzona wyników (przy założonym poziomie prawdopodobieństwa 95% i współczynniku rozszerzenia k = 2) dla próbek wód, gleb i osadów nie przekracza 25%, z wyjątkiem niepewności rozszerzonej dla zawartości rtęci w próbkach gleb i osadów oraz zawartości węgla organicznego w próbkach gleb, która wynosi 30%.

**Analizy granulometryczne** gleb z głębokości 0,0–0,3 m wykonano w Centrum Badań Gruntów i Skał PIG-PIB w Warszawie. Badanie składu ziarnowego przeprowadzono metodą sitową zgodnie z instrukcją opracowania map geochemicznych i wytycznymi norm PN-R-04033 oraz BN-78/9180-11.

Po utlenieniu materii organicznej próbek (przez zastosowanie nadtlenu wodoru) przesiewano je przez kolumnę sit o wymiarach oczek: 1 mm; 0,1 mm; 0,02 mm i ważono uzyskane frakcje: 2–1 mm, 1,0–0,1 mm i <0,02 mm.



**Metody analityczne i granice wykrywalności**

Analytical methods and detection limits

**Tabela 1**  
Table

Pierwiastek/ związek Element/ compound	Metoda analityczna Analytical method	Jednostka Unit	Granica wykrywal- ności Detection limit	Metoda analitycz- na Analytical method	Jednostka Unit	Granica wykry- walności Detection limit
	Gleby, osady Soils, sediments			Wody powierzchniowe Surface water		
Ag	ICP-OES	mg/kg	1	ICP-MS	µg/dm <sup>3</sup>	0,05
Al	ICP-OES	%	0,01	ICP-MS	µg/dm <sup>3</sup>	0,5
As	ICP-OES	mg/kg	3	ICP-MS	µg/dm <sup>3</sup>	2
B				ICP-OES	mg/dm <sup>3</sup>	0,01
Ba	ICP-OES	mg/kg	1	ICP-OES	mg/dm <sup>3</sup>	0,001
Be				ICP-MS	µg/dm <sup>3</sup>	0,05
C <sub>org</sub> (TOC)	*	%	0,02			
Ca	ICP-OES	%	0,01	ICP-OES	mg/dm <sup>3</sup>	0,1
Cd	ICP-OES	mg/kg	0,5	ICP-MS	µg/dm <sup>3</sup>	0,05
Co	ICP-OES	mg/kg	1	ICP-MS	µg/dm <sup>3</sup>	0,05
Cr	ICP-OES	mg/kg	1	ICP-OES	mg/dm <sup>3</sup>	0,003
Cu	ICP-OES	mg/kg	1	ICP-MS	µg/dm <sup>3</sup>	0,05
Fe	ICP-OES	%	0,01	ICP-OES	mg/dm <sup>3</sup>	0,01
Hg	CV-AAS	mg/kg	0,02			
K				ICP-OES	mg/dm <sup>3</sup>	0,5
Li				ICP-MS	µg/dm <sup>3</sup>	0,3
Mg	ICP-OES	%	0,01	ICP-OES	mg/dm <sup>3</sup>	0,1
Mn	ICP-OES	mg/kg	2	ICP-OES	mg/dm <sup>3</sup>	0,001
Mo				ICP-MS	µg/dm <sup>3</sup>	0,05
Na				ICP-OES	mg/dm <sup>3</sup>	0,5
Ni	ICP-OES	mg/kg	1	ICP-MS	µg/dm <sup>3</sup>	0,5
P	ICP-OES	%	0,002	ICP-OES	mg/dm <sup>3</sup>	0,05
Pb	ICP-OES	mg/kg	2	ICP-MS	µg/dm <sup>3</sup>	0,05
S	ICP-OES	%	0,003			
Sb				ICP-MS	µg/dm <sup>3</sup>	0,05
Se				ICP-MS	µg/dm <sup>3</sup>	2
SiO <sub>2</sub>				ICP-OES	mg/dm <sup>3</sup>	0,1
SO <sub>4</sub>				ICP-OES	mg/dm <sup>3</sup>	1
Sr	ICP-OES	mg/kg	1	ICP-OES	mg/dm <sup>3</sup>	0,003
Ti	ICP-OES	mg/kg	5	ICP-OES	mg/dm <sup>3</sup>	0,002
Tl				ICP-MS	µg/dm <sup>3</sup>	0,05
U				ICP-MS	µg/dm <sup>3</sup>	0,05
V	ICP-OES	mg/kg	1	ICP-MS	µg/dm <sup>3</sup>	1
Zn	ICP-OES	mg/kg	1	ICP-OES	mg/dm <sup>3</sup>	0,003

ICP-OES – emisyjna spektrometria atomowa ze wzbudzeniem w plazmie indukcyjnie sprzężonej  
Inductively Coupled Plasma Atomic Emission Spectrometry

ICP-MS – spektrometria mas z jonizacją w plazmie indukcyjnie sprzężonej  
Inductively Coupled Plasma-Mass Spectrometry

CV-AAS – absorpcyjna spektrometria atomowa z generowaniem zimnych par rtęci  
Cold Vapour Atomic Absorption Spectrometry

\* – wysokotemperaturowe spalanie z detekcją IR  
high temperature combustion with IR detection

Wyniki analiz granulometrycznych (po przeliczeniu na udziały procentowe) przedstawiono na mapach klas ziarnowych: 1,0–0,1 mm frakcja piaszkowa, 0,1–0,02 mm frakcja pyłowa, <0,02 mm frakcja ilowa (tabl. 4–6).

### BAZY DANYCH I KONSTRUKCJA MAP GEOCHEMICZNYCH

**Podkład topograficzny.** Jako podkładu map geochemicznych w skali 1:25 000 użyto najbardziej aktualnej mapy topograficznej w skali 1:50 000 w układzie współrzędnych 1992, arkusz Bytom M-34-50-D (zapis wektorowy VMap L2). Mapa topograficzna zawiera następujące wektorowe warstwy informacyjne:

- rzeźba terenu;
- hydrografia (z podziałem na rzeki, strumienie, rowy i zbiorniki wód stojących);
- sieć komunikacji drogowej (z podziałem według klas);
- sieć kolejowa;
- zabudowa terenu (z podziałem na zabudowę wiejską, miejską oraz przemysłową);
- lasy;
- tereny przemysłowe (obiekty przemysłowe, wyrobiska kopalniane, hałdy i osadniki).

**Mapa geologiczna.** Do ilustracji budowy geologicznej badanego obszaru wykorzystano *Szczegółową Mapę Geologiczną Polski* 1:50 000 arkusz Bytom M-34-50-D (Biernat 1954; reambulacja Wilanowski, Lewandowski, 2016). Obrazy wektorowe arkusza utworzone w wyniku cyfryzacji połączono z podkładem topograficznym w formie mapy geologicznej w skali 1:25 000 (tabl. 1).

**Bazy danych.** Utworzono oddzielne bazy danych (arkusze kalkulacyjne):

- gleb z głębokości 0,0–0,3 m;
- gleb z głębokości 0,8–1,0 m;
- osadów;
- wód powierzchniowych.

Bazy danych gleb zawierają: numery próbek, wyniki pomiarów współrzędnych w miejscach pobierania próbek, zapis obserwacji terenowych (rodzaj zabudowy, użytkowanie terenu, gatunek gleby, lokalizacja miejsca pobierania próbek – powiat, gmina, miejscowość), datę i nazwisko osoby pobierającej próbki oraz wyniki analiz chemicznych.

Bazy danych osadów śródlądowych zbiorników wodnych i wód powierzchniowych zawierają: numery próbek, wyniki pomiarów współrzędnych w miejscach pobierania próbek, zapis obserwacji terenowych (rodzaj zabudowy, użytkowanie terenu, rodzaj zbiornika wodnego, rodzaj osadu, lokalizację administracyjną miejsca pobierania próbek – powiat, gmina, miejscowość), datę i nazwisko osoby pobierającej próbki oraz wyniki analiz chemicznych.

Dane arkusza zostały umieszczone w odrębnych tabelach (gleb, osadów i wód powierzchniowych) geobazy profesjonalnej Centralnej Bazy Danych Geologicznych (CBDG) funkcjonującej w środowisku *Oracle*. Dane zebrane w tabelach posłużyły do opracowania monopierwiastkowych map geochemicznych w aplikacji *ArcGIS 10.6*. W geobazie są przechowywane dane o charakterze opisowym (metadane), wyniki analiz chemicznych próbek oraz dane geometryczne składające się na część graficzną opracowania.

**Obliczenia statystyczne.** Wyniki zgromadzone w bazach danych służyły do wydzielenia podzbiorów do obliczeń statystycznych według różnych kryteriów środowiska, np. zawartości pierwiastków w glebach terenów przemysłowych, glebach leśnych, glebach terenów miejskich oraz w osadach i wodach poszczególnych cieków i zbiorników, oraz do konstrukcji map geochemicznych. Obliczenia parametrów statystycznych wykonano (w programie *Statistica*) zarówno dla całych zbiorów, jak i podzbiorów gleb, osadów i wód powierzchniowych. W przypadku zawartości pierwiastków poniżej granicy oznaczalności metody, do obliczeń staty-

stycznych przyjmowano zawartość równą połowie limitu detekcji danej metody analitycznej. Wyliczono średnią arytmetyczną, średnią geometryczną, medianę oraz wartość minimalną i maksymalną. Dane te dla poszczególnych pierwiastków i wskaźników zestawiono w tabelach 2–5 i zamieszczono na mapach geochemicznych (tabl. 7–62).

Przy interpretacji wyników jako miarę tła geochemicznego poszczególnych pierwiastków stosowano obliczone wartości median. Mediana jest parametrem statystycznym lepiej charakteryzującym zawartość w porównaniu ze średnią arytmetyczną, gdyż jest mniej obciążona wpływem wartości ekstremalnych. Inne parametry statystyczne (wariancja, odchylenie standardowe) nie nadają się do charakterystyki populacji o bliżej nieokreślonym rozkładzie.

**Opracowanie map.** Dla arkusza Bytom opracowano następujące mapy (tabl. 2–63):

- zabudowa terenu;
- użytkowanie terenu;
- zawartość węgla organicznego oraz frakcji piaszkowej, pyłowej i ilowej w glebach z głębokości 0,0–0,3 m;
- pH w glebach z głębokości 0,0–0,3 m i 0,8–1,0 m;
- zawartość Ag, Al, As, Ba, Ca, Cd, Co, Cr, Cu, Fe, Hg, Mg, Mn, Ni, P, Pb, S, Sr, Ti, V i Zn w glebach z głębokości 0,0–0,3 m i 0,8–1,0 m oraz w osadach;
- pH i EC oraz zawartość Ag, Al, As, B, Ba, Be, Ca, Cd, Co, Cr, Cu, Fe, K, Li, Mg, Mn, Mo, Na, Ni, P, Pb, SO<sub>4</sub>, Sb, Se, SiO<sub>2</sub>, Sr, Ti, Tl, U, V i Zn w wodach powierzchniowych;
- klasyfikacja gleb z głębokości 0,0–0,3 m zanieczyszczonych kadmem ze wskazaniem właściwego sposobu ich użytkowania.

Mapy geochemiczne opracowano w programie *ArcGIS 10.6*, który jest pakietem programów firmy ESRI, przeznaczonym do pracy na mapach i danych przestrzennych. Program umożliwia tworzenie nowych lub modyfikację istniejących map, analizę i wizualizację danych przestrzennych oraz zarządzanie nimi w geobazach.

Zabudowę i użytkowanie terenu oraz rozkład zawartości pierwiastków w osadach i wodach powierzchniowych przedstawiono w postaci map punktowych.

Do przedstawienia rozkładu klas ziarnowych w glebach, ich odczynu oraz zawartości w nich pierwiastków chemicznych wybrano izoliniową (obszarową) metodę opracowania map ze względu na jej przejrzystość i czytelność. Izoliniowe mapy geochemiczne utworzono stosując deterministyczną metodę odwrotnych odległości *Inverse Distance Weighted* – IDW. Jest to metoda pozwalająca uzyskać wynik dla danej komórki (*grid*) poprzez uśrednienie wartości z najbliższych punktów, a bliższe punkty mają większy wpływ na wartość interpolowaną. Wpływ ten jest ujęty jako odwrotność odległości danego punktu podniesiona do potęgi ustalonej przez wykonawcę. Zaletą metody jest określenie odległości, z której brane są pod uwagę punkty w procesie interpolacji.

Mapy rozkładu klas ziarnowych, odczynu gleb oraz zawartości pierwiastków w glebach opracowano dla zbioru wyników analiz chemicznych arkuszy: Bytom, Piekary Śląskie, Tarnowskie Góry i Świerklaniec w skali 1:25 000. Dla każdej mapy wykonywano jedną analizę przestrzenną wymienionych arkuszy, aby zapobiec niezgodnościom na ich granicach. Powstałe mapy monopierwiastkowe łączono z podkładem topograficznym w granicach danego arkusza.

Klasy uziarnienia gleb dobierano kierując się wartościami obliczonych parametrów statystycznych ich zawartości w obszarze ww. 4 arkuszy. Odczyn gleb przedstawiono według skali przyjętej w gleboznawstwie (z podziałem na gleby kwaśne, obojętne i zasadowe). Rozkład przestrzenny wybranych pierwiastków w glebach przedstawiono przy zastosowaniu postępu geometrycznego do wyznaczenia klas rozkładu.

Mapy geochemiczne osadów zbiorników wodnych i wód powierzchniowych opracowano oddzielnie dla arkusza Bytom. Utworzono je w formie kartodiagramów kołowych, przypisując im odpowiednie średnice do poszczególnych klas zawartości, ułożonych najczęściej w postępie geometrycznym.







Tabela 3 cd.  
Table 3 cont.

Gleby Soils	Parametry Parameters	Ag mg/kg	Al %	As mg/kg	Ba mg/kg	Ca %	Cd mg/kg	Co mg/kg	Cr mg/kg	Cu mg/kg	Fe %	Hg mg/kg	Mg %	Mn mg/kg	Ni mg/kg	P %	Pb mg/kg	S %	Sr mg/kg	Ti mg/kg	V mg/kg	Zn mg/kg	pH
Ogródki działkowe Allotments n = 34	a	<1	0,24	<3	13	0,03	<0,5	<1	3	2	0,20	<0,02	0,02	36	2	0,004	3	<0,003	2	45	4	8	5,35
	b	3	2,05	92	458	4,13	99,6	14	52	76	5,29	0,25	1,31	1756	51	0,060	4005	0,400	151	309	42	38 326	8,20
	c	<1	0,71	7	71	0,38	3,9	4	12	11	1,08	0,03	0,16	259	9	0,017	160	0,022	19	129	15	1282	7,22
	d	<1	0,63	3	46	0,14	0,6	3	10	7	0,85	0,02	0,11	168	7	0,014	23	0,006	9	113	13	82	7,19
	e	<1	0,71	4	39	0,12	<0,5	3	10	7	0,90	<0,02	0,11	166	6	0,013	16	0,005	8	114	16	54	7,32
Parki Parks n = 9	a	<1	0,44	<3	41	0,08	<0,5	2	6	4	0,51	0,02	0,06	92	4	0,013	23	0,005	7	76	8	43	7,17
	b	<1	1,27	21	690	2,17	7,9	15	24	67	2,54	0,17	0,55	748	38	0,101	206	0,224	255	335	43	1481	7,96
	c	<1	0,70	9	204	0,86	3,4	6	12	21	1,37	0,06	0,23	451	14	0,033	96	0,046	58	152	19	556	7,57
	d	<1	0,66	7	126	0,48	2,0	5	11	15	1,22	0,05	0,18	398	11	0,027	74	0,022	29	137	17	320	7,57
	e	<1	0,56	7	98	0,28	2,7	5	11	11	1,22	0,03	0,14	479	8	0,024	68	0,020	17	120	14	389	7,60
Trawniki Lawns n = 166	a	<1	0,14	<3	12	0,03	<0,5	<1	2	2	0,12	<0,02	0,02	15	2	0,004	4	<0,003	2	41	2	11	5,70
	b	24	1,30	275	1127	11,80	37,6	17	292	253	7,34	0,68	3,42	9203	55	0,230	8750	0,660	458	523	154	21 669	9,26
	c	<1	0,66	14	144	1,02	3,6	5	17	21	1,39	0,06	0,27	659	12	0,033	243	0,039	38	128	19	845	7,69
	d	<1	0,63	7	91	0,45	1,5	4	13	13	1,13	0,04	0,17	417	10	0,026	74	0,017	21	113	16	242	7,67
	e	<1	0,67	6	87	0,48	1,6	5	12	13	1,12	0,04	0,16	473	10	0,025	75	0,020	21	112	17	249	7,78
Gleby piaszczyste Sandy soils n = 417	a	<1	0,14	<3	8	<0,01	<0,5	<1	2	1	0,09	<0,02	0,02	8	<1	<0,002	<2	<0,003	1	33	2	6	4,50
	b	17	1,42	790	522	12,70	160,7	41	52	35	30,62	0,47	6,23	37 307	46	0,180	49 157	0,060	109	295	74	33 853	8,56
	c	<1	0,46	5	33	0,17	1,4	3	7	5	0,73	<0,02	0,11	307	5	0,012	191	0,006	5	91	9	247	6,51
	d	<1	0,43	<3	26	0,04	<0,5	2	6	4	0,51	<0,02	0,06	113	4	0,009	14	0,004	4	83	8	37	6,44
	e	<1	0,43	<3	24	0,04	<0,5	2	6	4	0,50	<0,02	0,06	102	4	0,008	10	0,004	3	81	8	29	6,80
Gleby gliniaste Clay soils n = 575	a	<1	0,22	<3	12	<0,01	<0,5	<1	3	2	0,24	<0,02	0,03	20	2	<0,002	4	<0,003	2	15	4	10	4,30
	b	18	2,12	387	270	20,54	296,2	60	95	75	24,66	0,50	9,43	27 107	138	0,420	34 382	2,850	231	314	127	77 761	8,86
	c	<1	0,76	7	43	0,39	3,9	5	13	9	1,47	0,03	0,22	525	11	0,018	274	0,013	9	105	18	873	6,23
	d	<1	0,72	4	37	0,10	<0,5	4	12	8	1,13	<0,02	0,12	188	8	0,013	23	0,006	7	93	16	68	6,14
	e	<1	0,73	4	35	0,10	<0,5	4	12	8	1,07	0,02	0,11	165	8	0,012	14	0,005	7	84	16	45	6,43
Gleby antropogeniczne Man-made soils n = 264	a	<1	0,23	<3	16	0,03	<0,5	1	5	2	0,30	<0,02	0,03	45	3	0,005	4	<0,003	3	42	5	13	4,71
	b	24	2,10	562	1425	16,30	1917,0	28	404	1663	12,60	8,40	7,00	16 032	180	0,300	8939	1,600	622	687	268	123 226	9,30
	c	<1	0,75	21	207	1,52	14,8	7	24	46	1,94	0,15	0,42	921	19	0,043	344	0,095	62	153	25	2033	7,72
	d	<1	0,71	10	146	0,87	2,8	6	17	25	1,60	0,08	0,27	584	15	0,035	136	0,046	39	128	21	501	7,69
	e	<1	0,71	9	136	0,91	2,3	6	16	23	1,48	0,07	0,26	542	14	0,033	117	0,041	36	120	20	415	7,78

a – minimum; b – maksimum; c – średnia arytmetyczna; d – średnia geometryczna; e – mediana; n – liczba próbek;  
 minimum maximum arithmetic mean geometric mean median number of samples



Tabela 4 cd.  
Table 4 cont.

Osady Sediments	Parametry Parameters	Ag mg/kg	Al %	As mg/kg	Ba mg/kg	Ca %	Cd mg/kg	Co mg/kg	Cr mg/kg	Cu mg/kg	Fe %	Hg mg/kg	Mg %	Mn mg/kg	Ni mg/kg	P %	Pb mg/kg	S %	Sr mg/kg	Ti mg/kg	V mg/kg	Zn mg/kg
Seget Seget Stream n = 19	a	<1	0,51	11	89	0,37	18,9	6	11	17	1,42	0,10	0,03	300	18	0,045	396	0,070	16	30	13	1954
	b	11	5,72	67	434	5,52	235,8	492	50	122	15,33	0,54	2,43	28 570	114	1,940	14 640	0,540	69	173	44	16 660
	c	4	1,48	37	224	1,38	80,1	66	24	49	4,48	0,25	0,49	4650	49	0,231	4035	0,225	38	76	28	9288
	d	3	1,22	32	208	1,02	63,8	29	22	43	3,66	0,22	0,24	2536	43	0,140	2508	0,193	35	67	27	7829
	e	3	1,10	36	221	0,92	63,9	25	19	38	4,03	0,22	0,21	2507	48	0,101	2861	0,205	36	56	28	7913
Zlewnia Seget Seget Stream catchment n = 48	a	<1	0,10	<3	26	0,07	0,8	1	3	3	0,33	<0,02	0,03	69	3	0,008	29	0,008	4	29	6	73
	b	101	5,72	292	434	9,29	732,2	492	50	122	15,33	1,34	3,51	28 570	114	1,940	14 640	2,483	132	204	54	78 480
	c	4	1,05	31	162	1,57	70,4	31	19	36	3,33	0,19	0,43	2735	33	0,126	2323	0,315	39	81	23	7268
	d	1	0,83	19	137	0,82	26,2	12	17	29	2,31	0,14	0,21	1173	24	0,073	919	0,151	31	72	21	2745
	e	1	0,84	18	144	0,76	37,1	10	16	32	1,95	0,15	0,17	921	24	0,079	1000	0,152	29	63	20	3536
Zlewnia Bytomki Bytomka River catchment n = 20	a	<1	0,20	<3	46	0,09	0,7	3	5	7	0,79	<0,02	0,04	165	4	0,015	32	0,032	14	57	9	71
	b	3	1,24	68	234	10,32	56,3	14	54	220	4,44	11,79	0,73	1230	43	1,120	1216	1,610	719	274	28	11 100
	c	<1	0,58	22	136	2,98	12,3	7	21	56	2,35	0,80	0,38	631	19	0,158	339	0,470	154	112	19	2366
	d	<1	0,54	14	123	1,65	6,2	7	17	36	2,07	0,15	0,29	531	16	0,069	211	0,324	84	102	18	901
	e	<1	0,61	17	143	2,79	5,9	8	17	35	2,17	0,13	0,40	654	21	0,061	206	0,306	76	95	20	872
Zlewnia Dramy Drama River catchment n = 74	a	<1	0,16	<3	29	0,08	0,5	1	4	4	0,35	<0,02	0,03	58	4	0,008	15	0,008	4	19	5	66
	b	3	2,28	41	1091	3,37	170,6	113	31	71	7,92	0,29	0,82	36 570	72	1,540	6421	1,400	85	167	60	26 560
	c	<1	0,71	11	126	0,51	8,9	10	14	18	1,55	0,08	0,15	1434	16	0,097	388	0,102	19	68	18	1043
	d	<1	0,65	9	102	0,36	4,8	6	13	15	1,26	0,07	0,13	636	14	0,065	173	0,058	16	64	16	500
	e	<1	0,69	8	102	0,31	4,8	6	13	15	1,18	0,07	0,13	639	13	0,066	147	0,051	13	61	17	443
Tło geochemiczne; geochemical background																						
Osady strumieniowe Europy <sup>1)</sup> Stream sediments of Europe n = 794	e		10,4	6	87,5	2,44	0,29	8	22	15	1,97	0,04	0,72	453	17	0,056	14	0,050	124	3800	29	60
Osady Polski <sup>2)</sup> Sediments of Poland n = 12 778	e	<1		<5	54	0,86	<0,5	3	5	7	0,80	0,05	0,11	274	6	0,059	13	0,040	20	30	7	62
Osady regionu śląsko-krakowskiego <sup>3)</sup> Sediments of Cracow-Silesia Region n = 1459	e	1		6	98	0,71	2,5	4	9	15	1,07	0,06	0,13	292	11	0,066	59	0,052	24	42	12	259

a – minimum; b – maksimum; c – średnia arytmetyczna; d – średnia geometryczna; e – mediana; n – liczba próbek; <sup>1)</sup> Salminen, 2005; <sup>2)</sup> Lis, Pasiieczna, 1995a; <sup>3)</sup> Lis, Pasiieczna, 1995b;  
minimum maximum arithmetic mean geometric mean median number of samples





Tabela 5 cd.  
Table 5 cont.

Wody powierzchniowe Surface water	Parametry Parameters	EC mS/cm	pH	Ag µg/dm <sup>3</sup>	Al µg/dm <sup>3</sup>	As µg/dm <sup>3</sup>	B mg/dm <sup>3</sup>	Ba mg/dm <sup>3</sup>	Be µg/dm <sup>3</sup>	Ca mg/dm <sup>3</sup>	Cd µg/dm <sup>3</sup>	Co µg/dm <sup>3</sup>	Cr mg/dm <sup>3</sup>	Cu µg/dm <sup>3</sup>	Fe mg/dm <sup>3</sup>	K mg/dm <sup>3</sup>	Li µg/dm <sup>3</sup>	Mg mg/dm <sup>3</sup>	Mn mg/dm <sup>3</sup>	Mo µg/dm <sup>3</sup>	Na mg/dm <sup>3</sup>	Ni µg/dm <sup>3</sup>	P mg/dm <sup>3</sup>	Pb µg/dm <sup>3</sup>	SO <sub>4</sub> mg/dm <sup>3</sup>	Sb µg/dm <sup>3</sup>	Se µg/dm <sup>3</sup>	SiO <sub>2</sub> mg/dm <sup>3</sup>	Sr mg/dm <sup>3</sup>	Ti mg/dm <sup>3</sup>	Tl µg/dm <sup>3</sup>	U µg/dm <sup>3</sup>	V µg/dm <sup>3</sup>	Zn mg/dm <sup>3</sup>			
Seget Seget Stream n = 19	a	0,21	7,2	<0,05	9,0	<2	0,02	0,037	<0,05	36,3	<0,05	<0,05	<0,003	0,71	0,01	1,8	1,8	2,1	0,005	<0,05	2,7	1,2	<0,05	0,36	9	0,24	<2	4,0	0,104	<0,002	<0,05	0,09	<1	0,016			
	b	0,57	8,8	<0,05	121,7	5	0,38	0,105	0,15	146,5	9,67	10,19	<0,003	4,14	2,40	13,8	26,9	38,7	3,550	3,01	59,3	8,9	0,09	29,15	362	7,47	<2	20,7	0,603	<0,002	0,19	0,70	3	3,959			
	c	0,41	7,7	<0,05	49,8	<2	0,06	0,064	0,07	65,1	4,45	1,46	<0,003	2,00	0,20	3,9	4,7	9,3	0,342	0,85	24,6	5,0	<0,05	4,86	99	1,13	<2	12,5	0,191	<0,002	0,08	0,34	<1	1,303			
	d	0,40	7,7	<0,05	36,2	<2	0,05	0,061	0,06	60,2	2,28	0,53	<0,003	1,79	0,06	3,2	3,5	7,6	0,084	0,22	17,0	4,4	<0,05	2,90	79	0,53	<2	11,3	0,173	<0,002	0,07	0,26	<1	0,599			
	e	0,39	7,6	<0,05	32,7	<2	0,05	0,062	0,05	53,5	4,49	0,50	<0,003	1,86	0,04	2,3	2,6	7,3	0,063	0,12	12,5	5,3	<0,05	3,75	82	0,36	<2	14,5	0,144	<0,002	0,08	0,33	<1	1,275			
Zlewnia Seget Seget Stream catchment n = 37	a	0,21	7,1	<0,05	6,4	<2	0,02	0,033	<0,05	29,2	<0,05	<0,05	<0,003	0,22	0,01	1,0	1,8	2,0	0,005	<0,05	2,2	<0,5	<0,05	0,10	4	<0,05	<2	0,7	0,089	<0,002	<0,05	<0,05	<1	<0,003			
	b	1,27	8,9	<0,05	121,7	5	0,38	0,180	0,15	146,5	9,67	10,19	<0,003	4,53	2,40	14,7	51,7	70,0	3,550	3,02	59,3	8,9	0,33	29,15	438	7,56	<2	20,7	0,778	<0,002	0,19	1,81	3	3,959			
	c	0,47	7,9	<0,05	36,8	<2	0,10	0,070	<0,05	75,2	2,40	0,82	<0,003	1,67	0,13	6,4	12,4	22,8	0,334	0,81	28,9	3,3	<0,05	3,01	158	1,09	<2	8,3	0,328	<0,002	0,06	0,60	<1	0,678			
	d	0,43	7,9	<0,05	27,0	<2	0,07	0,066	<0,05	67,8	0,40	0,21	<0,003	1,34	0,04	4,8	6,8	12,9	0,078	0,31	19,0	2,2	<0,05	1,15	90	0,54	<2	5,3	0,251	<0,002	<0,05	0,35	<1	0,059			
	e	0,41	7,9	<0,05	26,3	<2	0,05	0,063	<0,05	60,2	0,39	0,21	<0,003	1,70	0,05	4,8	5,4	8,5	0,062	0,71	27,0	2,3	<0,05	1,50	83	0,44	<2	7,9	0,222	<0,002	<0,05	0,40	<1	0,057			
Zlewnia Bytomki Bytomka River catchment n = 24	a	0,30	7,4	<0,05	4,7	<2	0,07	0,020	<0,05	40,8	<0,05	<0,05	<0,003	0,42	0,01	3,3	<0,3	5,9	0,003	0,21	6,8	<0,5	<0,05	<0,05	19	0,12	<2	0,3	0,194	<0,002	<0,05	0,07	<1	<0,003			
	b	5,54	8,9	<0,05	238,9	21	1,23	0,152	0,07	263,9	0,12	1,94	<0,003	6,01	0,15	46,9	980,7	163,3	0,293	3,60	1753,7	3,2	0,37	0,96	854	2,57	3	15,5	4,142	<0,002	0,17	6,84	2	0,109			
	c	1,24	8,0	<0,05	30,6	4	0,38	0,080	<0,05	100,5	<0,05	0,38	<0,003	1,67	0,03	19,4	199,2	51,3	0,086	1,20	266,3	1,1	0,07	0,22	325	0,82	<2	6,1	0,873	<0,002	0,05	1,15	<1	0,016			
	d	0,82	8,0	<0,05	15,7	2	0,22	0,064	<0,05	83,8	<0,05	0,10	<0,003	1,33	0,02	13,2	26,1	310	0,042	0,92	81,9	0,6	<0,05	0,09	144	0,62	<2	2,7	0,533	<0,002	<0,05	0,60	<1	0,005			
	e	0,59	8,1	<0,05	12,9	2	0,11	0,080	<0,05	73,6	<0,05	<0,05	<0,003	1,48	0,01	14,2	13,5	21,7	0,065	0,93	45,8	0,5	<0,05	0,06	147	0,65	<2	1,9	0,356	<0,002	<0,05	0,60	<1	<0,003			
Zlewnia Dramy Drama River catchment n = 58	a	0,14	6,0	<0,05	4,8	<2	0,02	0,020	<0,05	18,1	<0,05	<0,05	<0,003	0,57	0,01	1,7	0,4	4,2	0,001	<0,05	2,9	<0,5	<0,05	<0,05	6	<0,05	<2	1,9	0,080	<0,002	<0,05	<0,05	<1	<0,003			
	b	2,12	8,1	<0,05	1007,5	10	0,38	0,375	1,16	217,0	10,42	8,24	<0,003	8,28	1,45	97,1	327,2	44,2	1,725	32,31	616,1	20,5	4,04	93,95	402	71,23	40	42,5	0,540	0,023	0,94	2,80	20	0,660			
	c	0,69	7,6	<0,05	56,3	2	0,09	0,093	0,06	92,8	1,53	0,69	<0,003	2,42	0,10	13,6	16,1	14,1	0,229	2,15	55,6	3,5	0,33	3,10	120	2,22	3	12,4	0,263	<0,002	0,08	0,57	2	0,118			
	d	0,58	7,5	<0,05	22,2	<2	0,08	0,081	<0,05	84,9	0,39	0,23	<0,003	2,06	0,04	9,0	4,8	12,0	0,070	0,56	23,3	2,5	0,08	0,47	101	0,57	<2	11,6	0,244	<0,002	0,06	0,30	1	0,047			
	e	0,59	7,6	<0,05	18,5	<2	0,08	0,084	<0,05	92,8	0,20	0,23	<0,003	2,17	0,04	10,1	3,6	10,9	0,104	0,60	24,0	2,8	<0,05	0,36	103	0,41	<2	11,9	0,261	<0,002	0,06	0,43	<1	0,068			
Wartości wskaźników jakości wód powierzchniowych i pitnych; surface water and drinking water quality guidelines																																					
I klasa <sup>1)</sup> Class I		≤0,36	7,5– 8,2							≤68,3	0,5				0,1																						
II klasa <sup>1)</sup> Class II		≤0,45	7,3– 8,2	≤5	≤400	≤50	≤2	≤0,5	≤0,8	≤76,2	1				0,3																	≤50	≤1				
Naturalne wody mineralne <sup>2)</sup> Natural Mineral Water						10		1			3								500			20		10		5	10										
Wody pitne <sup>3)</sup> Drinking Water		2,5	≥6,5– 9,5≤		200	10	1				5		0,05						50		200	20		10	250	5	10										

a – minimum; b – maksimum; c – średnia arytmetyczna; d – średnia geometryczna; e – mediana; n – liczba próbek;  
minimum maximum arithmetic mean geometric mean median number of samples

<sup>1)</sup> Wartości wskaźników jakości wód powierzchniowych w Polsce; surface water quality guidelines in Poland (Rozporządzenie..., 2019)

<sup>2)</sup> Naturalne wody mineralne; Natural Mineral Water (EU Directive 2009/54/EC Natural Mineral Water)

<sup>3)</sup> Wody pitne; Drinking Water (EU Directive 1998/83/EC Drinking Water)

Sporządzając przykładową mapę klasyfikacji gleb powierzchniowych (tabl. 63), ilustrującą w jaki sposób powinny one być użytkowane ze względu na zanieczyszczenie kadmem, wyniki badań geochemicznych odniesiono do wartości stężeń dopuszczalnych określonych w Rozporządzeniu Ministra Środowiska (Rozporządzenie..., 2016). Wydzielone obszary gleb zaklasyfikowano do grup użytkowania I, II, III i IV.

Do celów publikacji połączono mapy geochemiczne parami, tj. na jednej tablicy umieszczano mapę geochemiczną gleb z głębokości 0,0–0,3 m i mapę geochemiczną osadów, a na następnej – mapę geochemiczną gleb z głębokości 0,8–1,0 m i mapę geochemiczną wód powierzchniowych. Dla pierwiastków zbadanych tylko w wodach opracowano pojedyncze tablice. Ten sposób prezentacji pozwala na bezpośrednie porównanie obrazów geochemicznych różnych środowisk. Dla wskaźników analizowanych tylko w wodach opracowano ich oddzielne mapy. Kierując się wygodą użytkownika, wydrukowano mapy (opatrzone skalą liniową) w formacie nieco pomniejszonym (A3). Zabieg ten nie spowodował pominięcia żadnego szczegółu treści map.

## WYNIKI BADAŃ

### GLEBY

Do najważniejszych źródeł antropogenicznego zanieczyszczenia gleb należy depozycja pyłów i gazów pochodzących z zakładów przemysłowych, środków komunikacji, korozji materiałów budowlanych, ogrzewania osiedli mieszkaniowych i stosowania środków ochrony roślin (Wong i in., 2006; Albanese, Breward; 2011). Szczególnie istotne zmiany chemizmu gleb powoduje eksploatacja rud metali i hutnictwo, a do największych zagrożeń należy oddziaływanie odpadów po tej działalności (Fuge i in., 1993; Adamo i in., 2002; Swennen i in., 2002; Cappuyns i in., 2005; Navarro i in., 2006; Acosta i in., 2011). Analizowany obszar w granicach arkusza jest typowym przykładem zanieczyszczenia gleb w wyniku wydobywania rud Zn-Pb i ich przetwarzania (Pasiczna, 2018).

Obszar arkusza charakteryzuje duże zróżnicowanie typów gleb zależne od rodzaju skał podłoża, rzeźby terenu, stosunków wodnych, pokrywy roślinnej i działalności człowieka. Najważniejszym czynnikiem glebotwórczym jest skład chemiczny ich skał macierzystych, którymi w granicach arkusza są zróżnicowane litologicznie utwory triasu, neogenu i czwartorzędu (tabl. 1), stanowiące podstawę rozwoju różnych typów i rodzajów gleb. Na wapieniach i dolomitach triasowych (odslaniających się w północno-wschodniej części arkusza) powstały rędziny, a z czwartorzędowych glin lodowcowych (przeważających na południu i zachodzie) rozwinęły się gleby brunatne i płowe. Piaszczyste osady wodnolodowcowe czwartorzędu są skałami macierzystymi gleb biellicowych. W dolinach rzecznych pokrytych holocenijskimi namułami przeważają mady. Tereny pod zabudową miejską i przemysłową, obszary eksploatacji kopalni, powierzchnie sztucznych skarp, zrekultywowanych hałd oraz koryta rzeczne przekształconych cieków to rejonu występowania gleb antropogenicznych.

**Skład granulometryczny.** Procentowy udział w glebie cząstek o określonych wielkościach nazywa się jej składem mechanicznym, uziarnieniem, granulacją, składem granulometrycznym lub rozkładem granulometrycznym (Mocek i in., 2000; Ryzak i in., 2009). W warunkach naturalnych skład granulometryczny gleby ulega bardzo małym zmianom i jest jedną z ważniejszych cech wpływających na jej właściwości fizyczne, chemiczne i biologiczne.

W opracowaniu przyjęto podział cząstek na grupy granulometryczne według normy branżowej BN-78/9180-11, obowiązującej do 2008 r., ponieważ jest to kontynuacja opracowania seryjnego, wykonywanego od kilkunastu lat w sposób ciągły

zgodnie z instrukcją do mapy geochemicznej w skali 1:25 000. Wyniki analiz granulometrycznych przedstawiono dla grup ziarnowych: 1,0–0,1 mm frakcja piaszkowa, 0,1–0,02 mm frakcja pyłowa, <0,02 mm frakcja ilowa (tabl. 4–6). Zmiana przedziałów grup granulometrycznych zgodnie z aktualnymi wytycznymi Polskiego Towarzystwa Gleboznawczego (Klasyfikacja..., 2008) uniemożliwiłaby porównanie składu granulometrycznego z danymi z arkuszy opracowanych wcześniej.

Skład granulometryczny gleby w znacznym stopniu determinuje jej odporność na degradację oraz ma istotny wpływ na zawartość pierwiastków chemicznych. Gleby z dużym udziałem frakcji ilowej i pyłowej charakteryzuje zwykle podwyższona zawartość pierwiastków chemicznych, ale ich mniejsza mobilność w warunkach hipergenicznych w porównaniu z glebami piaszczystymi. Gleby te są bardziej odporne na wypłukiwanie składników pokarmowych roślin i mogą zatrzymywać więcej składników toksycznych (w tym metali ciężkich) bez szkody dla środowiska.

W składzie granulometrycznym badanych gleb przeważa frakcja piaszkowa (1,0–0,1 mm). Mediana jej zawartości wynosi 47%, a mediany zawartości frakcji pyłowej i ilowej to wartości odpowiednio 23% i 22%.

W analizowanej warstwie powierzchniowej gleb w wielu rejonach pierwotny skład uziarnienia uległ znacznemu zniekształceniu w wyniku płytkiej eksploatacji złóż rud Zn-Pb, węgla kamiennego i dolomitu. Duży udział gleb antropogenicznych znajduje odzwierciedlenie w rozkładzie zawartości frakcji ilowej (<0,02 mm), szczególnie we wschodniej części analizowanego obszaru (tabl. 6). Rozciągające się południkowo naprzemianległe pasy gleb zawierają odpowiednio <15% lub >20% tej frakcji. W części zachodniej przeważają gleby zawierające >20% frakcji ilowej i <20% frakcji pyłowej (0,1–0,02 mm) rozwinięte głównie z glin zwałowych.

**Odczyn.** Zarówno w warstwie powierzchniowej (0,0–0,3 m), jak i w zakresie głębokości 0,8–1,0 m zwraca uwagę lokalizacja gleb o odczynie kwaśnym (pH <6,30). Występują one na terenach porośniętych lasami (tabl. 2), układających się kolidnie wokół osiedli Stroszek i Górniki w Bytomiu. W zachodniej części arkusza przeważają gleby obojętne (pH 6,3–7,4), a na wschodzie i południu zanotowano występowanie gleb o odczynie zasadowym (pH >7,4), a lokalnie silnie zasadowym (pH >8).

Największe obszary gleb zasadowych zajmują południowo-wschodni i północno-wschodni kraniec arkusza, co można wiązać z działalnością przemysłu (odpowiednio kopalń węgla kamiennego i pyleniem materiału z hałd kopalnianych oraz z kamieniołomów dolomitu). Przyczyną alkalizacji gleb jest też wieloletnia emisja cząstek stałych z zakładów spalania węgla, w którym zawartość CaO może osiągnąć 10% (Zapotoczna-Sytek i in., 2013), a inne czynniki alkalizujące obejmują stosowanie środków do usuwania śniegu z ulic, emisje pyłów z zakładów przemysłowych i palenisk domowych.

**Geochemia.** Gleby są składnikiem środowiska przyrodniczego szczególnie narażonym na przekształcenia antropogeniczne. Zaznaczają się one przede wszystkim na terenach zurbanizowanych i przemysłowych, gdzie podstawowe cechy geochemiczne zależne od materiału macierzystego gleb są bardzo słabo czytelne, a przestrzenne rozmieszczenie analizowanych pierwiastków pozwala przede wszystkim na stwierdzenie wyraźnych zanieczyszczeń pochodzących z różnorodnej działalności przemysłowej.

W wierzchniej warstwie gleb wartość median analizowanych pierwiastków, których głównym źródłem są skały macierzyste (glin, wapń, kobalt, magnez, fosfor, nikiel, siarka, stront) jest zbliżona do wartości median tła geochemicznego (gleb regionu śląsko-krakowskiego) lub zwiększona (ok. dwukrotne w przypadku baru, manganu, siarki, tytanu, wanadu i żelaza) przypuszczalnie przez czynniki antropogeniczne. Wyraźnie zaznacza się kumulacja pierwiastków śladowych emitowanych do środowiska w wyniku działalności przemysłowej. Zawartość arsenu, kadmu, chromu, miedzi i cynku jest dwukrotnie większa, a ołowiu nawet trzykrotnie większa w porównaniu z wartością regionalnego tła geochemicznego (tabl. 2). Wartość mediany rtęci nie odbiega od jej wartości w regionie, co może świadczyć o rozpraszaniu tego pierwiastka nawet z odległych źródeł emisji.

Gleby zachodniej części obszaru arkusza są uboższe w węgiel organiczny (<3%) w porównaniu z rejonami wschodnimi (3–12%). Najbardziej zasobne w węgiel organiczny (>12%) są gleby w rejonach hałd odpadów węgla kamiennego, gdzie jego zawartość osiąga maksymalnie 44,52%. Na zawartość tego składnika gleb wyraźnie wpływa ich użytkowanie. Mediana zawartości węgla organicznego w glebach lasów wynosi 3,62%, a w glebach pól uprawnych zaledwie 1,42% (tabl. 2).

W obydwu zakresach głębokości gleby zawierają najczęściej 0,40–0,80% glinu. Jedynie w południowo-wschodniej części arkusza, gdzie skałami macierzystymi gleb są czwartorzędowe utwory zwietrzelinowe glin zwałowych, zawartość glinu przekracza 0,80%.

Zawartość baru w glebach ornych Europy stwierdzono w zakresie 2,6–818 mg/kg (Reimann i in., 2014). Zawartość naturalna baru w glebach na Niżu Polskim rzadko przekracza 50 mg/kg, a na Górnym Śląsku zawiera się w granicach 100–200 mg/kg (Lis, Pasiczna, 1995a, b). Na obszarze arkusza stwierdzono wzbogacenie gleb w ten pierwiastek. Rozkład zawartości baru w badanych glebach jest zdecydowanie odmienny zarówno pod względem rozprzestrzenienia w glebach warstwy powierzchniowej i głębszej, jak i zależnie od lokalizacji. W zachodniej części arkusza gleby warstwy wierzchniej zawierają najczęściej 60–120 mg/kg baru, a znacznie uboższe są gleby warstwy głębszej (<60 mg/kg tego pierwiastka). Zawartość baru w głębszej warstwie można uznać jako odzwierciedlenie naturalnego źródła – wychodni czwartorzędowych glin zwałowych. Do gleb warstwy powierzchniowej zawierających >240 a niekiedy >480 mg/kg baru część tego pierwiastka została prawdopodobnie wprowadzona w wyniku procesów technologicznych. Jednym z możliwych źródeł jest stosowanie barytu w cieczach używanych do wzbogacania węgla, na co wskazują jego największe zawartości w rejonach lokalizacji kopalni i hałd odpadów pokopalnianych na południowym-wschodzie arkusza. Bogate w bar są też pyły ze spalania węgla i paliw płynnych.

Mediana zawartości fosforu w powierzchniowej warstwie gleb jest dwukrotnie większa niż w warstwie głębszej (odpowiednio 0,038% i 0,013%). W obydwu analizowanych warstwach gleb najmniej zasobne w fosfor są kwaśne gleby lasów. W ich warstwie powierzchniowej zawartość fosforu wynosi 0,015–0,030%, a w warstwie głębszej <0,015%. W glebach warstwy powierzchniowej pól w zachodniej części arkusza gleby zawierają fosfor najczęściej w granicach 0,030–0,060%. Źródłem zwiększonej zawartości tego pierwiastka w warstwie powierzchniowej pól uprawnych może być nadmierne stosowanie nawozów fosforowych, a w obszarach miejskich – jego dopływ ze zrzutów ścieków komunalnych i ogródków działkowych.

Rozkłady przestrzennych zawartości wapnia, magnezu, manganu i strontu w powierzchniowej warstwie gleb i w podglebiu wykazują duże podobieństwo wynikające przede wszystkim z występowania w podłożu gleb utworów węglanowych. Gleby obydwu analizowanych warstw wzbogacone naturalnie w te pierwiastki (>1% wapnia, >0,50% magnezu, >800 mg/kg manganu i >40 mg/kg strontu) występują w rejonie Blachówki, Lazarówki i Suchej Góry na pograniczu Bytomia i Tarnowskich Gór oraz w rejonie Bobrka i Miechowic w Bytomiu. Z kolei najmniejszymi ich zawartościami charakteryzują się gleby lasów wokół osiedli Górniki, Stolarzowice i Helenka w Bytomiu. W glebach warstwy powierzchniowej zasięg gleb obfitych w wapń i mangan jest większy niż w podglebiu, co wskazuje na częściowe pochodzenie antropogeniczne tych pierwiastków (nawożenie gleb, emisje pyłów z zakładów przemysłowych, kamieniołomów). Anomalia zawartości manganu (a także podwyższenie zawartości wapnia, magnezu i strontu) w rejonie osiedla Górniki jest prawdopodobnie efektem oddziaływania zgromadzonych na hałdzie odpadów wydobywczych po eksploatacji rud Zn-Pb w tym rejonie.

W glebach pól ornych Europy stwierdzano siarkę w granicach <0,0005–0,26% (Reimann i in., 2014), a w powierzchniowej warstwie gleb Polski i regionu śląsko-krakowskiego notowano odpowiednio 0,012% i 0,015% siarki (Lis, Pasiczna, 1995a, b). Na terenie arkusza w większości gleb z obydwu analizowanych warstw zawartość siarki nie przekracza 0,080%. Lokalne zwiększenie jej zawartości (>0,160%) zaznacza się w glebach w otoczeniu hałd odpadów kopalni węgla ka-

miennego w południowo-wschodniej części obszaru arkusza (Bobrek, dolina Potoku Miechowickiego, rejon hałdy w Wesolej). Prawdopodobnym źródłem siarki jest utlenianie pirytu rozproszonego w skałach płonnych zgromadzonych na hałdach.

W rejonach historycznej eksploatacji rud Zn-Pb (w górnej części zlewni potoku Seget, w rejonie osiedla Górniki w Bytomiu oraz w dzielnicach Miechowice, Karb i Bobrek w Bytomiu) stwierdzono występowanie wyrazistych anomalii antropogenicznych srebra, arsenu, kadmu, ołowiu i cynku. Są to rejon występowania triasowych dolomitów kruszczoonych (Biernat, 1954; reambulacja Wilanowski, Lewandowski 2016) po których eksploatacji pozostały rozproszone hałdy odpadów popłuczkowych stanowiących źródło metali (Degenhardt, 1870; Molenda, 1960, 1972; Grzechnik, 1978; Jędrzejczyk-Korycińska, 2009; Szadkowska, Gwóźdź, 2015).

Anomalie srebra (>1 mg/kg), arsenu (>40 mg/kg), kadmu (>4 mg/kg), ołowiu (>100 mg/kg) i cynku (>500 mg/kg) obejmują bardziej rozległe obszary w warstwie powierzchniowej a większą intensywnością charakteryzują się w warstwie głębszej. Ekstremalne zawartości tych pierwiastków występują tylko lokalnie.

Zawartość arsenu w glebach naturalnych wynosi średnio 7,2 mg/kg, a w glebach zanieczyszczonych przez górnictwo i hutnictwo metali, czy rozwiniętych na wychodniach formacji rudonoonych, może dochodzić nawet do kilku procent (Wenzel, 2013). Podwyższenie zawartości arsenu zaznacza się wyraźnie w warstwie powierzchniowej gleb we wschodniej części obszaru arkusza w porównaniu z częścią zachodnią (odpowiednio powyżej i poniżej 10 mg/kg). W warstwie głębszej zwiększone zawartości zanotowano jedynie w rejonach anomalii ołowiu i cynku, co wskazuje zarówno na dolomity kruszczoone jako jego główne źródło w glebach, jak i zanieczyszczenie warstwy powierzchniowej przypuszczalnie głównie w wyniku emisji pyłów ze spalania paliw. Na ten czynnik wskazuje podobieństwo rozkładów przestrzennych arsenu i rtęci, która dostaje się do gleb przede wszystkim w efekcie opadania pyłów ze spalania dużej ilości węgla kamiennego, w którym jest wiązana zarówno z substancją organiczną, jak i mineralną (Bojakowska, Sołowska, 2001; Hławiczka, 2008).

Maksymalną zawartość arsenu (781 mg/kg) w warstwie powierzchniowej gleby stwierdzono w Bobrku na terenie zielonym w miejscu zrehabilitowanej hałdy odpadów. Zanieczyszczenie wiąże się prawdopodobnie z oddziaływaniem pozostałości hałdy huty żelaza Bobrek, która działała w tym rejonie w latach 1856–1994 (Brudzyński, 1999) W warstwie głębszej najwięcej arsenu (790 mg/kg) zawierają gleby nieużytków w rejonie ul. Elektrownia, oraz w okolicy hałdy w Wesolej (562 mg/kg).

Gleby mineralne poziomu powierzchniowego Europy wykazują średnią zawartość kadmu 0,14 mg/kg (Salminen, 2005), w glebach Polski jego średnia zawartość nie przekracza 0,5 mg/kg, a na terenie Górnego Śląska wynosi 1,3 mg/kg (Lis, Pasieczna, 1995a, b). Kadm jest uważany za jeden z metali najbardziej niepożądanych w środowisku, który wpływa szkodliwie na wszystkie procesy biologiczne (Kabata-Pendias, Szteke, 2015). Gleby najsilniej zanieczyszczone kadmem (>64 mg/kg) występują na zachód od osiedla Zielone Wzgórze, w rejonie osiedli Stroszek i Górniki oraz na południe od skrzyżowania al. J. Nowaka-Jeziorańskiego i Miechowickiej w Bytomiu. W warstwie powierzchniowej gleb największą zawartość kadmu stwierdzono w rejonie lasów należących do Rezerwatu Segiet (1191 mg/kg), lasu Hipolit (230,3–536,7 mg/kg) oraz w glebach doliny Potoku Miechowickiego (232,4 mg/kg).

Światowa średnia zawartość ołowiu w glebach jest szacowana na 27 mg/kg. W glebach krajów europejskich wynosi 22,6 mg/kg (de Vos, Tarvainen, 2006), w glebach Polski 13 mg/kg, a w regionie śląsko-krakowskim 44 mg/kg (Lis, Pasieczna 1995a, b). Średnia zawartość cynku w glebach świata waha się od 30 do 100 mg/kg, w glebach Europy wynosi średnio 48 mg/kg (Salminen, 2005), w glebach Polski 35 mg/kg, a w glebach regionu krakowsko-śląskiego 104 mg/kg (Lis, Pasieczna, 1995a, b). W porównaniu z tymi danymi gleby terenu arkusza można określić jako bardzo silnie zanieczyszczone ołowiem i cynkiem. Gleby warstwy wierzchniej lasów w okolicy Stroszka, w dolinie Potoku Rokitnickiego i w rejonie osiedla Górniki należą do miejsc

najbardziej zanieczyszczonych ołowiem i cynkiem (>10 000 mg/kg). W tych samych obszarach silnie zanieczyszczone są też gleby warstwy 0,8–1,0 m, choć anomalie są tu mniej rozległe. Zawartość cynku w kilku lokalizacjach przekracza 30 000–40 000 mg/kg. Obszar anomalii ołowiu i cynku to też południowo-wschodnia część arkusza. W niektórych glebach zawartość ołowiu dochodzi tu do 12 790 mg/kg, a cynku do 62 144 mg/kg.

Na terenach historycznej eksploatacji rud Zn-Pb i współczesnego górnictwa węgla kamiennego (szczególnie w sąsiedztwie hałd) w glebach z obydwu zakresów głębokości zaznaczają się podwyższenia zawartości kobaltu, chromu, miedzi, żelaza, niklu i wanadu. Głównym antropogenicznym źródłem tych metali są procesy związane z wydobywaniem, przetwarzaniem i wytopem rud metali kolorowych produkcja stopów metalicznych, a także zrzuty ścieków przemysłowych i odcieki ze składowisk odpadów (Kabata-Pendias, Szteke, 2015).

W północno-wschodniej części arkusza i w bytomskiej dzielnicy Bobrek niektóre gleby warstwy powierzchniowej terenów przemysłowych zawierają >160 mg/kg chromu, >320 mg/kg miedzi i >4% żelaza.

Zawartość rtęci w glebach świata wynosi ok. 0,02–0,3 mg/kg (Migaszewski, Gałuszka, 2016). Na terenie Nizy Polski mediana jej zawartości nie przekracza 0,05 mg/kg, a w obszarze aglomeracji śląskiej wynosi 0,05 mg/kg (Pasieczna, 2003). W obszarze objętym arkuszem zanieczyszczenie rtęcią (>0,20 mg/kg) dotyczy obydwu analizowanych zakresów głębokości, ale w górnej warstwie gleb anomalie zajmują większe powierzchnie. W warstwie powierzchniowej najsilniejsza anomalia rtęci (z maksimum 7,58 mg/kg) występuje w glebach aluwialnych potoku Dopływ w Mikulczycach, a w warstwie głębszej 8,40 mg/kg rtęci zanotowano w pobliżu hałdy odpadów kopalni węgla kamiennego i torów kolejowych w Bobrku. W środowisku przyrodniczym rtęć uważana jest za jeden z najbardziej toksycznych metali, nawet przy bardzo niskich stężeniach, ze względu na swoją aktywność chemiczną, biologiczną i zmienność form występowania (Kabata-Pendias, Mukherjee, 2007).

Rozpowszechnienie związków arsenu, kadmu, ołowiu i cynku w glebach z których mogą przenikać do wód jest przyczyną wielu chorób stwierdzonych u ludzi w różnych krajach świata (Kabata-Pendias, Mukherjee, 2007; Kabata-Pendias, Szteke, 2015; Migaszewski, Gałuszka, 2016). Z uwagi na łatwość kumulacji i szkodliwe oddziaływanie nadmiaru tych pierwiastków dla roślin i mikroorganizmów bytujących w glebach, a w dalszej konsekwencji na zdrowie ludzi oszacowano wielkość powierzchni arkusza zanieczyszczonych w różnym stopniu tymi metalami (tab. 6). Około 1% analizowanych gleb z obydwu warstw kumuluje toksyczną zawartość arsenu (>100 mg/kg). Wyraźniej zaznacza się zanieczyszczenie kadmem, ołowiem i cynkiem. W warstwie powierzchniowej 6,39% gleb zawiera >15 mg/kg kadmu, 10,38% gleb >600 mg/kg ołowiu, a 8,95% gleb >2000 mg/kg cynku. Na głębokości 0,8–1,0 zmniejsza się udział gleb zanieczyszczonych tymi metalami i wynosi odpowiednio 4,29% gleb zanieczyszczonych kadmem, 5,17% gleb zanieczyszczonych ołowiem i 6,20% gleb zanieczyszczonych cynkiem.

Dla gleb z głębokości 0,0–0,3 m przeprowadzono ocenę stopnia zanieczyszczenia metalami, klasyfikując je do grup użytkowania I–III i IV na podstawie zawartości dopuszczalnych (Rozporządzenie..., 2016). Ze względu na zawartość arsenu, baru, chromu, cynku, kadmu, kobaltu, miedzi, niklu, ołowiu i rtęci do grup I–III (spełniających warunki wielofunkcyjnego użytkowania – zabudowa mieszkaniowa, użytki rolne i lasy) zaliczono od 85,03 do 100% analizowanych gleb. Do grupy IV (gleb, które mogą być przydatne tylko jako tereny przemysłowe) zaliczono od 0,22% do 2,10% gleb, zaś od 0,08% do 10,38% to gleby o zawartości ponadnormatywnej (tab. 7). W wielu przypadkach aktualne użytkowanie terenu jest niewłaściwe i wymaga monitorowania, a także rekultywacji. Stężenia kadmu, cynku i ołowiu w glebach niektórych lasów i użytków rolnych są tak duże, że tereny te nie powinny być użytkowane nawet jako obszary przemysłowe. Przykład klasyfikacji gleb (w formie kartograficznej) wskazującej właściwy sposób ich użytkowania (zgodnie z Rozpo-

**Tabela 6**  
Table 6  
**Udział obszarów zajmowanych przez gleby o różnych zawartościach arsenu, kadmu, cynku i ołowiu na głębokości 0,0–0,3 m i 0,8–1,0 m**

The share of areas occupied by soils with different arsenic, cadmium, lead and zinc content in topsoil (0.0–0.3 m) and subsoil (0.8–1.0 m)

Pierwiastek Element	Zawartość Content mg/kg	Powierzchniowa warstwa gleb Topsoil 0,0–0,3 m		Podglebie Subsoil 0,8–1,0 m	
		Obszar/Area km <sup>2</sup>	%	Obszar/Area km <sup>2</sup>	%
As	<10	50,12	60,75	71,01	86,07
	10–25	25,49	30,90	6,95	8,43
	25–50	4,41	5,34	2,36	2,86
	50–100	1,61	1,95	1,31	1,59
	>100	0,87	1,05	0,85	1,03
Cd	<2	40,63	49,25	66,94	81,14
	2–5	26,11	31,65	7,02	8,51
	5–10	7,94	9,62	3,74	4,53
	10–15	2,54	3,08	1,24	1,51
	>15	5,27	6,39	3,54	4,29
Pb	<100	32,38	39,25	65,89	79,87
	100–200	20,09	24,36	5,71	6,92
	200–500	19,72	23,91	5,64	6,84
	500–600	1,74	2,11	0,98	1,19
	>600	8,56	10,38	4,26	5,17
Zn	<300	51,73	62,71	66,55	80,66
	300–500	9,73	11,80	4,06	4,93
	500–1000	8,68	10,53	3,80	4,61
	1000–2000	4,96	6,02	2,95	3,57
	>2000	7,38	8,95	5,11	6,20

ządzeniem..., 2016) przedstawia mapa rozkładu zawartości kadmu (tabl. 63). Około 6,39% powierzchni obszaru arkusza to tereny o zawartości >15 mg/kg kadmu, którą można uznać za toksyczną.

## OSADY

Osady dennie śródlądowych cieków i zbiorników wód stojących powstają w wyniku sedymentacji zawieszin mineralnych i organicznych pochodzących z erozji, spływów powierzchniowych oraz wytrącania składników z wód. Ich skład chemiczny zależy od litologii, klimatu oraz sposobu zagospodarowania i użytkowania obszaru zlewni (Zgłobicki, 2008; Hinwood i in., 2012; Rzętała i in., 2013; Cánovas i in., 2015).

Na terenach uprzemysłowionych, zurbanizowanych i rolniczych w osadach mogą kumulować się potencjalnie szkodliwe pierwiastki śladowe i związki organiczne zawarte w odciekach ze zwałowisk odpadów, w ściekach przemysłowych i komunalnych odprowadzanych do wód powierzchniowych oraz w spływach obszarowych (Ciszewski, 1997, 2002, 2005; Bojakowska i in., 2006; Kozieł, Zgłobicki, 2010; Sojka i in., 2013; Cempel i in., 2014). Wysokie stężenia zarówno pierwiastków śladowych (cynk, miedź, chrom, kadm, ołów, rtęć) jak i trwałych zanieczyszczeń organicznych mogą powodować ich kumulację w łańcuchu troficznym do zawartości, które są toksyczne dla organizmów wodnych. W następstwie procesów biologicznych, chemicznych i fizycznych szkodliwe składniki osadów

**Klasyfikacja gleb z głębokości 0,0–0,3 m ze względu na dopuszczalną zawartość pierwiastków potencjalnie toksycznych**

Topsoil (0.0–0.3 m) classification according to the permissible content of potentially toxic elements

Tabela 7  
Table

Pierwiastek Element	Wartości dopuszczalne stężeń w glebie (Rozporządzenie Ministra Środowiska z dnia 1 września 2016 r.) Permissible limit values in soil (Decree of the Polish Ministry of the Environment of 1 <sup>st</sup> September 2016)			Liczba próbek /udział procentowy próbek w zależności od stopnia zanieczyszczenia Number of samples/percentage of samples according to the pollution degree		
	Grupa I–III Group I–III	Grupa IV Group IV	A	Grupa I–III Group I–III	Grupa IV Group IV	A
As	<50	50–100	>100	1290 96,99%	26 1,95%	14 1,06%
Ba	<1000	1000–1500	>1500	1326 99,70%	3 0,22%	1 0,08%
Cr	<500	500–1000	>1000	1330 100%	–	–
Zn	<1000	1000–2000	>2000	1131 85,03%	80 6,02%	119 8,95%
Cd	<10	10–15	>15	1204 90,53%	41 3,08%	85 6,39%
Co	<100	100–200	>200	1330 100%	–	–
Cu	<300	300–600	>600	1324 99,77%	3 0,23%	3 0,23%
Ni	<300	300–500	>500	1330 100%	–	–
Pb	<500	500–600	>600	1164 87,52%	28 2,10%	138 10,38%
Hg	<10	10–30	>30	1330 100%	–	–

Grupy I–III – obszary zabudowy mieszkaniowej, użytków rolnych i lasów  
Group I–III – agricultural, forest and residential areas  
Grupa IV – obszary przemysłowe  
Group IV – industrial areas  
A – obszary o zawartości ponadnormatywnej  
areas with oversized content

mogą ulegać ponownemu uruchomieniu do wody (Friese, 2002; Harnischmacher, 2007), a zanieczyszczone osady przemieszczone na tarasy zalewowe są przyczyną wzrostu stężeń wielu substancji w glebach dolin rzecznych (Ibragimov i in., 2010).

W granicach obszaru arkusza badano osady dennie cieków i zbiorników w zlewni Potoku Mikulczyckiego, górnej Bytomki, potoku Seget i górnej Dramy (fig. 3).

**Potok Mikulczycki i jego zlewnia.** Strumień w górnym biegu zwany jest także Potokiem Rokitnickim, a w dolnym Potokiem Żernickim. Przepływa przez lasy i pola uprawne oraz dzielnice Zabrze (Rokitnica, Grzybowice, Mikulczyce), gdzie

jego niektóre odcinki są przykryte. Drenuje obszar, którego podłoże budują głównie gliny polodowcowe czwartorzędowe. W górnym biegu zasilany jest przez Dopływ spod Górników a w dolnym przez Dopływ w Mikulczycach.

Zawartość pierwiastków pochodzenia litogenicznego – baru, wapnia, kobaltu, magnezu, niklu, fosforu, siarki, strontu i wanadu w aluwjach potoku i jego dopływów jest zbliżona lub nieco przekracza wartość ich tła geochemicznego w osadach regionu śląsko-krakowskiego określonych wartością median (tab. 4).

Zawartość glinu najczęściej mieści się w zakresie 0,5–1,0%; a lokalnie >2,5%. Arsen stwierdzono w większości osadów zlewni w granicach zawartości naturalnej (<3–30 mg/kg).

Anomalie zawartości baru (>600 mg/kg) występujące niekiedy w osadach górnej części zlewni Potoku Mikulczyckiego są prawdopodobnie związane ze składem chemicznym skał podłoża. Zaś wysoka zawartość baru współwystępująca z koncentracją wapnia (do 20,17%), żelaza (do 10,18%), manganu (do 29 680 mg/kg) i strontu (do 1732 mg/kg) zaznaczająca się w osadach początkowego odcinka Dopływu w Mikulczycach może być związana z odciekami z osadników kopalni Pstrowski, gdzie zrzucano ciecze ciężkie (zawierające związki wapnia, żelaza i baru) po wzbogacaniu węgla (Górnictwo..., 2015).

W osadach górnego biegu Potoku Rokitnickiego, Dopływu spod Górników i mniejszych cieków w tej części zlewni zaznacza się wyraźna kumulacja srebra (2–10 mg/kg), kadmu (30–215,4 mg/kg), ołowiu (500–6505 mg/kg) i cynku (1100–26 560 mg/kg). Wysoka zawartość metali związana jest z drenażem rejonu historycznej eksploatacji rud Zn-Pb, gdzie działały kopalnie Hipolit, Planeta i Verona (Degenhardt, 1870; Jędrzejczyk-Korycińska, 2009; Geognostische Karte...; Krisowe szlaki...). Zwiększoną zawartość żelaza (6–14%), manganu (1500–28 320 mg/kg), kobaltu (>40 mg/kg) i niklu (>20 mg/kg) w osadach tej części zlewni można prawdopodobnie wiązać z występowaniem rud żelaza w postaci limonitu i ich historyczną eksploatacją. Kumulacja pierwiastków jest związana z dogodnym środowiskiem ich sorpcji w osadach o charakterze maąd, które obfitują w materię organiczną, minerały ilaste oraz tlenki i wodorotlenki żelaza.

W osadach zlewni Potoku Mikulczyckiego ok. 36% próbek zawiera rtęć w ilości zbliżonej do regionalnego tła geochemicznego (0,06 mg/kg). W niektórych osadach zanotowano zawartość 0,07–0,20 mg/kg tego pierwiastka, a w kilku lokalizacjach (rejon PGR Grzybowice, szyb Kocha na stawie Brantka) >1 mg/kg. Maksymalną koncentrację rtęci (14,12 mg/kg) stwierdzono w osadzie Dopływu w Mikulczycach w rejonie ulicy Parkowej i św. Wawrzyńca. Jest to zadrzewiony rejon nieużytków, gdzie mogły być nielegalnie zdeponowane środki ochrony roślin lub inne substancje zawierające rtęć. Zwiększoną zawartość tego metalu w osadach cieków górnej części zlewni można wiązać z ługowaniem rozproszonych odpadów po historycznej eksploatacji rud Zn-Pb, a w dolnej z emisją z wysokotemperaturowego spalania węgla w koksowni Jadwiga, położonej w Zabrze-Biskupicach, poza południową granicą arkusza.

**Zlewnia Bytomki.** Południowo-wschodni kraniec obszaru arkusza, obejmujący uprzemysłowione i zurbanizowane dzielnice Bytomia, to górna część zlewni Bytomki. Początkowy odcinek rzeki, noszący nazwę Bytomska Woda, bierze początek w okolicy stacji kolejowej Bytom-Karb i jest zasilany głównie wodami dołowymi z kopalń (Cempiel i in., 2014). Na całej długości w granicach arkusza rzekę charakteryzuje brak naturalnych dopływów i uszczelnione koryto oraz zasilanie przez rowy i kolektory prowadzące zanieczyszczone ścieki. Do największych należą zrzuty ścieków z oczyszczalni Bobrek i KWK Bobrek-Centrum (Cempiel i in., 2014). Poprzez Rów Miechowski (znany też pod nazwą Julka) do Bytomki odprowadzane są wody ze zmodernizowanej Oczyszczalni Ścieków Miechowice (przy ul. Łaszczyka). Trafiają do niej również ścieki sanitarne z zachodniej części Piekar Śląskich.

Na terenie zlewni w nieckach osiadań lub wyrobiskach poeksploatacyjnych występują liczne zbiorniki bezdopływowe, a grunty pokrywające teren mają w wie-



Fig. 3. Lokalizacja cieków i zbiorników wód stojących oraz obszary zlewni (wg Mapa...)

lu miejscach skład chemiczny zmieniony antropogenicznie. Są tu zlokalizowane szyby i osadniki zamkniętych kopalń węgla Szombierki i Rozbark, działającej kopalni Bobrek-Centrum oraz węzłów kolejowych. Część zanieczyszczeń osadów zlewni może pochodzić z tych źródeł. Wcześniejsze badania wykazały ich znaczne skażenie przez chrom, kadm, cynk, ołów i miedź (Nocoń, 2009; Cempiel i in., 2014). W zbiornikach wód stojących przy południowej granicy arkusza zaznacza się podwyższona zawartość wapnia (5,72–10,32%) i strontu (220–720 mg/kg).

Osady potoku Miechowskiego zasilającego Bytomkę są zanieczyszczone przez metale (10,7–46,7 mg/kg kadmu, 82–130 mg/kg miedzi, 0,49–11,79 mg/kg rtęci, 350–1216 mg/kg ołowiu i 3817–7175 mg/kg cynku) oraz fosfor (0,123–1,117%). Najbardziej prawdopodobnym źródłem tych pierwiastków wydają się zrzuty ścieków z oczyszczalni.

**Seget i jego zlewnia.** W górnej części zlewni na powierzchni i pod niewielkim przykryciem osadów czwartorzędowe zalegają triasowe dolomity kruszczone zawierające rudy cynku i ołowiu (Biernat, 1954; reambulacja Wilanowski, Lewandowski, 2016), które wydobywano i przetwarzano przez kilka stuleci. Źródłem zanieczyszczenia osadów są głównie hałdy odpadów popłuczkowych po ich eksploatacji.

W prawie wszystkich osadach potoku Seget występuje koncentracja metali obecnych w kruszczach, a największe zawartości stwierdzono w osadach górnej części potoku odwadniającego rejon historycznej eksploatacji górniczej. Zanotowano tu 2–11 mg/kg srebra, 18,9–235,8 mg/kg kadmu, 1,42–15,33% żelaza, 300–28 570 mg/kg manganu, 396–14 640 mg/kg ołowiu i 1954–16 600 mg/kg cynku.

W składzie osadów zwraca też uwagę kumulacja kobaltu i tytanu odpowiednio 80–492 mg/kg i 120–200 mg/kg. Z kolei w rejonie osiedla Blachówka występująca koncentracja miedzi (115–122 mg/kg) może pochodzić ze współczesnych źródeł antropogenicznych. Osady wzbogacone w ten pierwiastek zanotowano w niewielkiej odległości od zakładów naprawy samochodów i dzikiego wysypiska (hałdy?) odpadów.

W zlewni potoku Seget (na pograniczu bytomskich dzielnic Miechowice i Karb) zlokalizowany jest zapadliskowy staw Brantka, który powstał po II wojnie światowej w wyniku niewłaściwej eksploatacji węgla. W tym rejonie eksploatację rud Zn-Pb prowadziła historyczna kopalnia kruszców Fryderyk, a strefa brzegowa stawu to miejsce pozostałości po jej szybie Koch (Bytom; Miechowice). Przy północnym brzegu stawu maksymalna zawartość srebra w osadach wynosi 101 mg/kg, arsenu 292 mg/kg, kadmu 732,2 mg/kg, żelaza 13,04%, rtęci 1,34 mg/kg, ołowiu 13 080 mg/kg i cynku 78 480 mg/kg.

**Zlewnia Dramy** obejmuje północno-zachodnią część obszaru arkusza użytkowaną przede wszystkim jako pola uprawne. W tym rejonie Dramę zasila Dopływ z Ptakowic i Potok Grzybowicki. W porównaniu do wartości tła geochemicznego regionu śląsko-krakowskiego (wyrażonych wartościami ich median) zawartość większości pierwiastków w analizowanych osadach jest nieco większa (tab. 4). Wyraźne zubożenie zaznacza się w przypadku wapnia, a wzbogacenie w przypadku manganu.

W dolinie Dopływu z Ptakowic i zasilającego go cieku bez nazwy na powierzchni odsłaniają się triasowe dolomity kruszczońskie. Są one stale erodowane dostarczając materiału aluwii, ale były też przedmiotem historycznej eksploatacji galeny w Ptakowicach i Zbrosławicach. O ciągłym wpływie odpadów po wytopieniu srebra z galeny na zanieczyszczenie osadów świadczy zawartość w nich kadmu (26,6–33,8 mg/kg), ołowiu (780–6421 mg/kg) i cynku (1366–4105 mg/kg). Osady zawierają także podwyższoną zawartość kobaltu (40–87 mg/kg) i manganu (6300–14 000 mg/kg).

## WODY POWIERZCHNIOWE

Oddziaływanie antropogeniczne na zasoby wodne ma zarówno wymiar ilościowy (zmiana stosunków wodnych), jakościowy (zanieczyszczenia wód, zmiany chemizmu), jak i morfologiczny (przekształcenia kształtu koryt cieków czy mis zbiorników). Niekorzystne zmiany powodują w konsekwencji skutki ekologiczne, polegające na zaburzeniu warunków siedliskowych, ustępowaniu określonych gatunków, zmniejszaniu się bioróżnorodności. W obszarach eksploatacji węgla kamiennego jednym z najważniejszych problemów są zrzuty wód kopalnianych do rzek i strumieni prowadzone jeszcze długo po zaprzestaniu wydobywania i mogące powodować utlenianie związków żelaza, rozpuszczanie kalcytu i wytrącanie getytu.

Przeprowadzone badania wód dotyczyły oceny zawartości ich wybranych składników chemicznych oraz przewodności elektrolitycznej właściwej i kwasowości. W celu porównania i łatwiejszej oceny jakości analizowanych wód, przytoczono zakresy zawartości poszczególnych składników na analizowanym obszarze oraz wyniki obliczonych parametrów statystycznych wraz z wartościami wskaźników jakości wód powierzchniowych stosowanych w Polsce (Rozporządzenie..., 2019). Dodatkowo zamieszczono wartości wskaźników dla wód mineralnych i wód pitnych według zaleceń UE (EU Directive 1998/83/EC; EU Directive 2009/54/EC) – tabela 5.

Wartość odczynu wód w obszarze arkusza tylko w kilku przypadkach nie spełnia zaleceń normatywnych. Wody o pH <6 występują punktowo w górnej części cieku bez nazwy (prawostronnego Dopływu spod Górników) zasilającego Potok Mikulczycki, zaś pH >8,8 zanotowano w kilku próbkach poniżej ujścia Dopływu

w Mikulczycach. Odczynem alkalicznym wyróżniają się wody stawów (w tym stawu Brantka).

Mineralizacja, odzwierciedlona wartością EC w większości wód przekracza wartość 0,45 mS/cm, przyjętą jako wartość graniczna dla wód II klasy (Rozporządzenie..., 2019).

**Potok Mikulczycki i jego zlewnia.** Wody potoku charakteryzuje wartość przewodności elektrolitycznej właściwej w przedziale 0,38–1,54 mS/cm i odczyn w granicach 7,4–9,4. Na terenie zlewni zmineralizowane wody (o wartości EC powyżej 1 mS/cm) występują w górnym biegu strumienia bez nazwy wpadającego do Dopływu spod Górników oraz w dolnym odcinku Potoku Mikulczyckiego, poniżej miejsc zrzutu ścieków z oczyszczalni Zabrze-Rokitnica, Zabrze-Mikulczyce i Zabrze-Grzybowice (Wodociągi). Najbardziej zanieczyszczone wody (EC 6,54–13,08) zanotowano w początkowym odcinku Dopływu w Mikulczycach, co jest spowodowane ich obciążeniem substancjami z osadników kopalni węgla kamiennego. O zmianie chemizmu wód pod wpływem zrzutów wód kopalnianych świadczy porównanie zawartości pierwiastków charakterystycznych dla wód dołowych w górnej i dolnej części zlewni. Dla litu są to odpowiednio zawartości 3–13 mg/dm<sup>3</sup> oraz 100–500 mg/dm<sup>3</sup>, dla magnezu 9–23 mg/dm<sup>3</sup> i 40–120 mg/dm<sup>3</sup>, dla sodu 20–300 mg/dm<sup>3</sup> i 440–2190 mg/dm<sup>3</sup>. Udział wód dołowych w zanieczyszczeniu podkreśla też zawartość boru i siarczanów wynosząca odpowiednio 0,02–0,24 mg/dm<sup>3</sup> i 70–150 mg/dm<sup>3</sup> w górnej części zlewni oraz 0,30–1,40 mg/dm<sup>3</sup> i 300–700 mg/dm<sup>3</sup> w dolnej.

Ze względu na stężenie siarczanów wody zlewni Potoku Mikulczyckiego należą do pozaklasowych. Do wód pozaklasowych kwalifikuje je także zawartość wapnia >35 mg/dm<sup>3</sup> i magnezu >25 mg/dm<sup>3</sup>. Z uwagi na obciążenie fosforem do pozaklasowych należą też wody cieku bez nazwy wpadającego do Potoku Mikulczyckiego powyżej Gajdzikowych Górek zawierające 0,39–0,73 mg/dm<sup>3</sup> tego pierwiastka oraz wody Potoku Rokitnickiego, gdzie notowano fosfor w ilości 1,19–2,03 mg/dm<sup>3</sup>. Ze względu na zawartość >0,3 mg/dm<sup>3</sup> żelaza 45% próbek wód zlewni zaliczono do wód pozaklasowych. W kilku miejscach jego zawartość przekracza 1,50 mg/dm<sup>3</sup>, osiągając maksymalnie 35,86 mg/dm<sup>3</sup> w wodach leśnego odcinka potoku bez nazwy płynącego od Górników-Wieszowej.

W górnej części zlewni wody Potoku Mikulczyckiego są zanieczyszczone przez metale, których głównym źródłem jest prawdopodobnie erozja wychodni dolomitów kruszczońskich i rozproszonych odpadów popłuczkowych po przetwarzaniu rud cynkowo-ołowiowych, a w niższym biegu przez składniki zawarte w ściekach zrzucanych z oczyszczalni ścieków oraz w wodach z osadników kopalni zrzucanych do Dopływu w Mikulczycach.

Nadmierna zawartość metali zaznacza się w wodach odcinka leśnej doliny Potoku Mikulczyckiego. Stwierdzono tu obecność znacznego stężenia kadmu (2,24–6,66 µg/dm<sup>3</sup>), ołowiu (2,79–10,95 µg/dm<sup>3</sup>) i cynku (0,404–0,686 mg/dm<sup>3</sup>). Trudno wskazać jednoznaczne źródło tych pierwiastków, ale ich współwystępowanie świadczy o związku z mineralizacją kruszczową.

W południowej części zlewni w wodach cieku bez nazwy odwadniającego rejon hałdy odpadów nieczynnej kopalni węgla Mikulczyce zanotowano podwyższoną zawartość molibdenu (2,06–9,45 µg/dm<sup>3</sup>) i uranu (2,82–9,04 µg/dm<sup>3</sup>) związaną prawdopodobnie z wypłukiwaniem tych pierwiastków z materiału hałdy.

**Zlewnia Bytomki.** Zbadane wody zlewni pochodzą głównie ze zbiorników wód stojących i (poza nielicznymi wyjątkami) nie spełniają norm dla wód I lub II klasy jakości ze względu na odczyn i przewodność elektrolityczną właściwą. Mediana wartości EC wynosi 0,59 mS/cm, świadcząc o ich znacznej mineralizacji.

Niektóre z analizowanych wód zbiorników zlokalizowanych przy południowej granicy arkusza obciąża zespół składników pochodzących z wód kopalnianych: bor (do 1,23 mg/dm<sup>3</sup>), lit (do 980,7 µg/dm<sup>3</sup>), sól (do 1753,7 mg/dm<sup>3</sup>) i siarczany (do 854 mg/dm<sup>3</sup>). Wody te obfitują też w magnez i wapń pochodzące z tych samych źródeł, zaś niewielkie jest w nich stężenie arsenu (mediana 2 µg/dm<sup>3</sup>) i baru

(mediana 0,08 mg/dm<sup>3</sup>). Z uwagi na zawartość wapnia, magnezu i siarczanów zaliczono je do wód pozaklasowych.

**Seget i jego zlewnia.** Pomierzone wartości przewodności elektrolitycznej wód wskazują na ich niewielkie zasolenie (EC wód zlewni wynosi średnio 0,47 mS/cm) i odczyn w zakresie 7,1–8,9.

W górnej części wód potoku niekorzystna jest zawartość kadmu (do 9,67 µg/dm<sup>3</sup>), kobaltu (do 10,1 µg/dm<sup>3</sup>), ołowiu (do 29,15 µg/dm<sup>3</sup>) i cynku (do 3,959 mg/dm<sup>3</sup>). Zawartość talu (<0,05–0,17 µg/dm<sup>3</sup>) nie przekracza granicy dla wód I i II klasy jakości. Na całym analizowanym odcinku potoku zawartość innych pierwiastków jest wyrównana i wskazuje na niewielkie zanieczyszczenie.

**Zlewnia Dramy.** Przewodność elektrolityczna właściwa wód zlewni zmienia się w przedziale 0,14–2,12 mS/cm. Najmniejszymi wartościami EC (0,10–0,50 mS/cm) wyróżniają się wody cieków w północnej części obszaru arkusza, a największymi wody górnego odcinka Potoku Grzybowickiego. Odczyn większości badanych wód pozostaje w granicach wyznaczonych dla wód pierwszej lub drugiej klasy jakości. Tylko w kilku przypadkach stwierdzono pH w zakresie 6,0–6,9.

Na złą jakość wód zlewni wpływa podwyższona zawartość berylu (do 1,16 µg/dm<sup>3</sup>), kadmu (do 10,42 µg/dm<sup>3</sup>) i ołowiu (do 93,95 µg/dm<sup>3</sup>) w wodach zbiorników i górnych odcinków cieków bez nazwy zasilających Dopływ z Ptakowic.

W górnym odcinku Potoku Grzybowickiego zanotowano podwyższoną zawartość molibdenu (8,30–32,31 µg/dm<sup>3</sup>), sodu (222–616 mg/dm<sup>3</sup>), siarczanów (160–402 mg/dm<sup>3</sup>), antymonu (2,17–6,70 µg/dm<sup>3</sup>) i selenu (14–40 µg/dm<sup>3</sup>) co kwalifikuje je analizowane wody do pozaklasowych.

Na zanieczyszczenie wód zlewni Wieszówki w największym stopniu wpływa wysokie stężenie fosforu (1,15–3,96 mg/dm<sup>3</sup>) przekraczające wartość graniczną dla II klasy jakości wody.

## WNIOSKI

1. Antropogenicznymi źródłami zanieczyszczeń środowiska przyrodniczego są: wydobywanie węgla kamiennego, historyczna eksploatacja i przetwórstwo rud cynkowo-ołowiowych, hutnictwo żelaza, oddziaływanie odpadów przemysłowych (hałd skał płonnych, osadników szlamów i mulów węglowych, zrzuty wód dołowych), urbanizacja i transport.

2. W składzie granulometrycznym powierzchniowej warstwy gleb przeważa frakcja piaszkowa (1,0–0,1 mm), a duży udział gleb antropogenicznych znajduje odzwierciedlenie w zawartości frakcji ilowej (<0,02 mm), szczególnie we wschodniej części obszaru arkusza.

3. Odczyn gleb jest zależny przede wszystkim od sposobu ich użytkowania. W obydwu zakresach głębokości przeważają gleby o odczynie kwaśnym, bardziej intensywnym w warstwie wierzchniej. W rejonach przemysłowych i zurbanizowanych zanotowano lokalnie występowanie gleb zasadowych.

4. Skład chemiczny gleb został w znacznym stopniu zmieniony przez czynniki antropogeniczne. Ich naturalne składniki zostały przemieszane z materiałami obcymi, często wielokrotnie przekopane, nasączone słonymi wodami dołowymi i przesuszone.

5. Rozkład przestrzenny zawartości w glebach pierwiastków, których głównym źródłem są skały macierzyste, jest zróżnicowany. W wierzchniej warstwie gleb wartość median glinu, wapnia, kobaltu, magnezu, fosforu, niklu, siarki i strontu jest zbliżona do wartości median tła geochemicznego (gleb regionu śląsko-krakowskiego). Około dwukrotne wzbogacenie zanotowane w przypadku baru, manganu, siarki, tytanu, wanadu i żelaza wiąże się przypuszczalnie ze źródłami antropogenicznymi tych pierwiastków.

6. W glebach z obydwu zakresów głębokości wyraźna jest kumulacja pierwiastków emitowanych do środowiska w wyniku działalności przemysłowej. Zawartość

arsenu, kadmu, chromu, miedzi i cynku jest dwukrotnie większa, a ołowiu nawet trzykrotnie większa w porównaniu z wartością regionalnego tła geochemicznego.

7. W rejonach historycznej eksploatacji złóż cynku i ołowiu oraz w okolicy nieczynnej huty żelaza Bobrek, a także w otoczeniu hałd pozostałych po tej działalności występują liczne anomalie antropogeniczne srebra, arsenu, kadmu, ołowiu i cynku. Najbardziej zanieczyszczone tymi metalami są gleby osiedli Bytomia (Blachówka, Lazarówka, Sucha Góra na północy, Górniki na zachodzie) oraz rejon Bobrka i Miechowic na wschodzie arkusza.

8. Kontaminacja osadów i wód powierzchniowych ma charakter antropogeniczny. Jej źródłem są zrzuty wód dołowych czynnych i nieczynnych kopalń węgla kamiennego, ścieków przemysłowych i komunalnych oraz drenaż hałd odpadów górnictwa węglowego, rud cynkowo-ołowiowych i huty żelaza.

9. Osady cieków i zbiorników wód stojących w północnej części obszaru objętego arkuszem są w większości silnie zanieczyszczone przez metale związane z historycznym górnictwem rud cynkowo-ołowiowych (kadm, ołów, cynk, srebro i kobalt).

10. Badane wody mają głównie odczyn zasadowy. Wyraźnie antropogeniczne zanieczyszczenie większości wód w południowej części obszaru objętego arkuszem wiąże się ze zrzutami zmineralizowanych wód kopalnianych zawierających siarczany oraz bor, potas, lit i sól. W ciekach odwadniających rejon oczyszczalni ścieków wody są zanieczyszczone przez fosfor.

## LITERATURA

- ACOSTA J.A., MARTINEZ-MARTINEZ S., ZORNOZA R., CARMONA D.M., KABAS S., 2011 – Multivariate statistical and GIS-based approach to evaluate heavy metals behaviour in mine sites for future reclamation. *J. Geochem. Explor.*, **109**: 8–17.
- ADAMO P., ARIENZO M., BIANCO M.R., TERRIBILE F., VIOLANTE P., 2002 – Heavy metal contamination of the soils used for stocking raw materials in the former ILVA iron-steel industrial plant of Bagnoli (southern Italy). *Sci. Tot. Environm.*, **295**: 7–34.
- AKTUALIZACJA Programu Ochrony Środowiska dla miasta Bytomia na lata 2012–2015. 2012. Główny Instytut Górnictwa, Katowice [https://www.google.com/search?q=AKTUALIZACJA+Programu+Ochrony+%C5%9Arodowiska+dla+miasta+Bytomia+na+lata+2012%E2%80%932015&rlz=1C1ASUT\\_enPL8-88PL888&oq=AKTUALIZACJA+Programu+Ochrony+%C5%9Arodowiska+dla+miasta+Bytomia+na+lata+2012%E2%80%932015&aqs=chrome..69i57.4561j0j7&sourceid=chrome&ie=UTF-8](https://www.google.com/search?q=AKTUALIZACJA+Programu+Ochrony+%C5%9Arodowiska+dla+miasta+Bytomia+na+lata+2012%E2%80%932015&rlz=1C1ASUT_enPL8-88PL888&oq=AKTUALIZACJA+Programu+Ochrony+%C5%9Arodowiska+dla+miasta+Bytomia+na+lata+2012%E2%80%932015&aqs=chrome..69i57.4561j0j7&sourceid=chrome&ie=UTF-8) (dostęp 10.10.2020).
- AKTUALIZACJA Programu Ochrony Środowiska dla miasta Zabrze do 2016 roku z perspektywą do roku 2020. 2014. Urząd Miasta Zabrze. [http://www.um.zabrze.pl/sites/default/files/attach/Uchwala\\_19-05-14-LI\\_756\\_14\\_.pdf](http://www.um.zabrze.pl/sites/default/files/attach/Uchwala_19-05-14-LI_756_14_.pdf) (dostęp 07.05.2020).
- ALBANESE S., BREWARD N., 2011 – Sources of Anthropogenic Contaminants in the Urban Environment. *W: Mapping the Chemical Environment of Urban Areas* (red. Ch. Johnson, A. Demetriades, J. Locutura, T.T. Ottesen): 116–127. Wiley-Blackwell.
- BIERNAT S., 1954; reambulacja WILANOWSKI S., LEWANDOWSKI J., 2016 – Szczegółowa Mapa Geologiczna Polski 1:50 000, ark. Bytom. Państw. Inst. Geol., Warszawa.
- BOJAKOWSKA I., SOKOŁOWSKA G., 2001. – Rtęć w kopalniach wydobywanych w Polsce jako potencjalne źródło zanieczyszczenia środowiska. *Biul. Państw. Inst. Geol.*, **394**: 5–54.
- BOJAKOWSKA I., GLIWICZ T., MAŁECKA K., 2006 – Wyniki geochemicznych badań osadów wodnych Polski w latach 2003–2005. *Bibl. Monitoringu Środowiska*, Warszawa.
- BRUDZYŃSKI R., 1999 – Krótka historia upadłości Huty Bobrek w Bytomiu. *Raporty CASE*, **27**: 85–89, [http://www.case-research.eu/upload/publikacja\\_plik/rc27part6.pdf](http://www.case-research.eu/upload/publikacja_plik/rc27part6.pdf) (dostęp 25.01.2021).
- BN-78/9180-11. Gleby i utwory mineralne. Podział na frakcje i grupy granulometryczne. Norma branżowa, 1978. PKN, Warszawa.
- BUŁA Z., KOTAS A. (red.), 1994 – Atlas geologiczny GZW w skali 1:100 000 cz. III. Mapa geologiczno-strukturalna utworów karbonu produktywnego. Wyd. Państw. Inst. Geol., Warszawa.
- BYTOM. <http://bytom.blox.pl/2012/05/Najwieksza-sposrod-wszystkich-stawow.html> (dostęp 15.06.2020)
- CABAŁA J., 1996 – Koncentracje pierwiastków śladowych w rudach Zn-Pb i możliwość przechodzenia ich do odpadów. *Pr. Nauk. Gl. Inst. Górn.*, seria Konferencje **13**: 17–32.
- CÁNOVAS C.R., PEIFFER S., MACÍAS F., OLÍAS M., NIETO J.M., 2015 – Geochemical processes in a highly acidic pit lake of the Iberian Pyrite Belt (SW Spain). *Chem. Geol.*, **395**: 144–153.
- CAPPUYNS V., SWENNEN R., VANDAMME, A., NICLAES M., 2005 – Environmental impact of the former Pb–Zn mining and smelting in East Belgium. *J. Geochem. Expl.*, **88**: 6–9.
- CEMPIEL E., CZAJKOWSKA A., NOWIŃSKA K., POZZI M., 2014 – Przejawy antropopresji w zlewni rzeki Bytomki. Wyd. Polit. Śl., Gliwice.
- CISZEWSKI D., 1997 – Source of pollution as a factor controlling distribution of heavy metals in bottom sediments of Chechło River (south Poland). *Environ. Geol.*, **29**: 50–57.
- CISZEWSKI D., 2002 – Zapis działalności przemysłowej w osadach fluwialnych. *W: Zapis działalności człowieka w środowisku przyrodniczym* (red. P. Szwarczewski, E. Smolska), t. 1: 23–28. Warszawa-Lomża.
- CISZEWSKI D., 2005 – Osady pozakorytowe Odry jako archiwum historii zanieczyszczenia rzeki metalami ciężkimi. *W: Współczesna ewolucja rzeźby Polski* (red. A. Kotarba, K. Krzemień, J. Święchowicz): 60–67. VII Zjazd Geomorfologów Polskich. IGI GP UJ, Kraków.
- CHROBOK L., 2009 – Historia górnictwa na terenie Wielkiej Dąbrówki od 1844 do 1914 roku, Katowice. [https://dabrowkawielka.pl/Historia\\_gornictwa\\_do\\_1844\\_roku](https://dabrowkawielka.pl/Historia_gornictwa_do_1844_roku) (dostęp 07.06.2021).
- DEGENHARDT O., 1870 – Der Oberschlesien-Polnische-Bergdistrict mit Hinweglassung des Diluviums. Karte von Oberschlesien 1:100 000. Verlag der Landkarten handlung von J.H. Neumann, Berlin.
- DE VOS W., TARVAINEN T. (red.), 2006 – Geochemical atlas of Europe. Part 2, Geological Survey of Finland, Espoo.
- DYBOVA S., JACHOWICZ A., 1957 – Identyfikacja pokładów węgla metodą mikroskopową. *Prz. Geol.*, **5**: 226–30.
- EU DIRECTIVE 1998/83/EC Drinking Water.
- EU DIRECTIVE 2009/54/EC Natural Mineral Water.
- FRIESE K., 2002 – Depth distribution of heavy metals in lake sediments from lignite mine pit lakes of Lusatia (Germany). *Stud. Quatern.*, **21**: 197–205.
- FUGE R., PEARCE F.M., PEARCE N.J.G., PERKINS W.T., 1993 – Geochemistry of Cd in the secondary environment near abandoned metalliferous mines, Wales. *Appl. Geochem.*, Supplement, **2**: 29–35.
- GEOGNOSTISCHE Karte von Ober-Schlesien, Section Gleiwitz, Blatt № 8, 1868. <https://sammlungen.ulb.uni-muenster.de/download/webcache/0/2875628> (dostęp 25.12.2021).
- GRZECHNIK Z., 1978 – Historia dotychczasowych poszukiwań i eksploatacji. *W: Poszukiwanie rud cynku i ołowiu na obszarze śląsko-krakowskim. Pr. Inst. Geol.*, **83**: 23–39.
- GÓRNICTWO: przeróbka – wzbogacenie w cieczach ciężkich, 2015 – <http://www.gornictwo.ugu.pl/gornictwo-przerobka-wzbogacenie-w-cieczach-ciezkich/> (dostęp 20.10.2020).
- HARNISCHMACHER S., 2007 – Anthropogenic impacts in the Ruhr district (Germany): a contribution to anthropogeomorphology in a former mining region. *Geogr. Fis. Dinam. Quat.*, **30**: 185–192.
- HINWOOD A.L., HEYWORTH J., TANNER H., MCCULLOUGH C., 2012 – Recreational use of acidic pit lakes – Human Health Considerations for Post Closure Planning. *J. Water Res. Protect.*, **4**: 1061–1070.
- HŁAWICZKA S., 2008 – Rtęć w środowisku atmosferycznym. Wyd. Inst. Podst. Inż. Środ. PAN, Zabrze.
- IBRAGIMOW A., GŁOSIŃSKA G., SIEPAK M., WALNA B., 2010 – Wstępne badania zanieczyszczenia metalami ciężkimi osadów równin zalewowych Lubuskiego Przełomu Odry. *Pr. Stud. Geogr.*, **44**: 233–247.
- JAROS J., 1984 – Słownik historyczny kopalń węgla na ziemiach polskich. Śl. Inst. Nauk., Katowice.
- JĘDRZEJCZYK-KORYCIŃSKA M., 2009 – Obszary dawnej eksploatacji złóż rud cynkowo-ołowiowych – ich bogactwo florystyczne a możliwości ochrony. *Probl. Ekol. Krajob.*, **24**: 71–80.
- JURECZKA J., KOTAS A., 1995 – Coal deposits – Upper Silesian Coal Basin. *W: The Carboniferous System in Poland* (red. A. Zdanowski, H. Żakowa). *Pr. Państw. Inst. Geol.*, **148**: 164–173.
- KABATA-PENDIAS A., MUKHERJEE A., 2007 – Trace Elements from Soil to Human. Springer-Verlag, Berlin Heidelberg.
- KABATA-PENDIAS A., SZTEKE B., 2015 – Trace Elements in Abiotic and Biotic Environments. Taylor and Francis Group, CRC Press.
- KERBER B., 1977 – Charakterystyka złóż w rejonie tarnogórskim. *W: Charakterystyka rud cynku i ołowiu na obszarze śląsko-krakowskim* (red. J. Pawłowska): 119–136. Wyd. Geol., Warszawa.
- KIERSNOWSKI H., 1991 – Litostratygrafia permu północno-wschodniego obrzeżenia Górnośląskiego Zagłębia Węglowego – nowa propozycja. *Prz. Geol.*, **39**: 198–203.
- KLASYFIKACJA uziarnienia gleb i utworów mineralnych, 2008. Polskie Towarzystwo Gleboznawcze. [http://www.ptg.sggw.pl/images/Uziarnienie\\_PTG\\_2008.pdf](http://www.ptg.sggw.pl/images/Uziarnienie_PTG_2008.pdf) (dostęp 15.07.2020).
- KONDRACKI J., 2009 – Geografia regionalna Polski. PWN, Warszawa.
- KOTAS A., MAŁCZYK W., 1972 – Seria paraliczna piętra namuru dolnego Górnośląskiego Zagłębia Węglowego. *W: Karbon Górnośląskiego Zagłębia Węglowego. Pr. Inst. Geol.*, **61**: 329–411.
- KOTLIICKI S., 1995 – Badania nad litostratygrafią triasu Górnego Śląska. *Arch. PIG, Sosnowiec*: 123–140.
- KOZIEL M., ZGŁOBICKI W., 2010 – Metale ciężkie w aluwjach Wieprza na obszarze Nadwieprzańskiego Parku Krajobrazowego. *Ochr. Środ. Zas. Nat.*, **43**: 26–37.
- KRISOWE szlaki i bezdroża. <http://szlakiibezdroza.blogspot.com/2013/05/miechowickie-stawy.html> (dostęp 22.05.2020).
- KRZANOWSKA A., KOWALSKA Z., OLSZEWSKA K., 2004 – Warunki wodne. *W: Objasnienia do mapy geośrodowiskowej Polski w skali 1:50 000*. Arkusz Bytom. Państw. Inst. Geol., Warszawa.
- LIS J., PASIECZNA A., 1995a – Atlas geochemiczny Polski w skali 1:2 500 000. Wyd. Państw. Inst. Geol. Warszawa.
- LIS J., PASIECZNA A., 1995b – Atlas geochemiczny Górnego Śląska w skali 1:200 000. Wyd. Państw. Inst. Geol., Warszawa.
- LIS J., PASIECZNA A., 1997 – Anomalie geochemiczne Pb-Zn-Cd w glebach na Górnym Śląsku – 1997. *Prz. Geol.*, **2**: 182–190.
- LIS J., PASIECZNA A., 1999 – Szczegółowa mapa geochemiczna Górnego Śląska w skali 1:25 000. Ark. Sławków. Państw. Inst. Geol., Warszawa. <http://www.map-geochem.pgi.gov.pl/slawkow/atlas.html>

- MAJORCZYK R., 1986 – Historia górnictwa kruszcowego w rejonie bytomskim od połowy XIX wieku. Część III. *Rudy Metale*, **31**: 442–446.
- MAPA Hydrograficzna Polski w skali 1:50 000, arkusz Bytom, 2019. KZGW, Warszawa.
- MIDAS (System Gospodarki i Ochrony Bogactw Naturalnych Państwowego Instytutu Geologicznego-PIB). <http://geoportal.pgi.gov.pl/midas-web>
- MIGASZEWSKI Z.M., GAŁUSZKA A., 2016 – Geochemia środowiska. PWN, Warszawa.
- MOCEK A., DRZYMAŁA S., MASZNER P., 2000 – Geneza, analiza i klasyfikacja gleb. AR Poznań.
- MIECHOWICE – Historia. [http://www.gazetamiechowic.pl/historia/nazwy\\_miejscowe\\_i\\_terenowe.html](http://www.gazetamiechowic.pl/historia/nazwy_miejscowe_i_terenowe.html) (dostęp 15.05.2020).
- MOLENDĄ D., 1960 – Górnictwo kruszców. *W: Zarys dziejów górnictwa na ziemiach polskich*. T. 1: 120–162. Wyd. Górniczo-Hutnicze, Katowice.
- MOLENDĄ D., 1972 – Kopalnie rud ołowiu na terenie złóż śląsko-krakowskich od XVI do XVIII wieku. Z dziejów postępu technicznego eksploatacji kruszców. Wyd. Ossolineum, Wrocław: 25–31.
- NAVARRO M.C., PÉREZ-SIRVENT C., MARTÍNEZ-SÁNCHEZ M.J., VIDAL J., MARIMÓN J., 2006 – Lead, cadmium and arsenic bioavailability in the abandoned mine site of Cabezo Rajao (Murcia, SE Spain). *Chemosphere*, **63** (3): 484–489.
- NOCOŃ W., 2009 – Metale ciężkie w osadach dennych wybranych dopływów rzeki Kłodnicy. *Inż. Ochr. Środ.*, **12**: 65–76.
- PASIECZNA A., 2003 – Atlas zanieczyszczeń gleb miejskich w Polsce. Państw. Inst. Geol., Warszawa.
- PASIECZNA A., 2018 – Wpływ historycznej eksploatacji rud cynkowo-ołowiowych oraz hutnictwa żelaza i cynku na zanieczyszczenie gleb w centralnej części Górnośląskiego Okręgu Przemysłowego. *Biul. Państw. Inst. Geol.*, **473**: 49–66.
- PN-R-04033. Gleby i utwory mineralne. Podział na frakcje i grupy granulometryczne. PKN, Warszawa, 1998.
- PORZYCKI J., 1972 – Seria mułowcowa piętra westfalu dolnego Górnośląskiego Zagłębia Węglowego. *Pr. Inst. Geol.*, **61**: 467–500.
- RAZOWSKA-JAWOREK L., BRODZIŃSKI I., 2016 – Bytom. *W: Wody podziemne miast Polski*. Państw. Inst. Geol. 3–18. <https://www.pgi.gov.pl/psh/materialy-informacyjne-psh/informatory-psh/wody-podziemne-miast-polski/4153-bytom/file.html> (dostęp 25.12.2020).
- REIMANN C., BIRKE M., DEMETRIADES A., FILZMOSER P., O’CONNOR P., EDS. AND THE GEMAS PROJECT TEAM, 2014 – Chemistry of Europe’s Agricultural Soils. Part A, *Geol. Jahrb.*, Reihe B, **102**.
- ROZPORZĄDZENIE Ministra Gospodarki Morskiej i Żeglugi Śródlądowej z dnia 11 października 2019 r. w sprawie klasyfikacji stanu jednolitych części wód powierzchniowych, a także środowiskowych norm jakości dla substancji priorytetowych. DzU poz. 2149.
- ROZPORZĄDZENIE Ministra Środowiska z dnia 1 września 2016 r. w sprawie sposobu prowadzenia oceny zanieczyszczenia powierzchni ziemi DzU poz. 1395.
- RYŻAK M., BARTMIŃSKI P., BIEGANOWSKI A., 2009 – Metody wyznaczania rozkładu granulometrycznego gleb mineralnych. *Acta Agrophysica*, **175**: 1–79.
- RZĘTAŁA M., JAGUŚ A., RZĘTAŁA M.A., RAHMONOV O., RAHMONOV M., KHAK V., 2013 – Variations in the Chemical Composition of Bottom Deposits in Anthropogenic Lakes. *Pol. J. Environ. Stud.*, **22**: 1799–1805.
- SALMINEN R. (red.), 2005 – Geochemical Atlas of Europe, Part I. Geological Survey of Finland, Espoo.
- SIEDLECKA A., 1964 – Osady permu na północno-wschodnim obrzeżeniu Zagłębia Górnośląskiego. *Rocz. Pol. Tow. Geol.*, **34**: 309–394.
- SOJKA M., SIEPAK M., GNOJSKA E., 2013 – Ocena zawartości metali ciężkich w osadach dennych wstępnej części zbiornika retencyjnego Stare Miasto na rzece Powie. *Ochrona Środowiska*, **15**: 1916–1928.
- STAN środowiska w województwie śląskim, 2020 – GIOŚ, Katowice. Stan [http://www.gios.gov.pl/images/dokumenty/pms/raporty/stan\\_srodowiska\\_2020\\_slaskie.pdf](http://www.gios.gov.pl/images/dokumenty/pms/raporty/stan_srodowiska_2020_slaskie.pdf) (dostęp 14.12.2020).
- SWENNEN R., VAN DER SLUYS J., 2002 – Anthropogenic impact on sediment composition and geochemistry in vertical overbank profiles of river alluvium from Belgium and Luxembourg. *J. Geochem. Explor.*, **75**: 93–105.
- SZADKOWSKA Z., GWÓZDŹ M., 2015 – Program ochrony środowiska dla gminy Radzionków do roku 2010. Radzionków.
- SZUFLICKI M., MALON A., TYMIŃSKI M. (red.), 2020 – Bilans Zasobów Złóż Kopalni w Polsce wg stanu na 31.XII 2019 r. Państw. Inst. Geol. - PIB, Warszawa.
- TARNOWSKIE Góry. <http://nettg.pl/news/74437/tarnowskie-gory-zarosieta-kopalnia-pod-ochrona> (dostęp 7.06.2021).
- URZĄD gminy Zbrosławice. [http://www.zbroslawice.pl/gmina\\_i\\_solectwa/gmina\\_i\\_solectwa](http://www.zbroslawice.pl/gmina_i_solectwa/gmina_i_solectwa) (dostęp 15.07.2020).
- WENZEL W.W., 2013 – Arsenic. *W: Heavy Metals in Soils. Trace Metals and Metalloids in Soils and their Bioavailability*. 3rd ed. (red. B.J. Alloway). *Envir. Pollution*, **22**: 241–282.
- WĘGŁOKOKS-KWK Bobrek-Piekary. <http://www.weglokokskraj.pl/pl/nasza-firma/kwk-bobrek-piekary> (dostęp 14.04.2020).
- WIECZOREK E., 2009 – Bytom i okolice. Przewodnik turystyczny. Wyd. Urząd Miejski w Bytomiu.
- WODOCIĄGI. <http://www.wodociagi.zabrze.pl> (dostęp 15.10.2020).
- WONG C.S.C. LI X., THORNTON I., 2006 – Urban environmental geochemistry of trace metals. *Environ. Pollution*, **142**: 1–16.
- ZAPOTOCZNA-SYTEK G., ŁASKAWIEC K., GEMBAROWSKI P., MAŁOLEPSZY J., SZYMCZAK J., 2013 – Popioły lotne nowej generacji do produkcji autoklawizowanego betonu komórkowego. Wyd. Instytut Ceramiki i Materiałów Budowlanych, Warszawa
- ZGŁOBICKI W., 2008 – Geochemiczny zapis działalności człowieka w osadach stokowych i rzecznych. Wyd. UMCS, Lublin.
- ŻERO E., 1968 – Objaśnienia do Szczegółowej Mapy Geologicznej Polski 1:50 000, ark. Bytom (910). Inst. Geol., Warszawa.