

## SPIS TREŚCI

Wstęp – Anna Pasieczna.....	
Charakterystyka obszaru arkusza – Joanna Fajfer.....	
Budowa geologiczna i złoża kopalin – Katarzyna Strzemińska.....	
Antropopresja – Joanna Fajfer.....	
Zakres i metodyka badań – Anna Pasieczna.....	
Prace terenowe .....	
Prace laboratoryjne .....	
Bazy danych i konstrukcja map geochemicznych.....	
Wyniki badań – Anna Pasieczna.....	
Gleby.....	
Osady.....	
Wody powierzchniowe.....	
Wnioski – Anna Pasieczna.....	
Literatura.....	
Tablice 1–63	

## WSTĘP

Zdjęcie geochemiczne w skali 1:25 000 na arkuszu Zabrze M-34-62-B-a jest kontynuacją szczegółowych prac kartograficznych, zapoczątkowanych w latach 1996–1999 opracowaniem pilotowego arkusza Sławków Szczegółowej mapy geochemicznej Górnego Śląska (Lis, Pasieczna, 1999). Do roku 2016 opracowano 17 arkuszy. Prace sfinansowano ze środków Narodowego Funduszu Ochrony Środowiska i Gospodarki Wodnej.

Obszar arkusza leży w środkowej części województwa śląskiego i na zachodzie Górnośląskiego Okręgu Przemysłowego (GOP) – najbardziej uprzemysłowionego i zurbanizowanego rejonu kraju. Swoim zasięgiem obejmuje fragmenty obszarów miast na prawach powiatu – Zabrze i Rudy Śląskiej.

Głównym czynnikiem wpływającym na zmiany stanu środowiska przyrodniczego jest tu współczesna i historyczna eksploatacja złóż węgla kamiennego. Z wydobywaniem tych złóż, rozwijanym z największą intensywnością od połowy XIX w., jego przetwórstwem (działaniem koksowni, elektrowni, ciepłowni), historycznym hutnictwem cynku oraz współczesnym hutnictwem żelaza i stali związane jest powstanie anomalii geologiczno-antropogenicznych szeregu pierwiastków w glebach, osadach strumieniowych, rzecznych i wodach powierzchniowych (Lis, Pasieczna, 1995a, b, 1997).

Pod wpływem podziemnej eksploatacji powstały zapadliska i niecki osiadania (Pszonka, 2007), a w efekcie zmiany sieci hydrograficznej, zaś na skutek gromadzenia odpadów na powierzchni – liczne hałdy.

Wyniki badań geochemicznych, zaprezentowane w formie kartograficznej wraz z obszernym komentarzem tekstowym i zestawieniami tabelarycznymi, przedstawiają aktualny stan jakości gleb, osadów śródlądowych zbiorników wodnych i wód powierzchniowych w porównaniu do naturalnego tła regionalnego oraz obowiązujących normatywów prawnych. Informacje przytoczone w opracowaniu mogą być przydatne przy opiniowaniu projektów miejscowych planów zagospodarowania przestrzennego, prowadzeniu postępowań związanych z wydawaniem decyzji o uwarunkowaniach środowiskowych i pozwoleniach wodnoprawnych, ocenie zagrożeń dla środowiska gruntowo-wodnego oraz wypełnianiu obowiązku nałożonego na starostów ustawą Prawo ochrony środowiska, tj. prowadzeniu okresowych badań jakości gleby i ziemi w ramach monitoringu państwowego.

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

W realizacji opracowania brali udział:

- **A. Pasieczna** – koncepcja i projekt badań, nadzór i koordynacja prac;
- **A. Biel, P. Kaszycki, T. Kolecki, P. Kwecko, W. Markowski, A. Piotrowski, R. Sikora, J. Szyborska-Kaszycka** – pobieranie próbek;
- **T. Kolecki, W. Markowski, A. Pasieczna** – bazy danych;
- **I. Jaroń, D. Lech, A. Maksymowicz, E. Włodarczyk** – kierownictwo i koordynacja prac analitycznych;
- **M. Cichorski, Z. Prasol** – mechaniczne przygotowanie próbek do analiz;
- **M. Bellok, M. Białecka, M. Gembal, E. Maciołek** – chemiczne przygotowanie próbek do analiz;
- **J. Gąsior, M. Janasz, M. Jaskólska, M. Stasiuk** – oznaczanie zawartości węgla organicznego;
- **M. Bellok, M. Białecka, M. Gembal, E. Kałwa, E. Maciołek** – oznaczanie pH;
- **E. Górecka, D. Karmasz, J. Retka** – oznaczanie rtęci;
- **W. Bureć-Drewniak, I. Jaroń, J. Kucharzyk, M. Liszewska** – analizy ICP-AES; **I.A. Wysocka** – analizy ICP-MS;
- **M. Chada, A. Lewandowska, A. Stawicka, W. Wolski, M. Zdonek** – analizy granulometryczne;
- **A. Pasieczna** – obliczenia statystyczne;
- **T. Kolecki, W. Markowski, A. Pasieczna** – opracowanie map geochemicznych;
- **W. Ogrodowczyk** – opracowanie mapy geologicznej.

## CHARAKTERYSTYKA OBSZARU ARKUSZA

**Położenie geograficzne i administracyjne.** Analizowany teren należy do Wyżyny Katowickiej, która jest centralną częścią Wyżyny Śląskiej (Kondracki, 2009). Administracyjnie obszar w granicach arkusza położony jest w centralnej części województwa śląskiego. Obejmuje centralne i południowo-wschodnie dzielnice Zabrze (Mikulczyce, Centrum, Guido, Zaborze, Biskupice, Pawłów, Kończyce, Zandka i Makoszowy) oraz północno-zachodnie dzielnice Rudy Śląskiej (Ruda, Nowy Bytom, Bielszowice i Wirek). Niewielka część terenu na północnym wschodzie należy do Bytomia, przy zachodniej granicy arkusza do Gliwic, a na południowym zachodzie do gminy Gierałtowice w powiecie gliwickim.

**Ukształtowanie powierzchni, geomorfologia.** W podłożu geologicznym analizowanego obszaru występują utwory karbonu, triasu, neogenu oraz osady czwartorzędu, wykształcone głównie jako gliny lodowcowe (Wyczółkowski, 1957; Machowski, 2010).

Teren charakteryzuje się mało urozmaiconym krajobrazem i generalnie obniża się w kierunku zachodnim. Pagórki i łagodne wzniesienia (do wysokości 308 m n.p.m.) zaznaczają się we wschodniej części obszaru arkusza na terenie Rudy Śląskiej. Najniżej położone rejony (około 220 m n.p.m) występują w jego zachodniej części, w dolinach Kłodnicy i Potoku Bielszowickiego (Kochłówki).

Rzeźbę terenu urozmaicają przekształcenia antropogeniczne w postaci niecek wypełnionych zbiornikami wodnymi, powstałych w wyniku działalności górnictwa i eksploatacji kopalin pospolitych (piasków i żwirów), oraz nadpoziomowe zwałowiska i hałdy, na których deponowano odpady wydobywcze i przemysłowe.

**Użytkowanie i zabudowa terenu.** W strukturze użytkowania gruntów 30% stanowią tereny zajęte przez zabudowę miejską (tabl. 2), 10% przez obiekty przemysłowe (huty, koksownie, kopalnie, stawy osadowe, wysypiska i hałdy) i <1% przez zabudowę wiejską.

Tereny bez zabudowy to trawniki i pasy zieleni drogowej (23%) oraz lasy (22%). Parki miejskie, ogródki działkowe i nieużytki zajmują po około 2%, pola uprawne 4%, a łąki 3% (tabl. 3). Niewielka część obszaru to zbiorniki wodne oraz tereny kolejowe.

Skwery, trawniki, ogródki działkowe oraz parki rozmieszczone są nieregularnie między obszarami zabudowy przemysłowej i mieszkaniowej. W zachodniej części arkusza (na północ od terenu kopalni Sośnica-Makoszowy) zlokalizowany jest duży park im. Powstańców Śląskich, który ma charakter leśny (Aktualizacja..., 2014). Przez południowe rejony arkusza przebiega autostrada A4, natomiast w jego centralnej części – główna magistrala kolejowa (E-30) o znaczeniu międzynarodowym i krajowym oraz drogowa trasa średnicowa łącząca miasta aglomeracji górnośląskiej (Studium ..., 2014). Lasy, pełniące rolę ochronną w strefie oddziaływania przemysłu GOP, pokrywają południowo-zachodnią część arkusza (Aktualizacja..., 2011, 2014).

W skład zabudowy miejskiej wchodzi zabudowa mieszkaniowa (niska i wysoka) oraz zabudowa usługowa (placówki oświatowe z przyległymi terenami boisk sportowych, szpitale i placówki handlowe). Zabudowa przemysłowa wraz z infrastrukturą obejmuje obiekty kopalń węgla kamiennego, hut, koksowni, elektrociepłowni, a także oczyszczalni ścieków i bocznic kolejowych.

**Gospodarka** analizowanego arkusza związana jest przede wszystkim z eksploatacją złóż węgla kamiennego prowadzoną przez kopalnie: Sośnica-Makoszowy, Bielszowice, Pokój

i Halemba-Wirek, których obszary górnicze zlokalizowane są w południowej i wschodniej części arkusza (Kompania...).

Kopalnia Sośnica-Makoszowy powstała w 2005 r. w wyniku połączenia samodzielnych kopalń Sośnica i Makoszowy w jeden zakład wydobywczy. Głębienie szybów kopalni Makoszowy datuje się na rok 1900, a pierwsze wydobycie węgla miało miejsce w 1906 r. Kopalnia Sośnica rozpoczęła działalność w 1917 r.

Kopalnia Bielszowice została zbudowana w latach 1896–1904. Jej nazwa i obszary pól górniczych zmieniały się wielokrotnie. Aktualnie prowadzi wydobywanie na terenie Rudy Śląskiej.

Kopalnia Pokój to jeden z najstarszych zakładów górniczych. Jej początki sięgają 1752 r., a w obecnym kształcie funkcjonuje od roku 1995, kiedy nastąpiło jej połączenie z kopalnią Wawel (Kompania...). Kopalnia ta posiada nowoczesny zakład wzbogacania miałów i produkuje węgiel energetyczny.

Przy południowo-wschodniej granicy arkusza zlokalizowane są części pól górniczych kopalni Halemba-Wirek.

Fragment obszaru górniczego Zakładu Górniczego Siltech zlokalizowany jest w części północnej terenu arkusza. Kopalnia ta powstała w 2000 r. i eksploatuje resztki złoża byłej kopalni Pstrowski (Zakłady...).

W dzielnicy Zabrze Guido funkcjonowała kopalnia założona w 1855 r. Aktualnie jest to obiekt zabytkowy będący przykładem rewitalizacji terenów przemysłowych i wykorzystania ich dla celów edukacyjnych i turystycznych. Skansen górniczy Guido jest udostępniony do zwiedzania i wpisany do rejestru zabytków jako Zabytkowa Kopalnia Guido (Zabytkowa...).

Branża hutnicza na obszarze arkusza jest reprezentowana przez huty żelaza Pokój w Rudzie Śląskiej i Zabrze w Zabrzu.

W Zabrzu zlokalizowany jest też jeden z największych producentów koksu w Polsce – zakład koksowniczy Jadwiga, działający pod zmieniającymi się nazwami od roku 1884. Mieści się on w sąsiedztwie elektrociepłowni Zabrze. W latach 1990–2000 koksownia stała się nowoczesnym zakładem produkującym koks najwyższej jakości z zachowaniem właściwych standardów ochrony środowiska, dzięki czemu w 2003 r. skreślono ją z listy zakładów najbardziej uciążliwych dla środowiska naturalnego w skali województwa (Koksownia...).

Ważną gałęzią przemysłu jest produkcja maszyn i urządzeń dla górnictwa. Produkcję prowadzą Zabrzeńskie Zakłady Mechaniczne, Grupa Kopex Machinery, Carbomech i Grupa Powen-Wafapomp.

Na analizowanym terenie działają też kotłownie miejskie, Zespół Ciepłowni Przemysłowych Carbo-Energia oraz zakłady branży remontowo-budowlanej i transportowej. W ostatnich latach została szeroko rozwinięta działalność usługowo-handlowa, która powstaje w miejsce restrukturyzowanego przemysłu ciężkiego.

## BUDOWA GEOLOGICZNA I ZŁOŻA KOPALIN

Obszar objęty arkuszem jest Zabrze położony w północnej części Górnośląskiego Zagłębia Węglowego (GZW), na pograniczu kilku jednostek strukturalnych: kopuły Zabrze, niecki Concordii oraz południowego skłonu siodła głównego. Jest to część paleozoicznej struktury waryscyjskiej, pociętej licznymi uskokami, o bardzo dobrze rozpoznanej budowie geologicznej dzięki licznym wierceniom i robotom górniczym. Stwierdzono tu występowanie utworów karbonu, triasu, neogenu oraz czwartorzędu (Buła, Kotas, red., 1994).

Osady **karbonu** występują na powierzchni i pod cienkim nakładem utworów czwartorzędu w centralnej i wschodniej części terenu arkusza (tabl. 1). Na pozostałym obszarze zalegają na większej głębokości pod nakładem plejstocenijskich glin lodowcowych oraz piasków i żwirów wodnolodowcowych i lodowcowych, miejscami wapieni i dolomitów triasu, a także płytkowodnych, morskich osadów miocenu. Ich strop znajduje się najgłębiej, ok. 350 m p.p.t. w dolinie Kłodnicy. Najstarsze rozpoznane utwory to osadowa seria paraliczna karbonu górnego – warstwy brzeżne (namur A). Powyżej w profilu występują osady limniczne – górnośląska seria piaskowcowa namuru górnego (namur B i C) oraz seria mułowcowa westfalu dolnego (westfal A i B). Sumaryczna miąższość tych serii na obszarze arkusza wynosi około 2000 m (Jureczka i in., 2005).

Charakterystyczną cechą serii paralicznej jest cykliczność sedymentacji. Zwykle nad pokładami węgla występują iłowce przechodzące w mułowce, nad którymi leżą osady gruboklastyczne: piaskowce drobno-, czasami średnio- i gruboziarniste. Piaskowce ponownie przechodzą w mułowce, stanowiące spąg następnego pokładu węgla. W całej serii występują liczne pokłady węgla oraz szczątki fauny morskiej, brackiej i słodkowodnej. Miąższość utworów serii paralicznej na obszarze arkusza została oszacowana na ok. 800 m (*op.cit.*). W rejonie Zaborza (dzielnicy Zabrze), na powierzchni odsłania się jej górne ogniwo – warstwy

porębskie. Niższe ogniwa serii paralicznej występują bezpośrednio pod przykryciem utworów triasowych w północno-zachodniej części obszaru arkusza.

Górnośląską serię piaskowcową (warstwy jejkowickie, siodłowe i rudzkie) tworzą drobno- i średnioziarniste szare piaskowce, rzadziej piaskowce gruboziarniste i zlepieńce o miąższości 350–400 m (Wilanowski i in., 2009). Przewarstwienia iłowców i mułowców mają zwykle kilka, kilkanaście metrów miąższości. Charakterystyczne jest dość częste występowanie pokładów węgla o miąższości około 5 m, czasami przekraczającej 10 m. W obrębie warstw siodłowych występuje najgrubszy w GZW pokład 510, obecnie prawie całkowicie wyeksploatowany. Osady tej serii występują na powierzchni, tworząc dość rozległe wychodnie we wschodniej części arkusza.

Serię mułowcową tworzą warstwy załęskie, odpowiadające westfalowi A, a w części stropowej – warstwy orzeskie dolnego westfalu B. Serię tę cechuje bardzo monotonna litologia. Dominują mułowce i iłowce, a przewarstwienia drobnoziarnistych piaskowców mają zwykle miąższość kilku, wyjątkowo kilkunastu metrów. Dla całej serii, której miąższość sięga 200–250 m, charakterystyczna jest wyraźna przewaga osadów aleurytowo-pelitycznych nad gruboklastycznymi oraz znaczna ilość cyklotemów węglowych, w większości których występuje pokład węgla kamiennego (*op.cit.*). Utwory te, łagodnie sfałdowane i ścięte erozyjnie, budują powierzchnię podmioceńską i podczwartorzędową w południowej części arkusza. Na powierzchni odsłaniają się one w jego południowo-wschodnim skraju arkusza.

Utwory **triasu** dolnego i środkowego leżą erozyjnie na osadach karbonu górnego w północno-zachodniej i północnej części arkusza, osiągając maksymalną miąższość 130 m w rejonie Zabrze-Mikulczyc. Tworzą one południowe skrzydło triasowej niecki bytomskiej. Profil triasu budują piaski, piaskowce, ily, iłowce i mułowce warstw świerklanieckich, dolomity, margle i wapienie retu, wapienie gogolińskie oraz ily witriolowe (Horzemski, 1978), dolomity kruszczońskie jako odpowiedniki warstw górażdzańskich, terebratulowych i karchowickich, a niekiedy również stropowych ogniwi warstw gogolińskich (Gruszczuk, 1956; Gałkiewicz, Śliwiński, 1985).

Przykryte są one czwartorzędowymi piaskami i glinami eluwialnymi i glinami lodowcowymi, a w północno-zachodniej części również morskimi osadami ilastymi miocenu. Na powierzchni występują tylko wapienie warstw karchowickich, które tworzą niewielką wychodnię w Mikulczycach (Wyczółkowski, 1957).

Osady **neogenu** to mioceńskie ily morskie, mułki, piaski, żwiry, margle, wapienie i piaskowce oraz gipsy, anhydryty, sole kamienne i tufity budujące znaczną część powierzchni podczwartorzędowej arkusza. Leżą one erozyjnie na utworach karbonu lub triasu. Wypełniają

zagłębienia triasowe, osiągając miąższość do 50 m, lub występują płytko pod osadami czwartorzędowymi. Maksymalną miąższość utworów miocenu stwierdzono w rowie Kłodnicy (do 200 m w rejonie Zabrze-Makoszowy).

Utwory **czwartorzędowe** pokrywają około 80% obszaru arkusza warstwą o bardzo zróżnicowanej miąższości, od kilku metrów na wysoczyznach do ponad 100 m w dolinie kopalnej Kłodnicy w południowo-zachodniej części arkusza. Poza doliną Kłodnicy, w obniżeniach, grubość pokrywy czwartorzędowej najczęściej mieści się w przedziale 30–60 m. Są to, oprócz osadów rzecznych, głównie gliny lodowcowe oraz piaski i żwiry wodnolodowcowe. Holocen jest reprezentowany przez osady rzeczne i bagienne związane ze współczesnymi dolinami rzecznyymi. Są to piaski drobnoziarniste, ku górze przechodzące w muły bagienne. Osady te, maksymalnej miąższości 3 m, wypełniają dawne nierówności, starorzecza i łożyska rzek.

Znaczne powierzchnie zajmują formy antropogeniczne powstałe w wyniku wieloletniej eksploatacji węgla kamiennego. Skupiska hałd i osadników osiągają znaczące powierzchnie (do 2 km<sup>2</sup>). Na rozległych obszarach aglomeracji miejskich występuje kilkumetrowa pokrywa gruntów antropogenicznych (nasypów).

**Złoża kopalin.** Na obszarze objętym arkuszem udokumentowano osiem wielopokładowych złóż **węgla kamiennego** (Szuflicki i in., red., 2014). Są to złoża: Centrum-Szombierki, Bobrek-Miechowice, Sośnica, Halemba, Pokój, Makoszowy, Zabrze-Bielszowice i Jadwiga 2, w różnym stopniu wchodzące w obręb arkusza.

Największe zasoby bilansowe węgla, sięgające 400–500 mln ton, zostały udokumentowane w złożach Sośnica, Makoszowy i Zabrze-Bielszowice. W złożu Halemba zasoby węgla zostały udokumentowane do głębokości 1050–1100 m, a w złożu Zabrze-Makoszowy – częściowo do głębokości 1200–1250 m.

Serię złożową stanowią pokłady warstw orzeskich (grupa 300), rudzkich (grupa 400) i siodłowych (grupa 500), a w północnej części arkusza także warstw porębskich. Występuje tu węgiel energetyczny (typ 32–33) i koksowy (typ 34–35). Węgiel koksowy generalnie występuje w dolnych partiach złóż położonych w centralnej, południowo-zachodniej i południowej części arkusza (złoża Makoszowy, Halemba i Zabrze-Bielszowice). Miąższość pojedynczych bilansowych pokładów węgla jest zróżnicowana i waha się od 1 do 10 m. Parametry jakościowe węgla kamiennego charakteryzuje duże zróżnicowanie. Jego wartość opałowa waha się od 16 500 do 35 000 kJ/kg, zawartość popiołu mieści się w przedziale 2–44%, a zawartość siarki od 0,08% do 2,5%. Jakościowo najlepszy jest węgiel warstw siodłowych. Zawiera najmniej popiołu (od kilku do maksymalnie 10%) oraz siarki (niespełna



1%), a jego wartość opałowa sięga 35 000 kJ/kg. Pokłady tych warstw charakteryzują się dużymi grubościami oraz stosunkowo małą liczbą przerostów skał płonnych. Węgiel warstw rudzkich i orzeskich charakteryzuje większa zawartość siarki i popiołu (od kilkunastu do 40%) spowodowana licznymi przerostami skał płonnych.

W większości rejonów eksploatacyjnych kopalń występują zagrożenia naturalne zaliczone do najwyższych stopni i kategorii – metanowe, pyłowe, pożarowe i tąpniętami.

Eksploatacja węgla kamiennego na opisywanym obszarze ma bogatą historię, sięgającą XVIII w. Kopalnia Pokój to jeden z najstarszych zakładów górniczych na terenie GZW (Historia...). Pierwsze zezwolenie na uruchomienie wydobycia węgla nastąpiło w 1752 r. i dotyczyło kopalni Brandenburg (późniejszej kopalni Wawel). Od 1791 r. eksploatuje się węgiel z obszaru obecnej kopalni Zabrze-Bielszowice (dawna kopalnia Królowa Luiza).

Aktualnie eksploatacja węgla kamiennego prowadzona jest przez cztery kopalnie należące do Kompanii Węglowej oraz prywatną kopalnię Siltech, wydobywającą od 2002 r. węgiel ze złoża Jadwiga 2. Eksploatacja prowadzona jest systemem ścianowym na przeważającym obszarze na zawał; sporadycznie z użyciem podsadzki hydraulicznej. Wydobycie węgla kamiennego jest zróżnicowane – od 0,16 mln ton ze złoża Jadwiga 2 do około 2 mln ton ze złoża Zabrze-Bielszowice. Eksploatację złóż Centrum-Szombierki i Bobrek-Miechowice prowadzono od końca XIX w. do lat 90. XX w.

Złożom węgla kamiennego towarzyszy **metan**. Występuje on w postaci sorbowanej, tzn. fizykochemicznie związanej z węglem kamiennym i rozproszoną substancją węglową, a jego zawartość w węglu rośnie wraz z głębokością zalegania pokładu. Metan na obszarze arkusza Zabrze dokumentowany jest do głębokości około 1100–1250 m jako kopalina towarzysząca w złożach Sośnica, Halemba i Zabrze-Bielszowice. Jest on ujmowany w związku z prowadzoną eksploatacją węgla kamiennego i częściowo wykorzystywany w ciepłownictwie. Łączne zasoby bilansowe metanu w tych złożach wynoszą 3242,22 mln m<sup>3</sup> (Szuflicki i in., red., 2014).

Obszar objęty arkuszem jest zasobny w **surowce ilaste ceramiki budowlanej**. Udokumentowano tu cztery złoża glin zwietrzelinowych, iłów i iłołupków górnego karbonu: Bielszowice-Ruda Śląska, Ruda, Pawłów i Bielszowice II oraz złoża glin czwartorzędowych Zabrze (*op.cit.*).

Gliny zwietrzelinowe iłołupków karbonu górnego odsłaniają się na powierzchni lub występują pod cienkim, najczęściej nieprzekraczającym 1 m nadkładem osadów czwartorzędowych w rejonie Rudy Śląskiej i Pawłowa. Są to złoża pokładowe o prostej budowie geologicznej, czasem w części spągowej z wkładkami węgla i piaskowców.

Miękkość kopaliny jest znaczna (maks. 17 m). Charakteryzuje się dobrą jakością. Surowce ilaste były eksploatowane na opisywanym obszarze już od XIX w., a aktualnie wszystkie złoża zostały zaniechane. Iły i gliny były wykorzystywane w licznych cegielniach do produkcji cegły i innych wyrobów ceramiki budowlanej.

Czwartorzędowe gliny ze złoża Zabrze były eksploatowane od lat 30. XX w. i używane do produkcji cegły pełnej.

Wyrobiska powstałe w wyniku eksploatacji ilów, iłolupków i glin są powszechnie wykorzystywane jako składowiska odpadów przemysłowych (pogórnictwa) i komunalnych ze względu na korzystne parametry izolacyjne, po czym najczęściej zostają zrekultywowane. Pozostałe w złożach zasoby są zwykle niemożliwe do zagospodarowania i w przeważającej części kwalifikują się do skreślenia z krajowego rejestru zasobów kopalni.

W południowej części arkusza znajduje się niewielki fragment złoża **piasków podsadzkowych** Borowa Wieś. Ze względu na swoje parametry (ok. 99% frakcji poniżej 2 mm) przez dziesięciolecia były wykorzystywane jako materiał podsadzkowy w okolicznych kopalniach węgla kamiennego. Obecnie znaczną część złoża zajmuje zrekultywowane i czynne składowisko odpadów pogórnictwa kopalni Zabrze-Bielszowice. Ze względu na zagospodarowanie terenu pozostałe w złożu zasoby powinny zostać skreślone z krajowego rejestru zasobów kopalni.

## ANTROPOPRESJA

Stan naturalnego środowiska przyrodniczego uległ zmianom w wyniku wieloletniej eksploatacji węgla kamiennego, a także działalności przemysłu hutniczego, koksochemicznego i ciepłowni. Rzeźba terenu została przekształcona wskutek powstających deformacji (ciągłych w postaci niecek, obniżień oraz nieciągłych – zapadlisk). Zmiany ukształtowania terenu spowodowały z kolei przeobrażenia sieci hydrograficznej. Dodatkowo na stan środowiska negatywnie wpływają odpady wydobywcze zgromadzone na zwałowiskach oraz muły węglowe zdeponowane w osadnikach kopalń węgla. Działalność innych gałęzi przemysłu, sektora usługowo-handlowego oraz transportu surowców przyczynia się do zanieczyszczenia zarówno powierzchni terenu, jak stanu czystości wód i powietrza atmosferycznego.

**Powietrze atmosferyczne.** Na stan jakości powietrza atmosferycznego wpływa emisja pyłowo-gazowa pochodząca ze źródeł przemysłowych, niska emisja ze źródeł

indywidualnych, emisja liniowa ze źródeł komunikacyjnych oraz emisja transgraniczna (Aktualizacja..., 2014).

Największy udział w wielkości emisji zanieczyszczeń do powietrza mają zakłady: elektrociepłownia Zabrze, Zespół Ciepłowni Przemysłowych Carbo-Energia, huta Pokój (ocynkownia), kopalnie węgla oraz kotłownie lokalne (Aktualizacja..., 2011, 2014; Raport..., 2013). Źródła indywidualne (wpływające na niską emisję) są głównie zlokalizowane w dzielnicach Zaborze, Pawłów i Makoszowy w Zabrzu (PONE..., 2013). Niska emisja jest wynikiem spalania paliwa złej jakości w indywidualnych systemach grzewczych stosowanych w budownictwie mieszkaniowym i nasila się szczególnie w sezonie zimowym. W wyniku dużego natężenia ruchu samochodowego systematycznie narasta też emisja spalin.

Wyniki badań prowadzonych w ramach państwowego monitoringu środowiska wykazują, że na analizowanym obszarze występują nadmierne zawartości pyłu zawieszonego PM10, PM2,5 i benzo(a)pirenu (Informacja WIOŚ...).

**Wody powierzchniowe i podziemne.** Obszar arkusza należy do prawostronnego dorzecza Kłodnicy i jest odwadniany przez jej dopływy – Potok Bielszowicki (Kochłówkę), Czarniawkę i Bytomkę. Cieki te mają znaczne spadki naturalne, które ułatwiają odprowadzanie wód opadowych. Dodatkowymi elementami sieci hydrograficznej są powierzchniowe zbiorniki wodne, które powstały głównie w wyniku obniżen terenu wskutek działalności górniczej i cechują się dużą zmiennością zasięgu na przestrzeni lat (Machowski, 2010).

Koryto Bytomki jest częściowo uregulowane, a na obszarze Zabrze odcinkami przykryte (Studium..., 2014). Do rzeki odprowadzane są oczyszczone ścieki z oczyszczalni Miechowice, Bobrek i Rozbark.

Kłodnica, przepływająca w południowo-zachodniej części analizowanego obszaru, jest na tym odcinku uregulowana (Nocoń i in., 2006).

Koryto Potoku Bielszowickiego jest również uregulowane, a w ujściowym odcinku przebudowane (uformowane i podniesione), aby umożliwić grawitacyjny spływ wód, który w wyniku obniżen terenu, spowodowanych eksploatacją węgla, został zablokowany. Rzeczywisty przepływ wód potoku jest zwiększony poprzez dopływ wód obcych – ścieków komunalnych i przemysłowych oraz wód dołowych kopalń węgla kamiennego (Studium..., 2014).

Obszar źródłkowy Czarniawki znajduje się w rejonie wykopu byłej kolei piaskowej w Rudzie Śląskiej. Na terenie Zabrze rzeka płynie w głębokiej dolinie o stromych brzegach

(*op.cit.*). Zasilana jest głównie poprzez opady atmosferyczne, a w górnym biegu także przez kilka niewielkich cieków.

Wyniki państwowego monitoringu środowiska dowodzą, że opisane rzeki i potoki prowadzą wody złej jakości, o czym decydują zarówno klasy zanieczyszczeń biologicznych, jak i zanieczyszczeń fizykochemicznych (Ocena...). Na niekorzystną jakość wód wpływają zrzuty ścieków komunalnych i przemysłowych oraz wód dołowych z odwadniania kopalń węgla kamiennego (Studium..., 2011). Są one zanieczyszczone zawiesinami i substancjami rozpuszczonymi (głównie chlorkami i siarczanami, wprowadzanymi razem z wodami dołowymi) oraz zanieczyszczeniami bakteriologicznymi i substancjami biogennymi (dostarczonymi w wyniku nieuregulowanej gospodarki ściekowej). Na jakość wód negatywny wpływ mają również odcieki z hałd i zwałowisk odpadów wydobywczych.

Badania wód w antropogenicznych zbiornikach wodnych, powstałych w wyniku eksploatacji węgla (tzw. Stawach Makoszowskich), wykazały obecność niewielkich ilości fosforanów, azotanów i chlorków oraz zanieczyszczenie metalami ciężkimi (Machowski, 2010).

W obszarze arkusza znajdują się trzy główne zbiorniki wód podziemnych (GZWP), które nie posiadają ustanowionych obszarów ochronnych, a jakość ich wód jest zróżnicowana (Kleczkowski red., 1990; Aktualizacja..., 2014).

W wyniku intensywnego i długotrwałego drenażu przez zakłady górnicze oraz liczne ujęcia wód wytworzyły się rozległe leje depresji i nastąpiła zmiana systemu ich zasilania. Zasilanie odbywa się bezpośrednio na wychodniach w miejscach kontaktu wodonośnej warstwy triasowej z powierzchnią terenu lub pośrednio przez warstwę czwartorzędową (przepuszczalną lub półprzepuszczalną). Na jakość wód podziemnych wpływ mają przede wszystkim powierzchniowe ogniska zanieczyszczeń (Studium..., 2011).

**Gleby.** W wielu rejonach arkusza gleby zostały silnie przekształcone w wyniku obecnej i historycznej działalności przemysłu (w tym deponowania odpadów wydobywczych na hałdach i zwałowiskach, zmiany stosunków wodnych i powstawanie zalewisk w obniżeniach), rozwoju funkcji miejskich i infrastruktury oraz opadu pyłów. Degradacja gleb obejmuje osuszanie, zakwaszanie, zawodnienie oraz zanieczyszczenia metalami ciężkimi i innymi substancjami toksycznymi (Aktualizacja..., 2011, 2014; Jechna red., 2012).

Na stan jakości gleb wpływa również skład chemiczny opadów atmosferycznych. Monitoring chemizmu opadów i infiltracji zanieczyszczeń do podłoża wykazał, że na analizowanym obszarze 65% opadów ma odczyn kwaśny  $\text{pH} < 5,6$  (Liana i in., 2014). W największych ilościach do podłoża dostają się siarczany (19,92 kg/ha), azot ogólny (11,18

kg/ha) i chlorki (9,61 kg/ha), a w znacznie mniejszych metale ciężkie: cynk (0,443 kg/ha), miedź (0,0305 kg/ha), ołów (0,0503 kg/ha), kadm (0,00399 kg/ha), nikiel (0,0071 kg/ha) oraz chrom ogólny (0,0018 kg/ha).

Zanieczyszczenie metalami ciężkimi (kadm, cynkiem i ołowiem) występuje głównie we wschodniej części arkusza. Największą zawartość kadmu (>10 mg/kg) stwierdzono w glebach tarasu zalewowego Bytomki. Natomiast rejon o podwyższonej zawartości cynku i ołowiu występuje na obszarze graniczącym z Bytomiem (Aktualizacja..., 2014).

**Hałdy.** Skąły płonne, oddzielone od węgla w procesach mechanicznej przeróbki, oraz odpady popłuczkowe i poflotacyjne są częściowo wykorzystywane w kopalniach jako dodatek do podsadzki hydraulicznej. Ich pozostała część jest składowana na zwałowiskach powierzchniowych.

W pobliżu hut zlokalizowane są zwały odpadów z wytopu żelaza i zużytej obudowy pieców. Jest to przede wszystkim żużel hutniczy, a także masy formierskie, gruz ogniotrwały, szlamy i osady poneutralizacyjne. Odpady poflotacyjne są częściowo wykorzystywane jako kruszywo drogowe.

## **ZAKRES I METODYKA BADAŃ**

Badania wykonane w latach 2013–2016 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, analizy chemiczne próbek, utworzenie baz danych terenowych i laboratoryjnych, opracowanie wektorowego podkładu topograficznego, obliczenia statystyczne, opracowanie mapy geologicznej i map geochemicznych oraz interpretację wyników. Kolejność prac ilustruje załączony schemat (fig. 1).

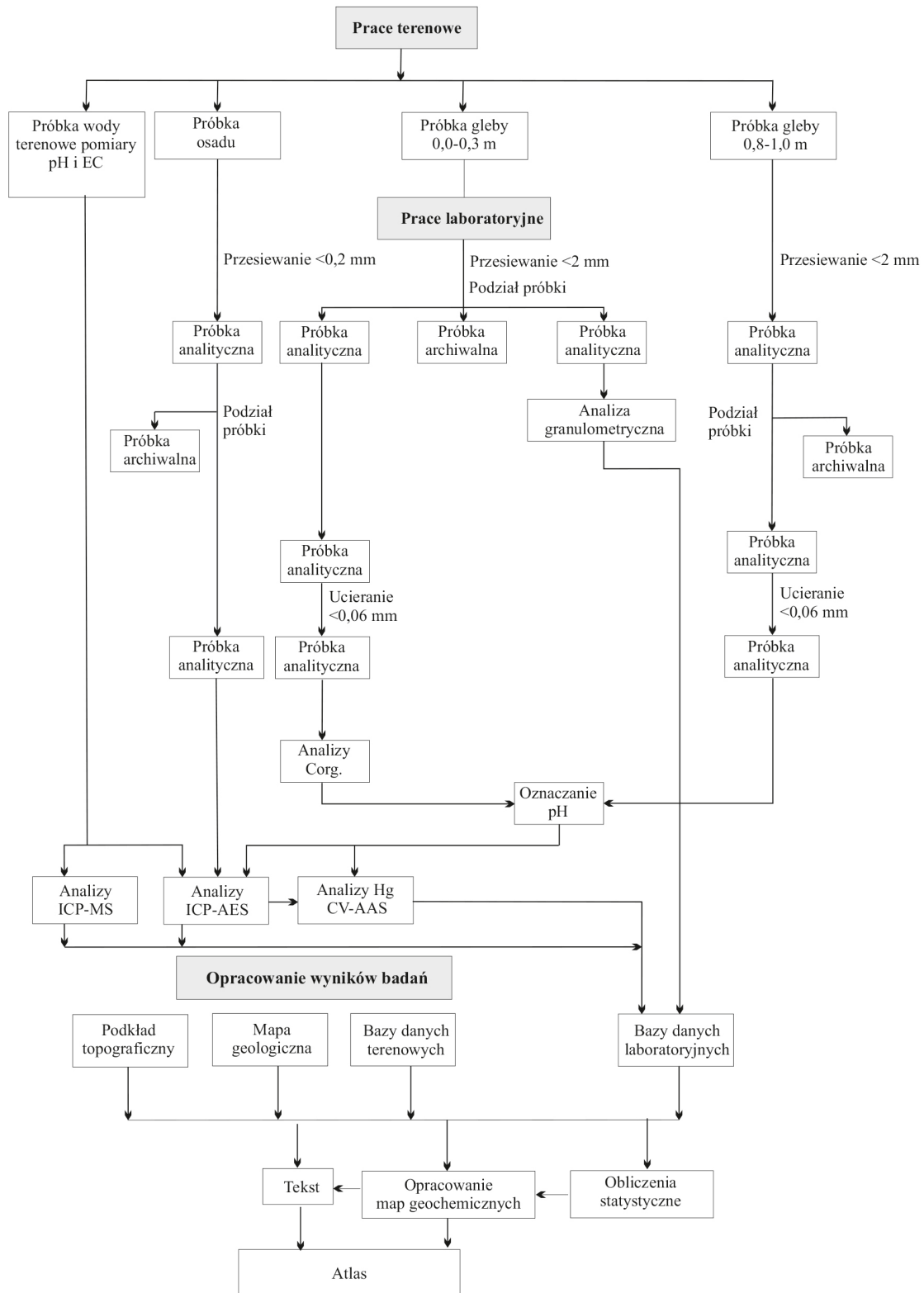


Fig. 1. Schemat opracowania

## PRACE TERENOWE

Próbki gleb pobierano w regularnej siatce 250x250 m (16 próbek/km<sup>2</sup>). Łącznie pobrano próbki gleb z 1365 miejsc. W każdym miejscu pobierano gleby z głębokości 0,0–0,3 m i 0,8–1,0 m (lub z mniejszej głębokości w przypadku płytszego zalegania skał macierzystych). 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 344 i 315 próbek) pobierano z rzek, strumieni, rowów melioracyjnych, kanałów, jezior, sadzawek i stawów. Odległość między miejscami pobierania próbek na ciekach wynosiła ok. 250 m. Próbki osadów o masie ok. 500 g (i możliwie najdrobniejszej frakcji) pobierano z brzegów zbiorników za pomocą czerpaka 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 pH/konduktometrem CPC-105 firmy Elmetron z automatyczną kompensacją temperaturową, przyjmując temperaturę referencyjną 25°C. Próbki wód filtrowano w terenie przez filtry Milipore 0,45 µm, a po napełnieniu butelek o objętości 30 ml zakwaszono 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  $\pm 2$ –10 m. Przed wyjazdem w teren do pamięci urządzenia GPS wprowadzono 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).

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

Data.....  
Opróbował.....

Nr próbek					Gleba	Współrzędne	
1	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	głębokość 0,0-0,3 m	X	<input type="text"/>
2	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	głębokość	Y	<input type="text"/>

Powiat.....Gmina.....Miejscowość.....

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

Uwagi:.....  
.....  
.....

A

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

Data.....  
Opróbował.....

Nr próbki					Współrzędne	
Osad	3	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	pH	<input type="text"/>
Woda	4	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	EC	<input type="text"/>

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"/> muł
4	<input type="checkbox"/> miejska wysoka	4	<input type="checkbox"/> nieużytek, ugór	4	<input type="checkbox"/> rów	4	<input type="checkbox"/> ił
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:.....  
.....  
.....

B

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

## PRACE LABORATORYJNE



**Przygotowanie próbek.** Próbkę gleb po przewiezieniu do laboratorium suszono w temperaturze pokojowej i przesiewano 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 analiz chemicznych, drugą do analiz granulometrycznych i trzecią archiwalną. Każdą próbkę gleby z zakresu głębokości 0,8–1,0 m, po przesianiu i kwartowaniu, dzielono na dwie podpróbki: jedną przeznaczoną do analiz chemicznych drugą archiwalną (fig. 1). Próbkę 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 analiz chemicznych 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-AES). Analizy Hg w próbkach gleb i osadów przeprowadzono metodą spektrometrii absorpcji atomowej z techniką zimnych par (CV-AAS) z systemem przepływowym FIAS-100. Kwasowość czynną gleb oznaczono metodą potencjometryczną w zawiesinie próbek w wodzie destylowanej. Zawartość węgla organicznego w glebach określono metodą kulometryczną (granica oznaczalności 0,16%) oraz metodą wysokotemperaturowego spalania z detekcją termoprzewodnościową TCD i metodą wysokotemperaturowego spalania z detekcją spektrometryczną w zakresie podczerwieni IR (granica oznaczalności 0,01–0,02%).

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-AES, 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 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%.

Analizy granulometryczne gleb z zakresu głębokości 0,0–0,3 m wykonano w Centrum Badań Laboratoryjnych Gruntów i Skał PIG-PIB w Warszawie, łącząc analizę sitową z metodą laserowego pomiaru wielkości cząstek. Badania składu ziarnowego przeprowadzono metodami odbiegającymi od klasycznych (stosowanych według odpowiednich norm w gleboznawstwie). Ich wyniki nie mogą zatem służyć do podziału gleb według kryteriów gleboznawczych, pomimo przyjęcia tych samych granic frakcji. Są natomiast bardzo pomocne przy interpretacji wyników badań geochemicznych.

Próbki przesiewano przez zestaw sit o oczkach 2 mm, 1 mm i 0,5 mm. Próbki niektórych gleb gliniastych rozdrabniano w młynku porcelanowym przed przesiewaniem. Ważono uzyskane frakcje: 2–1 mm, 1,0–0,5 mm i <0,5 mm. Pomiar wielkości ziaren w frakcji <0,5 mm przeprowadzono za pomocą laserowego miernika wielkości cząstek.

Wyniki analiz granulometrycznych (po przeliczeniu na udziały procentowe) przedstawiono na mapach z uwzględnieniem wybranych klas ziarnowych: 1,0–0,1 mm frakcja piaskowa, 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 Zabrze M-34-62-B (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 Zabrze M-34-62-B (Wyczółkowski, 1957). Poprzez cyfrowanie poszczególnych elementów mapy geologicznej utworzono ich obrazy wektorowe, które następnie połączono z podkładem topograficznym w formie mapy geologicznej w skali 1:25 000 (tabl. 1).

**Bazy danych.** Utworzono oddzielne bazy danych dla:

- 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, gatunek osadu, lokalizację administracyjną miejsca pobierania próbek – powiat, gmina, miejscowość), datę i nazwisko osoby pobierającej próbki oraz wyniki analiz chemicznych.

**Obliczenia statystyczne.** Wyniki zgromadzone w bazach danych służyły do wydzielenia podzbiorów do obliczeń statystycznych według różnych kryteriów środowiska, na przykład zawartości pierwiastków w glebach terenów przemysłowych, glebach leśnych, glebach miejskich oraz w osadach i wodach poszczególnych cieków i zbiorników, jak również do tworzenia map geochemicznych. Obliczenia parametrów statystycznych wykonano zarówno dla całych zbiorów, jak i podzbiorów gleb, osadów i wód powierzchniowych. Do obliczeń statystycznych przyjmowano zawartość równą połowie limitu detekcji danej metody analitycznej w przypadku zawartości pierwiastków poniżej granicy oznaczalności tej metody. Wyliczano 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.

Przy interpretacji wyników jako miarę tła geochemicznego pierwiastków stosowano najczęściej obliczone wartości median. Mediana jest parametrem statystycznym lepiej charakteryzującym zawartość w porównaniu ze średnią arytmetyczną, gdyż jest mniej

obarczona wpływem wartości ekstremalnych. Inne parametry statystyczne (wariancja, odchylenie standardowe) nie nadają się do charakterystyki populacji o bliżej nieokreślonym rozkładzie.

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

- zabudowa terenu,
- użytkowanie terenu,
- zawartość węgla organicznego oraz frakcji piaskowej, pyłowej i ilowej w glebach z głębokości 0,0–0,3 m,
- pH w glebach z głębokości 0,0–0,3 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, wskazująca właściwy sposób ich użytkowania (z wydzieleniem grup użytkowania gleb na podstawie Rozporządzenia..., 2002).

Zabudowę i użytkowanie terenu oraz klasyfikację gleb z warstwy 0,0–0,3 m, wskazującą właściwy sposób ich użytkowania, przedstawiono w postaci map punktowych (tabl. 2, 3 i 63).

Do przedstawienia rozkładu klas ziarnowych (tabl. 4–6) oraz zawartości pierwiastków w glebach wybrano izoliniową (obszarową) metodę opracowania map ze względu na jej przejrzystość i czytelność. Izoliniowe mapy geochemiczne utworzono z użyciem programu Surfer, stosując metodę *Inverse Distance to a Power*. Klasy zawartości pierwiastków dobierano stosując postępowanie geometryczne.

Odczyn gleb (tabl. 7 i 8) przedstawiono według skali przyjętej w gleboznawstwie (z podziałem na gleby kwaśne, obojętne i zasadowe).

Mapy geochemiczne gleb opracowano dla zbioru wyników analiz chemicznych arkusza Zabrze i arkuszy sąsiednich w skali 1:25 000, aby uniknąć niezgodności na granicy arkuszy. Z utworzonych map monopierwiastkowych wycinano obszar w granicach arkusza Zabrze i łączono z podkładem topograficznym.

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

Sporządzając mapę klasyfikacji gleb warstwy powierzchniowej (tabl. 63), wskazującą właściwy sposób ich użytkowania, wyniki badań geochemicznych odniesiono do wartości stężeń dopuszczalnych metali określonych w Rozporządzeniu Ministra Środowiska (Rozporządzenie..., 2002), zgodnie z zaleceniem „glebę lub ziemię uznaje się za zanieczyszczoną, gdy stężenie co najmniej jednej substancji przekracza wartość dopuszczalną”.

Na podstawie zawartości każdego z badanych metali (wymienionych w Rozporządzeniu..., 2002) każda z badanych próbek gleb została zaklasyfikowana do grupy A, B lub C. W przypadku jednakowych granic wartości dopuszczalnych dla grupy A i B (wyznaczonych w Rozporządzeniu..., 2002 dla arsenu, baru i kobaltu) przyjęto zasadę zaliczenia gleb do grupy A, korzystniejszej dla użytkownika i pozwalającej na wielofunkcyjne wykorzystywanie terenu.

Do celów publikacji połączono mapy geochemiczne parami, tj. na jednej tablicy umieszczono mapę geochemiczną gleb z głębokości 0,0–0,3 m i mapę geochemiczną osadów, a na sąsiedniej – mapę geochemiczną gleb z głębokości 0,8–1,0 m i mapę geochemiczną wód powierzchniowych. Ten sposób prezentacji pozwala na bezpośrednie porównanie obrazów geochemicznych różnych środowisk. Kierując się wygodą użytkowania, wydrukowano mapy (opatrzone skalą liniową) w formacie nieco pomniejszonym (A3). Zabieg ten nie spowodował pominięcia żadnego szczegółu treści map.

## WYNIKI BADAŃ GLEBY

Na terenie arkusza przeważają gleby pseudobielicowe utworzone na utworach piaszczystych i gliniastych, a doliny rzeczne pokrywają mady (Aktualizacja..., 2011, 2014). Przeważająca część gruntów uległa znacznemu przekształceniu. Procesy degradacji występują przede wszystkim w rejonach budowy nowych osiedli mieszkaniowych, tras komunikacyjnych, obiektów przemysłowych i w miejscach składowania odpadów. Czynniki degradacji gleb to ich zawodnienie, osuszenie oraz skażenie składnikami toksycznymi.

**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., 2004, 2009). W warunkach naturalnych skład granulometryczny gleby ulega bardzo małym zmianom (z wyjątkiem gleb zasolonych, w których może nastąpić peptyzacja koloidów

glebowych) 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 zgodnie z instrukcją do mapy geochemicznej w skali 1:25 000 od szeregu lat. 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 iłowa (tabl. 4–6). Zmiana przedziałów grup granulometrycznych zgodnie z aktualnymi wytycznymi Polskiego Towarzystwa Gleboznawczego PTG (Klasyfikacja..., 2008) uniemożliwiłaby porównanie składu granulometrycznego z danymi z arkuszy opracowanych wcześniej.

Badania uziarnienia gleb wykonano z uwagi na jego związek z zawartością pierwiastków. Skład granulometryczny gleby w znacznym stopniu determinuje jej odporność na degradację oraz ma istotny wpływ na zawartość pierwiastków chemicznych. Gleby z dużym udziałem frakcji iłowej i pyłowej charakteryzują się zazwyczaj podwyższoną zawartością pierwiastków oraz ich mniejszą mobilnością w warunkach hipergenicznych. W porównaniu z glebami piaszczystymi są bardziej odporne na odprowadzanie składników pokarmowych roślin i mogą zatrzymywać więcej składników toksycznych (w tym metali ciężkich) bez szkody dla środowiska. Dla gleb o znacznym udziale frakcji iłowej, zwanej również splotną (<0,02 mm), i pyłowej (0,1–0,02 mm) dopuszcza się zwykle większe stężenia graniczne przy opracowywaniu zaleceń ich użytkowania (Kabata-Pendias i in., 1995). Takie podejście wynika z faktu wyższych zawartości pierwiastków i mniejszej zdolności ich migracji w tych glebach.

Zróznicowanie granulometrii gleb na arkuszu wiąże się wyraźnie z litologią skał macierzystych. Na plejstocenijskich piaskach i żwirach akumulacji fluwioglacjalnej utworzyły się gleby piaszczyste o zawartości 40–80% frakcji 1,0–0,1 mm. Charakteryzują się one zawartością <20% frakcji pyłowej i <10% frakcji iłowej i pokrywają głównie południowo-zachodnią część terenu arkusza.

W glebach rozwiniętych na wychodniach glin lodowcowych przeważa frakcja pyłowa (0,1–0,02 mm), której zawartość często przekracza 40%. Towarzysząca jej frakcja iłowa (<0,02 mm) najczęściej osiąga zawartość w przedziale 10–15%. Gleby bogate we frakcję pyłową i iłową przeważają w środkowej i północno-wschodniej części obszaru arkusza.

**Odczyn.** W warstwie powierzchniowej przeważają gleby o odczynie zasadowym i obojętnym. Gleby zasadowe (pH >7,4) zajmują największe powierzchnie w centralnych

dzielnicach Zabrze i Rudy Śląskiej, co prawdopodobnie wiąże się ze znacznym udziałem materiałów alkalizujących w składzie nasypów antropogenicznych oraz depozycją popiołów lotnych ze spalania węgla.

W rejonach przemysłowych i poprzemysłowych (w sąsiedztwie hut Zabrze i Pokój, na terenie byłej kopalni Zabrze-Bielszowice i w okolicy kopalni Pokój) notowano często  $\text{pH} > 8$ . Jedną z przyczyn tak znacznej alkalizacji wierzchniej warstwy gleb jest akumulacja przez kilkadziesiąt lat pyłów ze spalania węgla, w których zawartość CaO może dochodzić do 10% (Zapotoczna-Sytek i in., 2013). Dodatkowe czynniki alkalizujące to środki stosowane do odśnieżania ulic oraz rozpraszanie materiału z hałd odpadów górniczych, hutniczych i paleniskowych. Materiał hałd odpadów hutniczych zawiera nie tylko rudy produkowanych metali, ale również surowce pomocnicze, m.in. topniki w postaci dolomitu kruszczonego, wykładziny ogniotrwałe, dodatki stopowe, masy wiążące, paliwo.

Przewagę gleb o odczynie zasadowym na głębokości 0,8–1,0 m można wiązać z większą ilością materiałów alkalizujących (odpadów budowlanych i przemysłowych) w głębszych partiach profili gleb antropogenicznych.

Na terenie lasów w południowo-zachodniej części obszaru arkusza gleby charakteryzują się odczynem kwaśnym ( $\text{pH} < 6,3$ ), a w warstwie wierzchniej nawet bardzo kwaśnym ( $\text{pH} < 5$ ).

Porównanie przeciętnych wartości odczynu powierzchniowej warstwy gleb na terenach o różnym sposobie użytkowania (tab. 2) wskazuje na wyraźny związek alkalizacji z opadem pyłów ze spalania paliw i procesów przemysłowych. W obszarach bez zabudowy wartość mediany  $\text{pH}$  wynosi 6,9, wzrasta do 7,9 w rejonach z zabudową miejską i do 8,0 na terenach z zabudową przemysłową.

**Geochemia.** Rozkłady przestrzenne badanych pierwiastków chemicznych w glebach obszaru arkusza wskazują zarówno na litologię skał macierzystych jako ich źródło (co zaznacza się wyraźniej w warstwie z głębokości 0,8–1,0 m), jak i wpływ czynników antropogenicznych związanych z różnorodną działalnością przemysłową (bardziej wyrazisty w warstwie wierzchniej).

W powierzchniowej warstwie gleb naturalny rozkład większości pierwiastków jest zniekształcony w obszarach przemysłowych i zurbanizowanych. Ich przeciętne zawartości (wyrażone wartościami median) znacznie przekraczają wartość tła geochemicznego regionu śląsko-krakowskiego. W przypadku baru, magnezu, niklu, siarki i strontu zanotowano około dwukrotny wzrost zawartości w porównaniu do tła regionalnego (tab. 2). Jeszcze większe w stosunku do tła geochemicznego są zawartości pierwiastków emitowanych do środowiska z

hut metali i innych zakładów. Prawie trzykrotnie większa jest w glebach arkusza zawartość cynku i miedzi, a dwukrotnie – arsenu, kadmu, chromu i ołowiu.

W obydwu zakresach głębokości gleb wyraźne jest zróżnicowanie zawartości pierwiastków (glinu, baru, wapnia, kobaltu, chromu, żelaza, magnezu, manganu, niklu, fosforu, strontu, tytanu i wanadu), których głównym źródłem są skały macierzyste. Gleby rozwinięte na wychodniach glin czwartorzędowych (pokrywające większość powierzchni arkusza) są bogatsze w te pierwiastki w porównaniu do gleb krańców południowo-zachodnich, gdzie w podłożu przeważają piaski wodnolodowcowe. Warstwa powierzchniowa gleb jest dodatkowo wzbogacona w bar, wapń, magnez i stront na skutek oddziaływania czynników antropogenicznych.

W południowej części arkusza gleby utworzone na wychodniach utworów piaszczystych zawierają najczęściej 0,20–0,40% glinu w obydwu zakresach głębokości. W części północnej, którą pokrywają głównie gliny lodowcowe, zawartość glinu mieści się w zakresie 0,40–0,80%.

Rozkład zawartości wapnia, magnezu, baru i strontu wskazuje na odmienne źródła ich akumulacji. Zawartość magnezu jest związana głównie ze źródłami naturalnymi i bardzo podobna w obydwu zakresach głębokości gleb (<0,12% w południowo-zachodniej części arkusza i 0,12–0,50% na pozostałym obszarze). W obydwu zakresach głębokości większość gleb zawiera >0,50% wapnia. Gleby o takiej zawartości zajmują większe powierzchnie w warstwie 0,0–0,3 m, co wskazuje na antropogeniczną dostawę wapnia w pyłach ze spalania węgla, topnikach hutniczych i wapnie palonym stosowanym w procesach wytopu stali (Koniecznyński, red., 2010). Gleby obfite w stront (>40 mg/kg) są bardziej rozpowszechnione w warstwie 0,0–0,3 m, a szczególnie na terenach przemysłowych, wskazując na hałdy odpadów i zrzuty wód kopalnianych jako źródło tego pierwiastka. Źródłami baru są zarówno pyły ze spalania węgla (Rózkowska, Ptak, 1995a,b), hałdy odpadów, jak i zrzuty wód kopalnianych. Warstwa powierzchniowa gleb zawiera >120 mg/kg baru, a głębiej jego zawartość jest mniejsza.

Zawartość węgla organicznego w glebach warstwy powierzchniowej najczęściej mieści się w zakresie 3–6%. Najbardziej zasobne w węgiel organiczny (>6%) są gleby aluwialne w dolinach rzecznych, w rejonach hałd odpadów kopalnianych i na terenach koksowni.

Przeciętna zawartość fosforu w powierzchniowej warstwie gleb wynosi 0,037%, a najczęściej spotykana waha się w granicach 0,030–0,060%. Obszary o zwiększonej zawartości fosforu (>0,060%) są bardziej rozległe w powierzchniowej warstwie w porównaniu z glebami z głębokości 0,8–1,0 m. Źródłem tego pierwiastka są głównie zrzuty



ścieków komunalnych. Ich wpływ na chemizm gleb dobrze ilustruje wzrost zawartości fosforu w głębszej warstwie gleb doliny Czarniawki poniżej oczyszczalni ścieków Ruda Południowa.

Zawartość siarki rzadko przekracza 0,080%, lecz w pobliżu hałd i szybów kopalnianych lokalnie występują gleby o zawartości siarki >0,160%.

Zanieczyszczenie gleb arsenem, kadmem, cynkiem, ołowiem, rtęcią i miedzią obejmuje zarówno wierzchnią, jak i głębszą warstwę gleb, choć silniej zaznacza się w warstwie 0,0–0,3 m. Najważniejszym źródłem tych pierwiastków są pozostałości zwałów rud Zn-Pb i hałdy odpadów kilku historycznych hut cynku.

Już w XIX w. w bytomskiej dzielnicy Bobrek (w rejonie ulicy Stara Cynkownia, gdzie obecnie znajduje się stadion) istniała huta cynku (Bobrek...). W sąsiedztwie tego terenu w dolinie Bytomki pozostała hałda jej odpadów poprodukcyjnych. Na terenie rudzkiej dzielnicy Godula w latach 1854–1919 działała huta cynku Godullahütte, a w dzielnicach Nowy Bytom i Wirek (w rejonie ulic 1 Maja, Nowary i Nadurnego) istnieją dotąd hałdy po działalności hut cynku Hugo, Franciszek, Liege-Hoffnung i cynkowni Rozamunda, zaś w pobliżu huty Pokój są zgromadzone odpady poprodukcyjne tego zakładu (Rudzkie...).

Gleby najbardziej zanieczyszczone przez arsen, kadm, cynk, ołów, rtęć i miedź tworzą zwarty pas we wschodniej części arkusza (w wymienionych dzielnicach Rudy Śląskiej i w bytomskiej dzielnicy Bobrek). Zawartość arsenu przekracza tu 20 mg/kg, a w centrach obszarowo niewielkich anomalii dochodzi do 300 mg/kg. Powierzchnie gleb o zawartości kadmu >4 mg/kg są znacznie większe w warstwie wierzchniej. Maksymalna zawartość kadmu (199 mg/kg) została stwierdzona w glebach aluwialnych doliny cieku płynącego po zachodniej stronie osiedla Pod Brzozami w Bytomiu oraz w obrębie anomalii w Rudzie Śląskiej (>64 mg/kg). W pasie zanieczyszczonych gleb przy wschodniej granicy arkusza zawartość ołowiu przekracza 250 mg/kg, a cynku 1000 mg/kg. W rejonie huty Pokój dodatkowo zaznacza się kumulacja chromu (>40 mg/kg), żelaza (>2%), rtęci (>0,80 mg/kg) i manganu (>1600 mg/kg).

W kilku innych rejonach w granicach arkusza stwierdzono zawartość >0,20 mg/kg rtęci. Należą do nich: obszary przemysłowe huty Zabrze, kopalni Sośnica-Makoszowy i byłej kopalni Wawel, otoczenie hałdy pocynkowej w Bobrku, rejony koksowni oraz punktowe anomalie w dolinach rzecznych i przy torach kolejowych. Maksymalną zawartość (17,16 mg/kg) rtęci zanotowano w wierzchniej warstwie gleb na terenie już nieistniejącej koksowni Walenty w Rudzie Śląskiej. Rtęć pochodzi z wielu źródeł. Zanieczyszczenie gleb wschodniej części arkusza wiąże się przypuszczalnie z jej obecnością w siarczках żelaza, stanowiących

też domieszkę w rudach Zn-Pb. Anomalie wokół koksowni i zakładów energetycznych są efektem rozpraszania rtęci związanej w substancji mineralnej węgla podczas jego spalania (Bojakowska, Sokołowska 2001; Aleksa i in., 2007; Kabata-Pendias, Mukherjee, 2007; Hławiczka, 2008). Obecność rtęci w glebach przy torach kolejowych jest przypuszczalnie spowodowana stosowaniem jej związków w środkach ochrony drewna (zabezpieczających podkłady kolejowe), a w ogródkach działkowych anomalie rtęci mogą być efektem nadmiernego zużywania preparatów owadobójczych. W wielu przypadkach rtęć pochodzi ze złomu świetlówek, akumulatorów Zn-HgO, zapalników oraz urządzeń stosowanych dawniej w sprzęcie pomiarowo-kontrolnym wielu gałęzi przemysłu i elektrotechnicznym zakładów chlorowo-sodowych (Szpadt red., 1994; Paulo, Strzelska-Smakowska, 2000).

Lokalne antropogeniczne zanieczyszczenia arsenem i metalami stwierdzono w glebach ogródków działkowych w sąsiedztwie linii kolejowej i osiedla M. Skłodowskiej-Curie w Zabrze. Zanotowano tu 781 mg/kg arsenu, >500 mg/kg ołowiu i >1000 mg/kg cynku oraz podwyższone ilości srebra, kadmu, chromu i miedzi w warstwie powierzchniowej. Głębiej zawartość tych pierwiastków maleje. Anomalię można wiązać z użyciem obcych zanieczyszczonych materiałów do utwardzania alejek w ogródkach oraz stosowaniem środków chwastobójczych na torach i preparatów grzybobójczych do nasączania podkładów kolejowych.

Silne zanieczyszczenie metalami wierzchniej warstwy gleb występuje na terenie huty Zabrze. W centrum anomalii zawartość kadmu wynosi 50,3 mg/kg, rtęci 0,83 mg/kg, ołowiu 1885 mg/kg i cynku 6886 mg/kg.

Udział obszarów gleb zanieczyszczonych w różnym stopniu kadmem, ołowiem i cynkiem zestawiono w tabeli 6. Na znacznym obszarze arkusza (20,96%) gleby warstwy powierzchniowej zawierają >4 mg/kg kadmu. Zawartość ołowiu >100 mg/kg stwierdzono dla 45,59% gleb, a zawartość cynku >500 mg/kg dla 29,53%.

Dla gleb z głębokości 0,0–0,3 m przeprowadzono ocenę stopnia zanieczyszczenia metalami, klasyfikując je do grup użytkowania A, B i C na podstawie zawartości dopuszczalnych (tab. 7). Klasyfikacja wskazuje, jak powinien być użytkowany dany teren zgodnie z wytycznymi Rozporządzenia... (2002). Przy klasyfikacji sumarycznej stosowano zasadę zaliczania gleb do danej grupy, gdy zawartość co najmniej jednego pierwiastka przekraczała wartość dopuszczalną. Ze względu na zawartość arsenu i metali 9,82% spośród badanych gleb zaliczono do grupy A. Do grupy B zaklasyfikowano 30,33% analizowanych próbek, a do grupy C – 59,85%. Warunki wielofunkcyjnego użytkowania spełniają gleby zaliczone do grupy A i B. Gleby zaklasyfikowane do grupy C występują na terenach zabudowy

miejsko-przemysłowej (tabl. 63). W wielu przypadkach aktualne użytkowanie jest niewłaściwe i wymaga co najmniej monitorowania, a niekiedy rekultywacji. Stężenia metali w większości gleb są tak duże, że tereny te powinny być zrekultywowane lub użytkowane tylko jako obszary przemysłowe.

## OSADY

Skład chemiczny osadów w zbiornikach śródlądowych wód powierzchniowych jest uwarunkowany wieloma czynnikami naturalnymi i antropogenicznymi. Zależy przede wszystkim od budowy geologicznej zlewni, geomorfologii i warunków klimatycznych, które decydują o przebiegu procesów wietrzenia skał oraz uruchamianiu, migracji i akumulacji pierwiastków (Bojakowska, Gliwicz, 2003).

Na analizowanym obszarze zanieczyszczenia antropogeniczne, pochodzące ze zrzutu ścieków przemysłowych i bytowo-gospodarczych, wpływają silniej na skład osadów niż czynniki naturalne. Większość cieków przepływa przez tereny zwartej zabudowy mieszkalnej lub tereny przemysłowe. Wskutek prowadzonej działalności górniczej znaczne fragmenty dolin są przebudowane, w efekcie czego rzeki płyną w głębokich betonowych korytach. Częste regulacje i osuszanie terenów doprowadziły do tego, że w wielu miejscach zanikły tereny zalewowe i podmokłe, na które stopniowo wkracza zabudowa (Działoszyńska-Wawrzekiewicz, 2007). Szczególną cechą większości osadów rzecznych jest duża zawartość mułów węglowych, które odznaczają się zdolnościami sorpcyjnymi prowadzącymi do wiązania metali i ich łatwego wytrącania (Nocoń, Kostecki, 2005).

**Bytomka i jej zlewnia.** W budowie podłoża zlewni Bytomki przeważają gliny lodowcowe (tabl. 1), zaś osady w dolinie rzeki to piaski wodnolodowcowe i mady rzeczne. Rzeka niemal na całej długości jest uregulowana. Wypływa z Bytomia, a w granicach arkusza płynie przez północne dzielnice Rudy Śląskiej i centrum Zabrze. Jej naturalne źródła zanikły wskutek antropopresji, a za początkowy odcinek rzeki uważany jest Rów Karbowski, prowadzący ścieki miejskie i przemysłowe Bytomia (Nocoń, 2009). Zlewnia Bytomki charakteryzuje się bardzo ubogą siecią rzeczna. Zasilana jest głównie przez wody kopalniane, zrzuty ścieków z zakładów przemysłowych, ścieki komunalne i wody deszczowe (Czaja, 1999; Nocoń, Kostecki, 2005). W górnym biegu przyjmuje ścieki oczyszczone z oczyszczalni Miechowice, Bobrek i Rozbark.

Zawartość analizowanych pierwiastków (wyrażona jako wartości ich median) w osadach Bytomki i w osadach zasilających ją cieków jest większa w porównaniu do wartości median osadów całego arkusza Zabrze oraz tła geochemicznego osadów regionu śląsko-

krakowskiego (tab. 4). Dotyczy to zarówno pierwiastków pochodzenia w przewodzie litogenicznego (glinu, baru, wapnia, kobaltu, chromu, żelaza, magnezu, manganu, fosforu, strontu, tytanu i wanadu), jak i pierwiastków, których źródłem są procesy antropogeniczne (srebra, arsenu, kadmu, miedzi, rtęci, niklu, siarki, ołowiu i cynku). Część materiału osadów Bytomki jest dostarczana przez Rów Miechowicki z terenu Bytomia. W górnym biegu Bytomki (poza wschodnią granicą arkusza) jednym ze źródeł metali są przypuszczalnie wieloletnie zrzuty ścieków przemysłowych oraz odcieki z hałdy dawnej huty cynku Orzeł Biały (obecnie Zakłady Górniczo-Hutnicze Orzeł Biały – producent ołowiu rafinowanego ze zużytych akumulatorów) w Bytomiu.

Najsilniej zanieczyszczone osady Bytomki stwierdzono na odcinku pogranicza Bytomia i Rudy Śląskiej. Są one skażone przez srebro (do 14 mg/kg), arsen (do 186 mg/kg), kadm (do 150 mg/kg), chrom (do 438 mg/kg), miedź (do 438 mg/kg), rtęć (do 2,07 mg/kg), ołów (do 10 859 mg/kg) i cynk (do 60 264 mg/kg). Kumulują też znaczne ilości żelaza (6–10%), manganu (do 14 420 mg/kg) i fosforu (0,200–0,350%). Wysoka zawartość kadmu (10–20 mg/kg), ołowiu (300–1000 mg/kg) i cynku (2500–4000 mg/kg) utrzymuje się w całym analizowanym odcinku rzeki w granicach arkusza. Głównym źródłem metali jest tu drenaż terenu historycznej huty cynku i hałdy jej odpadów w Bobrku. Zanieczyszczenia osadów można też wiązać ze ściekami zakładu Stal-Odlew (dawnej huty żelaza Zygmunt, a początkowo cynkowni, działającej od 1857 r.), położonej na terenie sąsiedniego arkusza Chorzów, a także dopływem zanieczyszczonych wód i osadów transportowanych przez strumień bez nazwy z terenu Świętochłowic. Strumień ten odwadnia teren, na którym już w 1823 r. powstała huta cynku (huta Dawida, później Guidotto). W latach 30. XX w. huta zaprzestała produkcji, ale do czasów współczesnych w świętochłowickich Lipinach zachowała się część hałdy jej odpadów poprodukcyjnych (hałda Kopyto), które po prawie 100 latach od zaprzestania produkcji zanieczyszczają osady i wody pobliskich zbiorników.

W niższym biegu rzeki kolejnym źródłem metali są odcieki z hałdy odpadów huty Zabrze. Powodują one widoczny wzrost koncentracji srebra, arsenu, kadmu, miedzi, ołowiu, siarki i cynku w osadach Bytomki.

Pierwiastki pochodzenia litogenicznego wykazują zróżnicowane koncentracje w osadach Bytomki i w osadach cieków jej zlewni. Wartość mediany zawartości glinu w osadach Bytomki (0,58%) jest mniejsza niż w osadach zbiorników i cieków jej zlewni (0,67% glinu) drenujących gliny lodowcowe. Z kolei inne pierwiastki kumulują się wyraźniej w osadach Bytomki w porównaniu z osadami zlewni. Odpowiednie zawartości wynoszą (26 mg/kg i 14 mg/kg) arsenu, (1,73% i 1,05%) wapnia oraz (95 mg/kg i 63 mg/kg) strontu (tab.

4). Kobalt, magnez, nikiel, tytan, wanad wykazują nieznaczną zmienność w osadach całej zlewni.

**Czarniawka i jej zlewnia.** W swym górnym i środkowym biegu rzeka drenuje obszar pokryty glinami lodowcowymi, a najniższą część zlewni pokrywają piaski wodnolodowcowe. Tylko na niewielkim obszarze odsłaniają się piaskowce i iłowce karbonu. Teren zlewni Czarniawki to w większości obszar przemysłowy. Do rzeki wprowadzane są ścieki z oczyszczalni ścieków komunalnych z Rudy Śląskiej i Zabrze oraz z zakładów przemysłowych, a także wody z odwadniania kopalń węgla.

Wartości median analizowanych pierwiastków w aluviach rzeki oraz w osadach cieków i zbiorników w jej zlewni są znacznie większe niż wartość ich tła geochemicznego w regionie śląsko-krakowskim (tab. 4).

Rozkład zawartości pierwiastków zmienia się wyraźnie w aluviach górnej, środkowej i dolnej części zlewni, wskazując na ich różne pochodzenie i odmienne możliwości akumulacji. Najmniejsze zawartości są charakterystyczne dla środkowego odcinka rzeki, co przypuszczalnie wiąże się z jej szybkim przepływem w głębokiej dolinie o stromych brzegach, gdzie następuje przemieszczenie i przepłukiwanie osadów. Dobrym przykładem ilustrującym zmiany zawartości w różnych częściach zlewni jest koncentracja baru. W początkowym biegu Czarniawki jego zawartość wynosi 150–250 mg/kg, w biegu środkowym 40–90 mg/kg, a przy zachodniej granicy arkusza w rejonie hałdy odpadów powęglowych kopalni Sośnica-Makoszowy dochodzi do 1629 mg/kg. W tej ostatniej lokalizacji kumulację baru można wiązać z procesami zawiesinowego

Podobną zmienność zawartości zanotowano w przypadku glinu, żelaza, rtęci, manganu, niklu, ołowiu, siarki, strontu, wanadu i cynku. W górnej części zlewni Czarniawki zanieczyszczenie osadów może mieć związek ze zgrupowaniem w tym rejonie huty Pokój, zakładów metalowych i remontowych oraz wieloletnią działalnością kopalń Wawel i Bielszowice wraz z oddziaływaniem hałd ich odpadów powęglowych oraz zrzutami ścieków z oczyszczalni. W osadach zawartość kadmu dochodzi tu do 8 mg/kg, chromu i miedzi do 100 mg/kg, rtęci do 0,66 mg/kg, manganu do 2000 mg/kg, niklu do 35 mg/kg, ołowiu do 470 mg/kg i cynku do 2500 mg/kg. Wcześniej w osadach Czarniawki notowano nieco mniejsze zawartości tych metali (Nocoń, 2009). Przytoczone koncentracje wskazują na wzrastające zanieczyszczenie osadów, pomimo nowszych technologii i zmian w profilach produkcji przemysłowej na terenie zlewni.

Największe zanieczyszczenie osadów metalami i siarką zaznacza się w ciekach i zbiornikach wód stojących w rejonie hałdy odpadów wydobywczych i technologicznych

kopalni Sośnica-Makoszowy, gdzie przez kilkadziesiąt lat działała też koksownia Makoszowy. Dolina Czarniawki pokryta madami rzecznyymi jest tu miejscami rozległa i podmokła, co powoduje wolniejsze przepływy i umożliwia łatwe wytrącanie w osadach składników przenoszonych w wodzie i zawiesinie. Głównego ogniska zanieczyszczeń można upatrywać w drenażu hałdy zlokalizowanej w dolinie. Zanotowane zawartości metali wskazują, że być może składowano tu nie tylko odpady z kopalni węgla, ale i z zakładów przemysłu hutniczego i metalowego. Maksymalne koncentracje pierwiastków występują w rowach odwadniających okolice szybów wentylacyjnych kopalni Sośnica-Makoszowy i w osadniku w sąsiedztwie hałdy. Są to osady o charakterze szlamów organicznych. Zawartość kadmu w niektórych osadach osiąga 395,2 mg/kg, kobaltu 502 mg/kg, rtęci 2,03 mg/kg, niklu 192 mg/kg, ołowiu 1580 mg/kg, wanadu 156 mg/kg i cynku 8076 mg/kg. Osady obfitują też w wapń (do 23,45%), żelazo (do 22%), mangan (do 115 540 mg/kg) i siarkę (do 14,90%).

Prawostronnym dopływem Czarniawki jest Potok Sośnicki (Guido). W jego osadach zawartości większości badanych pierwiastków są w zakresie naturalnego tła geochemicznego. W początkowym biegu ciekłu zaznacza się niewielkie wzbogacenie w chrom, miedź, rtęć, ołów i cynk.

**Potok Bielszowicki (Kochłówka) i jego zlewnia.** Teren zlewni potoku budują głównie piaski wodnolodowcowe. Obszar źródłowy ciekłu, płynącego w uregulowanym korycie, jest zlokalizowany poza wschodnią granicą arkusza, na pograniczu Chorzowa i Rudy Śląskiej. Znaczna część zlewni potoku to teren leśny, poprzecinany licznymi drobnymi ciekami, w obrębie którego istnieje kilka zbiorników wodnych. Największe z nich to staw Bagier i Staw Makoszowski, związane z deformacjami terenu powstałymi wskutek działalności górniczej (Działoszyńska-Wawrzkiwicz, 2007).

Wysokie przepływy wód w Potoku Bielszowickim i okresowe podtopienia jego doliny powodowane są przez wody przerzucane z innych zlewni w celu zaopatrzenia ludności i przemysłu w wodę oraz na skutek wypompowywania wód dołowych z kopalń. Na skład chemiczny wód i osadów w największym stopniu wpływają zrzuty wód z kopalń Pokój, Halemba-Wirek i Bielszowice oraz ścieków bytowo-gospodarczych (Cudak i in., 2009).

W granicach arkusza skład chemiczny osadów Potoku Bielszowickiego jest wyraźnie odmienny w jego górnym biegu do terenu kopalni Bielszowice i poniżej tego zakładu. Aluwia górnego odcinka obfitują w kadm (do 21 mg/kg), chrom (do 42 mg/kg), miedź (do 42 mg/kg), rtęć (do 0,70 mg/kg), fosfor (do 0,333%), ołów (do 400 mg/kg), siarkę (do 2,550%) i cynk (do 5760 mg/kg). Głównym źródłem metali jest prawdopodobnie wieloletnie odprowadzanie ścieków z byłej huty Batory (położonej poza wschodnią granicą arkusza). Górna część zlewni

potoku przez ponad 100 lat była zanieczyszczana przez składy surowców, odpady i ścieki huty. Zakład pod nazwą Bismarckhütte produkował od 1873 r. stal, rury i blachy. W latach 1912–1915 wytwarzano tu pociski, kotły okrętowe i blachy pancerne. W kolejnych latach produkowano stal, blachy, narzędzia górnicze (Huta...). Zmiany profilu produkcji wymagały używania wielu surowców, co wpływało na charakter ścieków. Źródłem zanieczyszczeń są też odcieki z hałdy kopalni Halemba-Wirek oraz ścieki komunalne i przemysłowe tego zakładu.

Na możliwość gromadzenia metali w osadach w niższej części potoku może wpływać charakter doliny, która rozszerza się w rejonie hałd odpadów wydobywczych zlokalizowanych po wschodniej stronie terenu kopalni Bielszowice, powodując spadek tempa transportu, łatwiejszą sedymentację osadów i sorpcję metali na powierzchni minerałów ilastych i materii organicznej.

Poniżej kopalni Bielszowice do potoku zrzucane są zmineralizowane wody dołowe, które powodują rozcieńczanie wód i zmianę charakteru chemicznego osadów. Zawartości niektórych metali są na tym odcinku wyraźnie mniejsze niż w jego górnym biegu. Osady koncentrują zaś pierwiastki pochodzące z wód kopalnianych – bar (do 800 mg/kg) i stront (do 370 mg/kg), a w dalszym ciągu utrzymuje się w nich wysoka zawartość cynku (do 900 mg/kg).

**Kłodnica.** W granicach arkusza zlokalizowany jest niewielki fragment doliny Kłodnicy. Jej osady na tym odcinku charakteryzują się mniejszymi zawartościami analizowanych pierwiastków w porównaniu do osadów Bytomki i Potoku Bielszowickiego. Zwraca uwagę jedynie ich zanieczyszczenie przez bar (do 460 mg/kg), rtęć (do 0,34 mg/kg) i cynk (do 1284 mg/kg).

Skład osadów sieci drobnych cieków odwadniających rejon przy południowej granicy arkusza (i wpadających do Kłodnicy) odzwierciedla chemizm utworów stanowiących podłoże tej części zlewni, a zawartości analizowanych pierwiastków można uznać za wartości tła regionalnego. Osady wyróżniają się wzbogaceniem w glin (3–5%). W niektórych ciekach i zbiornikach wód stojących koncentruje się kadm (do 46 mg/kg), w innych nikiel (do 100 mg/kg), ołów (do 550 mg/kg), siarka (do 6,500%) i cynk (do 1500 mg/kg).

W ciekach płynących po zachodniej stronie doliny Kłodnicy osady zawierają często 0,800–0,900% fosforu. Jego źródłem mogą być zrzuty wód z przepompowni zlokalizowanych w tym rejonie, a możliwość kumulacji stwarza roślinność podmokłego terenu.

## WODY POWIERZCHNIOWE

Przeprowadzone badania wykazały silne zanieczyszczenie wód wszystkich cieków związkami charakterystycznymi dla wód dołowych z kopalń węgla kamiennego (zawiesinami, chlorkami i siarczanami) oraz ścieków komunalnych.

**Bytomka i jej zlewnia.** Za pomocą systemu rowów i kolektorów do wód Bytomki odprowadzane są wody dołowe oraz ścieki bytowo-gospodarcze i przemysłowe, stanowiące do 85% jej średniego przepływu (Cempiel i in., 2014). Rzeka jest praktycznie rowem ściekowym, a jej wody nie odpowiadają żadnym kryteriom i normatywom jakości stosowanym do wód powierzchniowych. Monitoring wód Bytomki wykazuje ponadnormatywne wartości większości wskaźników fizyczno-chemicznych, zwłaszcza azotu amonowego, związków fosforu, zawiesiny ogólnej, jonów chlorkowych oraz bardzo niskie stężenia tlenu rozpuszczonego (Ocena...).

Jako ważny wskaźnik charakteryzujący chemizm wód Bytomki zwraca uwagę wysoka przewodność elektrolityczna właściwa (EC 6,19–10,30 mS/cm), spowodowana silnym zasoleniem wód kopalnianych odprowadzanych do rzeki spoza północnej granicy arkusza, gdzie czynna jest kopalnia węgla kamiennego Bobrek. O dużym zanieczyszczeniu wód świadczą już wartości EC powyżej 1 mS/cm (Witczak, Adamczyk, 1994; Rozporządzenie..., 2011). Nieznaczoną mineralizacją charakteryzują się tylko wody w zbiornikach wód stojących przy północnej granicy arkusza (EC 0,20–0,40 mS/cm), zapewne uzupełniane opadami atmosferycznymi.

Pomierzone wartości odczynu wód są mało zróżnicowane w całej zlewni, wahają się najczęściej w zakresie pH 7,9–8,2 i są nieco większe w porównaniu do wyników badań WIOŚ, w których wykazano pH 7,1–7,8 (Wyniki..., 2012).

Odprowadzanie wód kopalnianych powoduje silne zanieczyszczenie pierwiastkami pochodzącymi z wód dołowych – borem, potasem, litem, magnezem, sodem, siarczanami i strontem. Na całym analizowanym odcinku Bytomki zawartość tych pierwiastków w jej wodach jest wyrównana, a ich mniejszą zawartość zanotowano tylko w kilku zbiornikach wód stojących na terenie zlewni. W wodach Bytomki mediana zawartości boru wynosi 1,55 mg/dm<sup>3</sup>, a na terenie zlewni 0,89 mg/dm<sup>3</sup>. Podobna tendencja utrzymuje się w przypadku potasu i litu. Mediana zawartości potasu w wodach Bytomki oraz w zbiornikach wód stojących zlewni (do których nie dopływają wody kopalniane) wynosi odpowiednio 48,4 mg/dm<sup>3</sup> i 7 mg/dm<sup>3</sup>, a litu 205,3 µg/dm<sup>3</sup> i 10 µg/dm<sup>3</sup>.

Ze zrzutami wód kopalnianych wiąże się bardzo wysokie stężenie sodu i siarczanów w wodach Bytomki (wartość median odpowiednio 1225 mg/dm<sup>3</sup> i 10 800 mg/dm<sup>3</sup>). Szczególnie



wysoka jest zawartość siarczanów w stosunku do danych pomierzonych w roku 2011 przy ujściu Bytomki do Kłodnicy – 705,5 mg/dm<sup>3</sup> (Wyniki..., 2012). Wzrost stężeń wiąże się prawdopodobnie ze zrzutami bardziej zasolonych wód dołowych z czynnych i zamkniętych kopalń.

Na całym analizowanym odcinku rzeki utrzymuje się podobna zawartość baru (0,050 mg/dm<sup>3</sup>). W kilku zamkniętych zbiornikach zawartość baru wynosi 0,010–0,020 mg/dm<sup>3</sup>, ale w jednym z nich osiąga 1,060 mg/dm<sup>3</sup>. Mediany zawartości wapnia i magnezu wynoszą odpowiednio 232,6 mg/dm<sup>3</sup> i 138,1 mg/dm<sup>3</sup>, a stężenia tych pierwiastków są podobne na całej długości rzeki. Ich źródłem mogą być wody kopalniane, ścieki i spływy powierzchniowe. Zanotowana zawartość metali w wodach Bytomki jest mniejsza w porównaniu z wcześniejszymi badaniami (Wyniki..., 2012).

Korzystnym faktem jest stwierdzenie w badanych wodach niewielkich zawartości metali toksycznych dla organizmów żywych. Zawartość chromu nie przekracza 0,003 mg/dm<sup>3</sup>, miedzi 1 µg/dm<sup>3</sup>, a kadmu 0,05 µg/dm<sup>3</sup>. Mediana zawartości ołowiu wynosi 0,44 µg/dm<sup>3</sup>, a cynku 0,010 mg/dm<sup>3</sup>, nie przekraczając wartości granicznych dla wód I klasy jakości określonych dla tych pierwiastków. Mediany zawartości antymonu (0,56 µg/dm<sup>3</sup>), selenu (5 µg/dm<sup>3</sup>) i talu (<0,05 µg/dm<sup>3</sup>) nie przekraczają również granic dla wód I klasy. Zwiększoną zawartość talu (0,10–0,20 µg/dm<sup>3</sup>) zanotowano w wodach niewielkiego prawobrzeżnego cieką wpadającego do Bytomki na granicy bytomskiej dzielnicy Szombierki i rudzkiej Goduli.

W wodach Bytomki zawartość żelaza waha się od 0,02 do 0,12 mg/dm<sup>3</sup>, a tylko w dwu zbiornikach wód stojących na terenie zlewni dochodzi do 2–3 mg/dm<sup>3</sup>. Rozkład zawartości manganu jest zróżnicowany. Wody górnego odcinka rzeki zawierają więcej manganu (0,250–0,500 mg/dm<sup>3</sup>), niższego odcinka około 0,200 mg/dm<sup>3</sup>, a w zbiornikach na terenie zlewni jego zawartość wzrasta do 1,870 mg/dm<sup>3</sup>.

Analizowane wody zawierają przeciętnie 3,3 µg/dm<sup>3</sup> niklu, a zanieczyszczenie tym pierwiastkiem (do 37,42 µg/dm<sup>3</sup>) zanotowano jedynie w cieką w pobliżu wysypiska śmieci w rejonie Małego Zabrza.

Pod względem zawartości fosforu (mediana 0,23 mg/dm<sup>3</sup>) wody Bytomki można zaliczyć do II klasy jakości. W porównaniu z wcześniejszymi wynikami badań (0,48 mg/dm<sup>3</sup>) ich jakość uległa znaczącej poprawie (Wyniki..., 2012).

**Czarniawka i jej zlewnia.** Rzeka jest odbiornikiem ścieków niewielkich dzielnicowych oczyszczalni ścieków z Rudy Południowej i Zabrza oraz kopalń i zakładów

koksochemicznych. Znaczną część jej wód stanowią wody ściekowe i tylko w niewielkim stopniu jest ona zasilana w sposób naturalny.

W wodach rzeki pH zmienia się od 7,5 do 8,4, a wartość mediany wynosi 8,0. Przewodność elektrolityczna właściwa (EC) waha się w szerokich granicach od 2,09 do 17,78 mS/cm (tab. 5). W górnym odcinku Czarniawki EC najczęściej mieści się w zakresie 2–3 mS/cm, wzrasta w jej dolnym biegu, a w rowach w rejonie osadników kopalni Sośnica-Makoszowy osiąga wartość  $>40$  mS/cm. Na silną mineralizację, związaną ze zrzutami wód kopalnianych, składa się przede wszystkim koncentracja sodu, litu, potasu, wapnia i magnezu. Podobnie jak w przypadku przewodności największą zawartość tych pierwiastków zanotowano w wodach cieków poniżej rejonu kopalni. Zawartość sodu wynosi tu 3500–7800 mg/dm<sup>3</sup>, a w górnym odcinku zlewni Czarniawki 200–300 mg/dm<sup>3</sup>. Analogicznie rozkłada się zawartość litu, wynosząc odpowiednio: 100–200 µg/dm<sup>3</sup> i  $>500$  µg/dm<sup>3</sup>, potasu 30–40 mg/dm<sup>3</sup> i 60–70 mg/dm<sup>3</sup> oraz magnezu 100 mg/dm<sup>3</sup> i  $>200$  mg/dm<sup>3</sup>.

Siarczany zanieczyszczają wody całej zlewni, występując w koncentracjach rzędu od kilku do kilkunastu tysięcy mg/dm<sup>3</sup>. Wody obfitujące w jony siarczanowe są jednocześnie ubogie w bar (0,034–0,450 mg/dm<sup>3</sup>) i wykazują zróżnicowane stężenie strontu i uranu. W górnej części zlewni zawartość uranu wynosi 2–5 µg/dm<sup>3</sup>, a po rozcieńczeniu wodami kopalni Sośnica-Makoszowy zmniejsza się do 1 µg/dm<sup>3</sup>. Zgodnie z klasyfikacją wód GZW zawierających pierwiastki promieniotwórcze, można przypuszczać, że są to wody zawierające również rad (Smoliński, 2006; Olkusi, Stala-Szlugaj, 2009).

Wody kopalniane są też przypuszczalnie źródłem antymonu i selenu. W górnym odcinku Czarniawki i wodach potoku Guido zawartość antymonu wynosi 0,20–50 µg/dm<sup>3</sup>, a poniżej terenu kopalni 2–3 µg/dm<sup>3</sup>. Dla selenu te zawartości osiągają odpowiednio  $<2$  µg/dm<sup>3</sup> i 5 µg/dm<sup>3</sup>.

Mała zawartość innych metali pozwala na stwierdzenie ich niewielkiej szkodliwości dla organizmów żywych. Kadm, chrom, ołów, tal i wanad zanotowano w ilości poniżej granic ich wykrywalności. Najczęstsza zawartość kobaltu i miedzi wynosi 1 µg/dm<sup>3</sup>, a niklu 3–4 µg/dm<sup>3</sup>. W wodach całej zlewni utrzymuje się wyrównana zawartość wapnia (ok. 220 mg/dm<sup>3</sup>).

Zawartość fosforu w górnym biegu Czarniawki nie przekracza 0,05 mg/dm<sup>3</sup>, a po przyjęciu ścieków z oczyszczalni Ruda Południowa wzrasta do 0,50 mg/dm<sup>3</sup>, przekraczając wartość graniczną dla wód II klasy. Jeszcze silniej zanieczyszczone fosforem (1,00–1,60 mg/dm<sup>3</sup>) są wody cieków bez nazwy odwadniającego osiedle Wyzwolenia w Zabrze.

**Potok Bielszowicki (Kochłówka) i jego zlewnia.** Potok jest odbiornikiem ścieków z dzielnicowych oczyszczalni w Rudzie Śląskiej oraz ścieków bytowo-gospodarczych i silnie zmineralizowanych wód dołowych kopalń węgla Wirek i Bielszowice.

Wody potoku i jego dopływów charakteryzuje odczyn w granicach pH 6,5–8,7 (tab. 5). Przewodność elektrolityczna wód w górnej części zlewni mieści się w zakresie 129 mS/cm, a poniżej obiektów kopalni Bielszowice wzrasta do 13–20 mS/cm (maks. 21,60 mS/cm).

Składnikami degradującymi jakość wód są siarczany, bor, sól, potas, lit, żelazo, mangan i bar, pochodzące z zasolonych wód kopalnianych. Pierwiastki te osiągają stężenia: bor 0,90–1,75 mg/dm<sup>3</sup>, potas 40–90 mg/dm<sup>3</sup>, lit 200–900 µg/dm<sup>3</sup>, sól 800–3800 mg/dm<sup>3</sup>, siarczany 7000–11 000 mg/dm<sup>3</sup> i stront 4–7 mg/dm<sup>3</sup>.

W górnym odcinku potoku zawartość fosforu (0,80–1,20 mg/dm<sup>3</sup>) jest prawdopodobnie związana ze zrzutami ścieków z oczyszczalni Barbara w Rudzie Śląskiej (poza wschodnią granicą arkusza). Poniżej kopalni Bielszowice i rozcieńczeniu wód potoku przez wody kopalniane zawartość fosforu obniża się do 0,20–0,50 mg/dm<sup>3</sup>. Na dopływ wód dołowych wskazuje też rozkład zawartości baru, wynoszący odpowiednio 0,040 i 0,160 mg/dm<sup>3</sup> w górnym i dolnym odcinku potoku.

Zawartość metali (kadmu, kobaltu, chromu, miedzi, niklu, ołowiu i cynku), a także antymonu i selenu nie przekracza wartości granicznych dla wód I klasy (tab. 5).

**Kłodnica.** Większość wód tego fragmentu zlewni charakteryzuje odczyn obojętny. Tylko w kilku przypadkach stwierdzono odczyn zasadowy (pH >8,0). Przewodność elektrolityczna waha się w szerokich granicach od 0,22 do 9,75 mS/cm (tab. 5). Na wysokie wartości EC oraz koncentracje wielu pierwiastków mają wpływ zrzuty ścieków przemysłowych i wód dołowych w górnej części zlewni Kłodnicy.

W kwaśnych wodach (pH 4,5–5) cieką bez nazwy odwadniającego zalesiony rejon hałdy przy południowej granicy arkusza zwraca uwagę wysoka zawartość glinu – 3285,4 µg/dm<sup>3</sup> i berylu – 1,31 µg/dm<sup>3</sup>. Stężenia glinu w wodach rzecznych wynoszą od 2 do 1000 µg/dm<sup>3</sup>; średnio 64 µg/dm<sup>3</sup>, a berylu w granicach <0,008–0,6 µg/dm<sup>3</sup> (Kabata-Pendias, Pendias, 1999; Kabata-Pendias, Mukherjee, 2007). Największa rozpuszczalność obydwu pierwiastków występuje w wodach środowisk silnie kwaśnych. Szczególnie niebezpieczne jest stężenie glinu, mające charakter toksyczny dla organizmów żywych. W wodach zanieczyszczonych przez glin i beryl koncentruje się też kadm (10–21 µg/dm<sup>3</sup>), kobalt (4–9 µg/dm<sup>3</sup>), żelazo (4–10 mg/dm<sup>3</sup>), nikiel (7–13 µg/dm<sup>3</sup>), ołów (12 µg/dm<sup>3</sup>), krzemionka (25–27 mg/dm<sup>3</sup>), tal (0,40–0,69 µg/dm<sup>3</sup>) i cynk (1,700–1,881 mg/dm<sup>3</sup>). Przypuszczalnym źródłem

zanieczyszczeń jest drenaż hałdy i zrzut ścieków z rejonu szybu wentylacyjnego kopalni Makoszowy.

## WNIOSKI

1. Antropogenicznymi źródłami zanieczyszczeń środowiska przyrodniczego są: eksploatacja węgla kamiennego, emisje pyłów i gazów z koksowni, oddziaływanie hałd odpadów pogórnich, paleniskowych i osadników, historyczne hutnictwo cynku, hutnictwo żelaza, przemysł metalowy oraz komunikacja.
2. Litologia skał macierzystych gleb znajduje odzwierciedlenie w ich geochemii i granulometrii. Gleby utworzone z piaszczystych utworów wodnolodowcowych i rzecznych obfitują we frakcję piaszczystą. Zawierają mało glinu, baru, wapnia, kobaltu, chromu, żelaza, magnezu, manganu, niklu, fosforu, strontu, tytanu i wanadu. Dotyczy to zarówno gleb z głębokości 0,0–0,3 m, jak i 0,8–1,0 m. Gleby rozwinięte na wychodniach glin czwartorzędowych są bogatsze w te pierwiastki oraz we frakcję pylastą i ilastą.
3. W wyniku oddziaływania czynników antropogenicznych warstwa powierzchniowa gleb jest wzbogacona w bar, wapń, magnez i stront w porównaniu do warstwy głębszej.
4. Odczyn badanych gleb jest zróżnicowany i w znacznym stopniu uwarunkowany sposobem ich użytkowania. Gleby obszarów o zwartej zabudowie miejskiej i terenów przemysłowych wykazują najczęściej odczyn zasadowy i obojętny, a gleby lasów należą do kwaśnych.
5. Kontaminacja osadów śródlądowych zbiorników wodnych 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.
6. Osady są zanieczyszczone głównie przez pierwiastki związane ze współczesnym i historycznym hutnictwem metali (chrom, cynk, kadm, kobalt, miedź, nikiel, ołów, srebro i żelazo), działalnością koksowni (rtęć, arsen) oraz zrzutami ścieków komunalnych (fosfor).

7. Badane wody charakteryzuje duża zmienność pod względem zawartości pierwiastków chemicznych, odczynu i przewodności elektrolitycznej. Zasolenie większości cieków wiąże się ze zrzutami zmineralizowanych wód kopalnianych. Wody zrzucane z kopalń węgla kamiennego powodują zanieczyszczenie cieków przez bar, bor, chlor, potas, lit, molibden, sód, stront, siarczany, rubid, tal i antymon. Do najsilniej zanieczyszczonych należą cieki w sąsiedztwie hałd odpadów pogórnich.

## LITERATURA

- AKTUALIZACJA Powiatowego Programu Ochrony Środowiska dla miasta Ruda Śląska na lata 2012–2015 (załączniki), 2011. <http://www.rudaslaska.bip.info.pl/dokument.php?iddok=952&idmp=12&r=r>
- AKTUALIZACJA Programu Ochrony Środowiska dla Miasta Zabrze do 2016 roku z perspektywą do roku 2020, 2014. [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)
- ALEKSA A., DYDUCH F., WIERZCHOWSKI K., 2007 – Chlor i rtęć w węglu i możliwości ich obniżenia metodami przeróbki mechanicznej. *Górnictwo i Geoinżynieria*, **31**: 35–48.
- BOBREK (Bytom). [https://pl.wikipedia.org/wiki/Bobrek\\_\(Bytom\)](https://pl.wikipedia.org/wiki/Bobrek_(Bytom))
- BOJAKOWSKA I., GLIWICZ T., 2003 – Wyniki geochemicznych badań osadów wodnych Polski w latach 2000–2002. *Bibl. Monitoringu Środowiska*: 46–81. Warszawa.
- BOJAKOWSKA I., SOKOŁOWSKA G., 2001 – Rtęć w kopalinach wydobywanych w Polsce jako potencjalne źródło zanieczyszczeń środowiska. *Biul. Państw. Inst. Geol.*, **394**.
- BRANŻOWA NORMA BN-78/9180-11, 1978 – Gleby i utwory mineralne. Podział na frakcje i grupy granulometryczne. PKN, Warszawa.
- BUŁA Z, KOTAS A. (red.), 1994 – Atlas geologiczny GZW w skali 1:100 000 cz. III. Mapa geologiczno-strukturalna utworów karbonu produktywnego. Państw. Inst. Geol., Warszawa.
- CEMPIEL E., CZAJKOWSKA A., NOWIŃSKA K., POZZI M., 2014 – Przejawy antropopresji w zlewni rzeki Bytomki. Wyd. Pol. Śl., Gliwice.
- CUDAŁ J., WANTUCH A., RAZOWSKA-JAWOREK L., 2009 – Ruda Śląska. *W*: Wody podziemne miast Polski (red. Z. Nowicki). Państw. Inst. Geol. Warszawa.
- CZAJA S., 1999 – Zmiany stosunków wodnych w warunkach silnej antropopresji (na przykładzie konurbacji katowickiej). *Pr. Nauk. UŚl.*, **1782**.
- DZIAŁOSZYŃSKA-WAWRZKIEWICZ M., 2007 – Koncepcja przyrodniczo-społecznego wykorzystania zalewisk na przykładzie zlewni rzeki Kłodnicy. [http://www.ietu.katowice.pl/klodnica/projekty\\_badawcze/Koncepcja\\_przyrodniczo-społecznego\\_wykorzystania\\_zalewisk.pdf](http://www.ietu.katowice.pl/klodnica/projekty_badawcze/Koncepcja_przyrodniczo-społecznego_wykorzystania_zalewisk.pdf)
- EU Directive 2009/54/EC Natural Mineral Water.
- EU Directive 1998/83/EC Drinking Water.
- GAŁKIEWICZ T., ŚLIWIŃSKI S., 1985 – Charakterystyka geologiczna śląsko-krakowskich złóż cynkowo-ołowiowych. *Rocznik PTG*, **53**, 1–4: 63–90.
- GRUSZCZYK H., 1956 – Uwagi w sprawie wykształcenia morskich utworów triasu śląsko-krakowskiego. *Biul. Inst. Geol.*, **107**.
- HISTORIA kopalni „Pokój”. [www.ksa.pl](http://www.ksa.pl)
- HŁAWICZKA S., 2008 – Rtęć w środowisku atmosferycznym. IPIŚ PAN. Zabrze.
- HORZEMSKI J., 1978 – Iły winitrolowe. *W*: Poszukiwanie rud cynku i ołowiu na obszarze śląsko-krakowskim (red. J. Pawłowska). Wyd. Geol., Warszawa.
- HUTA Batory. <http://www.hutabatory.com.pl/>
- INFORMACJA WIOŚ w Katowicach dotycząca głównych przyczyn złej jakości powietrza w województwie śląskim. <http://www.katowice.pios.gov.pl/jakosc/1.pdf>
- JECHNA K. (red.), 2012 – Program ochrony środowiska dla województwa śląskiego do roku 2013 z uwzględnieniem perspektywy do roku 2018. Almoterm, Instytut Zrównoważonego Rozwoju.
- JURECZKA J., DOPITA M., GAŁKA M., KRIEGER W., KWARCINŃSKI J., MARTINEC P., 2005 – Atlas geologiczno-złożowy polskiej i czeskiej części Górnosląskiego Zagłębia Węglowego. Państw. Inst. Geol., Warszawa.
- KABATA-PENDIAS A., MUKHERJEE A., 2007 – Trace elements from soil to human. Springer-Verlag Berlin Heidelberg.
- KABATA-PENDIAS A., PENDIAS H., 1999 – Biogeochemia pierwiastków śladowych. Wyd. Nauk. PWN, Warszawa.

- KABATA-PENDIAS A., PIOTROWSKA M., MOTOWICKA-TERELAK T., MALISZEWSKA-KORDYBACH B., FILIPIAK K., KRAKOWIAK A., PIETRUCH C., 1995 – Podstawy oceny chemicznego zanieczyszczenia gleb. Metale ciężkie, siarka i WWA. Bibl. Monitoringu Środowiska, Warszawa.
- KLASYFIKACJA uziarnienia gleb i utworów mineralnych, 2008. Polskie Towarzystwo Gleboznawcze. [http://www.ptg.sggw.pl/images/Uziarnienie\\_PTG\\_2008.pdf.pdf](http://www.ptg.sggw.pl/images/Uziarnienie_PTG_2008.pdf.pdf)
- KLECZKOWSKI A.S. (red.), 1990 – Mapa obszarów Głównych Zbiorników Wód Podziemnych (GZWP) w Polsce, wymagających szczególnej ochrony 1:500 000. AGH, Kraków.
- KOMPANIA Węglowa S.A. <https://www.kwsa.pl>
- KONDRACKI J., 2009 – Geografia regionalna Polski. Wyd. Nauk. PWN, Warszawa.
- KOKSOWNIA Jadwiga. <https://www.jswkoks.pl/firma/zaklady/koksownia-jadwiga/>
- KONIECZYŃSKI J. (red.), 2010 – Właściwości pyłu respirabilnego emitowanego z wybranych instalacji. <http://www.ipis.zabrze.pl/dokumenty/pis/m79.pdf>
- LIANA E., POBUDEJSKI M., MARCHLEWSKA-KNYCH B., BOŻEK A., JANECZKO-MAZUR A., 2014 – Monitoring chemizmu opadów atmosferycznych i ocena depozycji zanieczyszczeń do podłoża w latach 2013–2015. Wyniki badań monitoringowych w województwie śląskim w 2013 r. WIOŚ Katowice. <http://www.katowice.pios.gov.pl/monitoring/informacje/stan2013/chemizm.pdf>
- LIS J., PASIECZNA A., 1995a – Atlas geochemiczny Polski w skali 1:2 500 000. Państw. Inst. Geol., Warszawa.
- LIS J., PASIECZNA A., 1995b – Atlas geochemiczny Górnego Śląska w skali 1: 200 000. Państw. Inst. Geol., Warszawa.
- LIS J., PASIECZNA A., 1997 – Anomalie geochemiczne Pb-Zn-Cd w glebach na Górnym Śląsku. *Prz. Geol.*, **45**, 2: 182–189.
- LIS J., PASIECZNA A., 1999 – Szczegółowa mapa geochemiczna Górnego Śląska 1: 25 000. Promocyjny arkusz Sławków. Państw. Inst. Geol., Warszawa.
- MACHOWSKI R. 2010 – Przemiany geosystemów zbiorników wodnych powstałych w nieckach osiadania na Wyżynie Katowickiej. *Pr. Nauk. UŚl.*, **2811**.
- MOCEK A., DRZYMAŁA S., MASZNER P., 2000 – Geneza, analiza i klasyfikacja gleb. AR, Poznań.
- NOCOŃ W., 2009 – Metale ciężkie w osadach dennych wybranych dopływów rzeki Kłodnicy. *Inż. Ochr. Środ.*, **12**, 1: 65–76.
- NOCOŃ W., KOSTECKI M., 2005 – Hydro-chemical characteristic of the Bytomka River. *Arch. Environ. Protect.*, **31**, 1: 31–42.
- NOCOŃ W., KOSTECKI M., KOZŁOWSKI J., 2006 – Charakterystyka hydrochemiczna rzeki Kłodnica. *Ochr. Środow.*, **28**, 3: 39–44.
- OCENA stanu jakości wód na podstawie badań prowadzonych w ramach Państwowego Monitoringu Środowiska w cyklu pomiarowym 2010–2012. WIOŚ. Katowice. [www.katowice.pios.gov.pl](http://www.katowice.pios.gov.pl)
- OLKUSKI T., STALA-SZLUGAJ K., 2009 – Występowanie pierwiastków promieniotwórczych w węglach kamiennych pochodzących z GZW, w skałach przywęglowych, w wodach kopalnianych oraz w odpadach. *Gosp. Surow. Miner.*, **25**, 1: 5–17.
- PAULO A., STRZELSKA-SMAKOWSKA B., 2000 – Rudy metali nieżelaznych i szlachetnych. Wyd. AGH, Kraków.
- PONE. Program Ograniczania Niskiej Emisji na terenie Miasta Zabrze, załącznik nr 1, 2013. [http://www.um.zabrze.pl/sites/default/files/attach/Uchwala\\_XLIII\\_627\\_13\\_0.pdf](http://www.um.zabrze.pl/sites/default/files/attach/Uchwala_XLIII_627_13_0.pdf)
- PSZONKA J., 2007 – Charakterystyka zagrożenia zapadliskowego w niecce bytomskiej na terenach historycznej eksploatacji rud metali w świetle warunków geologicznych i górniczych. Warsztaty 2007 z cyklu: Zagrożenia naturalne w górnictwie: 1117–1136.
- RAPORT o stanie środowiska w województwie śląskim w 2013 roku. WIOŚ, Katowice.
- ROZPORZĄDZENIE Ministra Środowiska z dnia 9 września 2002 r. w sprawie standardów jakości gleby oraz standardów jakości ziemi. DzU Nr 165, poz. 1359.
- ROZPORZĄDZENIE Ministra Środowiska z dnia 22 października 2014 r. w sprawie sposobu klasyfikacji stanu jednolitych części wód powierzchniowych oraz środowiskowych norm jakości dla substancji priorytetowych. DzU poz. 1482.

- RÓŹKOWSKA A., PTAK B., 1995a – Bar w węglach kamiennych Górnego Śląska. *Prz. Geol.*, **43**, 3: 223–226.
- RÓŹKOWSKA A., PTAK B., 1995b – Atlas geochemiczny złóż węgla kamiennego Górnośląskiego Zagłębia Węglowego. Państw. Inst. Geol., Warszawa.
- RUDZKIE hałdy w katalogu.  
<http://rudaslaska.com.pl/i.rudzkie-haldy-w-katalogu,200274,1104816.html>
- RYŻAK M., BARTMIŃSKI P., BIEGANOWSKI A., 2009 – Metody wyznaczania rozkładu granulometrycznego gleb mineralnych. *Acta Agrophysica*, **175**, 4: 1–79.
- RYŻAK M., WALCZAK R.T., NIEWCZAS J., 2004 – Porównanie rozkładu granulometrycznego cząstek glebowych metodą dyfrakcji laserowej i metodą sedymentacyjną. *Acta Agrophysica*, **4**, 2: 509–518.
- SALMINEN R. (red.), 2005 – Geochemical Atlas of Europe. Part 1. Geological Survey of Finland. Espoo.
- SMOLIŃSKI A., 2006 – Gospodarka zasolonymi wodami kopalnianymi. *Pr. Nauk. GIG. Górn. Środow.*, 1: 5–15.
- STUDIUM uwarunkowań i kierunków zagospodarowania przestrzennego miasta Zabrze. Uwarunkowania zagospodarowania przestrzennego. Tom I/III (załącznik Nr 1), 2011.  
<http://www.bip.um.zabrze.pl/engine//bip/8/304/rel/305/107822/43910>
- STUDIUM uwarunkowań i kierunków zagospodarowania przestrzennego miasta Ruda Śląska. Uwarunkowania zagospodarowania przestrzennego. Tom I/II, 2014. <http://www.rudaslaska.bip.info-pl/dokument.php?iddok=42385&str=39>
- SZPADT R. (red.), 1994 – Zanieczyszczenie środowiska rtęcią i jej związkami. Bibl. Monitoringu Środowiska, Warszawa.
- SZUFLICKI M., MALON A., TYMIŃSKI M. (red.), 2014 – Bilans zasobów złóż kopalin w Polsce wg stanu na 31 XII 2013 r. Państw. Inst. Geol. Warszawa.
- WILANOWSKI S., KRIEGER W., ŻABA M., 2009 – Objasnienia do Szczegółowej Mapy Geologicznej Polski w skali 1:50 000, ark. Zabrze (942). Państw. Inst. Geol. Warszawa.
- WITCZAK S., ADAMCZYK A., 1994 – Katalog wybranych fizycznych i chemicznych wskaźników zanieczyszczeń wód podziemnych i metod ich oznaczania. T. 1. Bibl. Monitoringu Środowiska, Warszawa.
- WYCZÓŁKOWSKI J., 1957 – Szczegółowa Mapa Geologiczna Polski w skali 1:50 000, ark. Zabrze. Wyd. Geol., Warszawa.
- WYNIKI badań wód powierzchniowych – rzeki, 2012 rok. [www.katowice.pios.gov.pl](http://www.katowice.pios.gov.pl)
- ZAKŁADY Górnicze Siltech Sp. z o.o. [www.zgsiltech.pl](http://www.zgsiltech.pl)
- ZABYTKOWA Kopalnia Guido. <http://www.kopalniaguido.pl/historia>
- ZAPOTOCZNA-SYTEK G., ŁASKAWIEC K., GEMBAROWSKI P., MAŁOLEPSZY J., SZYMCZAK J., 2013 – Popioły lotne nowej generacji do produkcji autoklawizowanego betonu komórkowego. Inst. Ceramiki i Mat. Budow., Warszawa.