



Sozologia we współczesnych naukach o Ziemi i praktyce gospodarczej – wybrane aspekty

Andrzej Gałaś¹, Anna Abramowicz², Slávka Gałaś³,
Alicja Kot-Niewiadomska¹, Magdalena Misz-Kennan²



A. Gałaś



A. Abramowicz



S. Gałaś



A. Kot-
-Niewiadomska



M. Misz-
-Kennan

Sozology in contemporary earth sciences and economic practice – selected aspects. Prz. Geol., 70: 826–833.

Abstract. Known mostly in Poland, formulated by Prof. W. Goetel, the science – called sozology perfectly corresponds to today's pro-environmental activities developing worldwide. Sozology combines both concern for the precious values of primeval nature and the management of areas transformed by man. It includes civilization changes, climate change, and access to natural resources. The article discusses four main research directions: 1) protection of the natural environment and mineral resources, 2) rational spatial management, 3) post-exploitation management of industrial areas, 4) analysis and prevention of environmental changes. The authors point to the need to integrate specialists from various fields who can jointly solve environmental problems.

Keywords: sozology, environmental changes, rational spatial management, prevention

W ostatnich latach geologia złożowa oraz sektor wydobywczy i przetwórstwa surowców mineralnych w Polsce znalazły się pod presją różnych działań środowiskowych, które wynikają m.in. z przyjęcia przez polski rząd międzynarodowych traktatów i agend. Główne kierunki działania – poprzez włączenie się do ogólnoswiatowego nurtu – to zapobieganie degradacji środowiska oraz ograniczenie wykorzystania surowców mineralnych, w tym paliw kopalnych, w związku z wpływem ich spalania na klimat. W tym kontekście do najważniejszych dokumentów należą: *Program działań z Nairobi ws. oddziaływania, wrażliwości i adaptacji do zmian klimatu* (UNFCCC, 2006), *Biała Księga – Adaptacja do zmian klimatu: europejskie ramy działania* (EC, 2009), *Gospodarka o obiegu zamkniętym* (EC, 2020), *Przekształcamy nasz świat: Agenda 2030 na rzecz zrównoważonego rozwoju* (UN, 2015), *Europejski Zielony Ład* (EC, 2019) oraz *Budując Europę odporną na zmianę klimatu – nowa strategia w zakresie przystosowania do zmiany klimatu* (EC, 2021). Oprócz popularnej w Polsce, od wielu lat i przyjmowanej ze zrozumieniem, idei zrównoważonego rozwoju, Komisja Europejska zobligowała nasz

kraj do ograniczania emisji CO₂ poprzez rozwój odnawialnych źródeł energii oraz do zapobiegania zmianom klimatu. Wymusza to zmiany w wielu aspektach gospodarki surowcami mineralnymi, włącznie z rezygnacją z aktywności górniczej lub przetwórczej w obszarze kopalnych surowców energetycznych. Wynikają z tego oczywiste wyzwania dla polskiej geologii podstawowej, które zostały zaprezentowane m.in. przez prof. J. Matyszkiewicza podczas uroczystych obchodów 100-lecia Polskiego Towarzystwa Geologicznego w Krakowie (18 maja 2022 r.). Marks i Józwiak (2020) wskazują na wyzwania w obszarze kartografii geologicznej, Tarkowski (2021) w zakresie rozwoju paliw alternatywnych, a Nieć (2022) na zmiany w zasadach dokumentowania złóż kopalni, co jest elementem gospodarki surowcami mineralnymi i bezpieczeństwa energetycznego.

Autorzy niniejszego artykułu pragną przedstawić możliwości rozszerzenia kompetencji geologów o sozologię, która wydaje się idealnie wpasowywać w przyjęte kierunki rozwoju Polski i Europy. Sozologia jest bowiem nauką o interdyscyplinarnym charakterze (Dołęga, 2006;

¹ Instytut Gospodarki Surowcami Mineralnymi i Energią, Polska Akademia Nauk, ul. Wybickiego 7A, 31–261 Kraków; agalas@min-pan.krakow.pl; a.kn@min-pan.krakow.pl

² Wydział Nauk Przyrodniczych, Uniwersytet Śląski w Katowicach, ul. Będzińska 60, 41–200 Sosnowiec; anna.abramowicz@us.edu.pl; magdalena.misz@us.edu.pl

³ Wydział Geologii, Geofizyki i Ochrony Środowiska, Akademia Górniczo-Hutnicza im. Stanisława Staszica w Krakowie, al. A. Mickiewicza 30, 30–059 Kraków; sgalas@agh.edu.pl

Gawor, 2013) – badając skutki degradacji środowiska i poszukując form jego ochrony, jest ściśle powiązana z wieloma pokrewnymi naukami, w tym m.in. z geologią. Sozologia jako nauka zajmuje się podstawami ochrony przyrody i jej zasobów oraz zapewnieniem trwałości ich użytkowania (Goetel, 1972). Autorzy bazując na doświadczeniu Sekcji Sozologii Polskiego Towarzystwa Geologicznego (Paulo, 2022), uznali, że geolodzy powinni podjąć następujące tematy: 1) ochrona środowiska przyrodniczego i zasobów mineralnych, 2) racjonalna gospodarka przestrzenna, 3) zagospodarowanie poeksploatacyjne terenów przemysłowych, 4) analiza i przeciwdziałanie zmianom środowiska.

OCHRONA ZASOBÓW MINERALNYCH I ŚRODOWISKA PRZYRODNICZEGO

Polska jest liczącym się na międzynarodowych rynkach producentem surowców mineralnych: węgla kamiennego i koksowego, miedzi, srebra oraz siarki (Galos, Lewicka, 2021; Galos i in., 2021). O dobrej kondycji krajowego przemysłu wydobywczego świadczy prowadzona na szeroką skalę eksploatacja wielu kopalni niemetalicznych (kruszywa mineralne, sól kamienna, wapnienie), co uniezależnia nasz kraj od ich importu z zagranicy. Aby utrzymać i rozwijać sektory oparte na surowcach mineralnych ważne jest utrzymanie i poszerzenie bazy zasobowej (Kot-Niewiadomska i in., 2021). W tym celu od wielu lat postulowane jest prowadzenie na poziomie administracji państwowej ochrony złóż kopalni, rozumianej jako właściwe (nieograniczające dostępu) zagospodarowanie powierzchni nad złożem (Goetel, 1972; Rubinowski, 1978; Nieć, Radwanek-Bąk, 2014). Obecnie ochronę złóż ma zapewnić ich ujawnienie w dokumentach planistycznych gminy (*Prawo geologiczne i górnicze*; Ustawa, 2011): studium uwarunkowań i kierunków zagospodarowania przestrzennego oraz w miejscowym planie zagospodarowania przestrzennego (Kozłowska i in., 2015; Gałaś i in., 2021).

O tym, że taka formalna ochrona jest niewystarczająca świadczą liczne przykłady zasobów utraconych wskutek niewłaściwego zagospodarowania powierzchni terenu nad złożem. Przykładowo, zakończenie w Polsce w 2021 r. eksploatacji rud Zn-Pb było rezultatem wyczerpania zasobów ostatniego zagospodarowanego złoża Olkusz-Pomorzany. Natomiast pozostałe w *Bilansie zasobów złóż kopalni w Polsce wg stanu na 31 XII 2021 r.* (Szufflicki i in., 2022) udokumentowane złoża tych rud (w tym złoża Zawiercie 3, Zawiercie 1) nie mogą być udostępnione ze względu na konflikty w obszarze gospodarki przestrzennej (np. budowa osiedli mieszkaniowych na powierzchni złoża, przewidywane oddziaływanie na środowisko).

Jednocześnie geolodzy – jako dokumentujący przydatność gospodarczą złóż – są w pewien sposób odpowiedzialni za szkody jakie ich (złóż) eksploatacja powoduje w środowisku przyrodniczym. Szkody mogą polegać np. na przekształcaniach powierzchni terenu, wytworzeniu leja depresji lub emisji hałasu i zanieczyszczeń. Ponieważ geolodzy najlepiej rozumieją przestrzenne i środowiskowe aspekty złoża, opisane w dokumentacji geologicznej, powinni aktywnie uczestniczyć w ocenie oddziaływania udostępnienia górniczego i eksploatacji na środowisko. Prognozowanie zasięgu oddziaływań może pozwolić na

skuteczną ochronę zasobów przyrody lub – gdy to niemożliwe – na zaproponowanie działań kompensacyjnych. Racjonalną może też być decyzja o uznaniu złoża kopaliny za bardzo konfliktowe i skreśleniu go z *Bilansu zasobów złóż kopalni...* (Nieć, Radwanek-Bąk, 2014). Uciążliwe dla środowiska jest zarówno górnictwo podziemne, jak i odkrywkowe czy otworowe, każde w swoisty sposób. W świetle Rozporządzenia Ministra Środowiska z dnia 20 grudnia 2011 r. w sprawie szczegółowych wymagań dotyczących projektów robót geologicznych, w tym robót, których wykonywanie wymaga uzyskania koncesji (Rozporządzenie, 2011, § 5), geolodzy są zobligowani do projektowania prac w górotworze i oceny szkodliwości tych działań dla środowiska. Szczególnie ważne jest ograniczanie szkód na wrażliwych obszarach środowiska przyrodniczego, zwłaszcza chronionych jako rezerваты przyrody i parki krajobrazowe. Geolodzy rzadko uczestniczą w procedurach oceny oddziaływania na środowisko (OOS), a byłiby w takim przypadku aktywnymi uczestnikami procesu ochrony środowiska przyrodniczego.

Innym ważnym zadaniem geologów jest ochrona dziedzictwa geologicznego, którego miarą jest georóżnorodność (Nieć, Radwanek-Bąk, 2019; Urban i in., 2021). Szczegółowe rozpoznanie geologiczne powierzchni pozwala na wskazanie obiektów, które eksponują informacje z zakresu nauk o Ziemi. Zgodnie z definicją (Brocx, Semeniuk, 2007) dziedzictwo geologiczne to profile geologiczne, odsłonięcia skalne, minerały, formy, a czasami także obszary, gdzie procesy geologiczne pozwalają odtworzyć budowę Ziemi, ewolucję życia i zmiany środowiska. Oprócz naukowców mają przyciągnąć szeroki krąg ludzi, by poprzez fascynację abiotyczną przyrodą zrozumieli potrzebę koegzystencji człowieka i tych zasobów. Naturalnymi „afiszami” dziedzictwa geologicznego są geostanowiska, którymi są miejsca lub obszary wytypowane, opisane i zwaloryzowane. W Polsce ustanowiono wcześniej kategorię stanowisko dokumentacyjne przyrody nieożywionej jako formę ochrony. Eksploatacja górnicza nieraz odsłania także tajemnice skryte pod ziemią i dlatego dawne tereny górnicze często stają się ważną atrakcją w geoparkach (np. w Geoparkach UNESCO: Łuk Mużakowa na pograniczu polsko-niemieckim lub Karawanki (Karawanken) na pograniczu austriacko-słoweńskim). W nieczynnych kopalniach są uruchamiane trasy turystyczne, które umożliwiają poznanie tajemnic eksploatacji górniczej.

Główne zadanie geoparków to promocja chronionej georóżnorodności i rozwój gospodarczy regionu w oparciu o geoturystykę (Słomka, Kicińska-Świdarska, 2004). Rada Globalnej Sieci Geoparków UNESCO obejmującej 177 obszarów w 46 krajach, podkreśla, że zadaniem geoparków jest też promocja życia z poszanowaniem zasobów przyrody (Rosado-González i in., 2020). Doświadczenia zebrane w naszym kraju (Trela, Złonkiewicz, 2009; Alexandrowicz, Miśkiewicz, 2016) pozwalają przypuszczać, że oprócz kontynuacji dokumentowania georóżnorodności i dziedzictwa geologicznego w Polsce, możemy prowadzić badania w tym kierunku na całym świecie (Gałaś i in., 2018a; Migoń, Maia, 2020). Odpowiednim przykładem są polskie osiągnięcia w tej dziedzinie w Peru, będące rezultatem Polskiej Wyprawy Naukowej do Peru (Paulo, Gałaś, 2011). Należy wyraźnie podkreślić, że w krajach rozwijających się problemy ochrony środowiska i przyrody są spychane na dalszy plan lub nadal kojarzone z ograniczaniem rozwoju

ju gospodarczego. W przypadku Geoparku UNESCO Colca i Wulkany Andagua (Colca y Volcanoes de Andagua Geopark) (ryc. 1; więcej zdjęć – okładka numeru i str. 843) ideą przewodnią polskich geologów była: ocena georóżnorodności i waloryzacja geodziejstwa, ochrona unikalnych walorów i postulat zrównoważonego rozwoju gospodarczego (ryc. 2). Ustanowienie wspomnianego geoparku jest obecnie traktowane w Peru jako szansa na rozwój społeczno-gospodarczy regionu, przez przyciągnięcie większej grupy turystów zafascynowanych krajobrazem i naukami o Ziemi. Jednocześnie przynależność do Globalnej Sieci Geoparków UNESCO zmusza zarząd geoparku do działań zgodnych z ochroną środowiska i dziedzictwa geologicznego (redukcja działań zagrażających przyrodzie, podnoszenie świadomości ekologicznej mieszkańców regionu i odwiedzających geopark turystów itp.).

Krajobrazy kulturowe są uważane za połączone dzieła natury i człowieka, które odzwierciedlają długotrwałe interakcje człowieka z naturą i podlegają ciągłym zmianom (Aplin, 2007). Historyczne krajobrazy pogórnice, które odślaniają dziedzictwo geologiczne, po wpisaniu ich na listę światowego dziedzictwa UNESCO w kategorii krajobrazów kulturowych, mają zapewniony międzynarodowy instrument prawny do ich ochrony (Tost i in., 2021). Europejska lista krajobrazów kulturowych wpisanych na listę UNESCO obejmuje 43 lokalizacje, z czego 4 są związane z działalnością górnictwem (Brumann, Gfeller, 2022). Na Liście Światowego Dziedzictwa UNESCO w Polsce znajdują się obiekty związane z górnictwem:

- Krzemionkowski region prehistorycznego górnictwa krzemienia pasiastego,
- Królewskie Kopalnie Soli w Wieliczce i Bochni,
- Kopalnia rud ołowiu, srebra i cynku wraz z systemem gospodarowania wodami podziemnymi w Tarnowskich Górach.

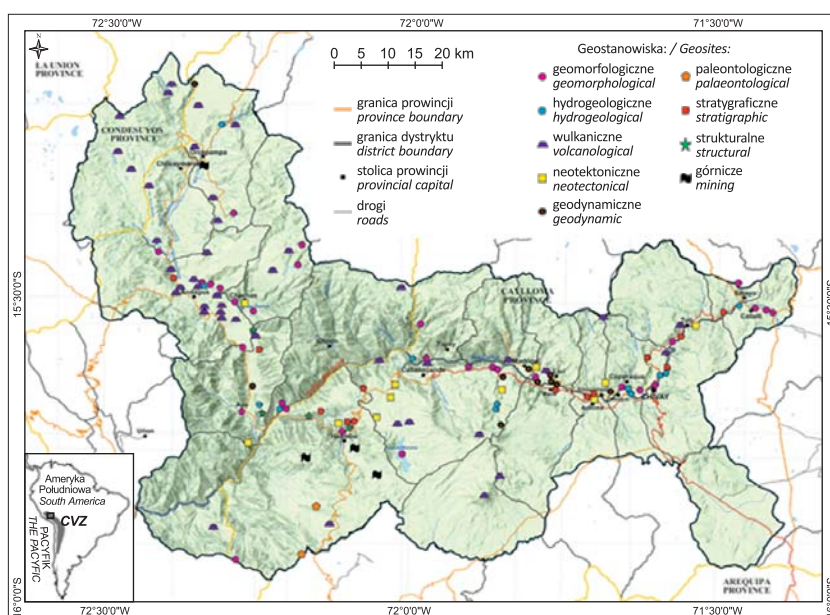
RACJONALNE PLANOWANIE I GOSPODARKA PRZESTRZENNA

Współczesny rozwój gospodarczy, któremu towarzyszy rozwój miast i infrastruktury, przyspieszył degradację środowiska i spowodował, że pojęcie „racjonalna gospodarka przestrzenna” ma coraz większe znaczenie.

Szeroki zakres zagadnień sozologii pokrywa się z zadaniami planowania przestrzennego, którego celem jest przede wszystkim racjonalne wykorzystanie potencjału środowiska oraz przestrzeni, w zgodzie z interesem społecznym, ekonomicznym oraz środowiskowym. Współczesne wyzwania i problemy w planowaniu przestrzennym koncentrują się na przestrzeni zurbanizowanej. Szacuje się, że obecnie ponad połowa populacji ludzkiej mieszka w miastach, a liczba ta stale rośnie (UN, 2019). Wiąże się to ze wzrastającym zapotrzebowaniem na dostępną przestrzeń, adaptacją polityki przestrzennej miast do zmian klimatycznych (IETU,

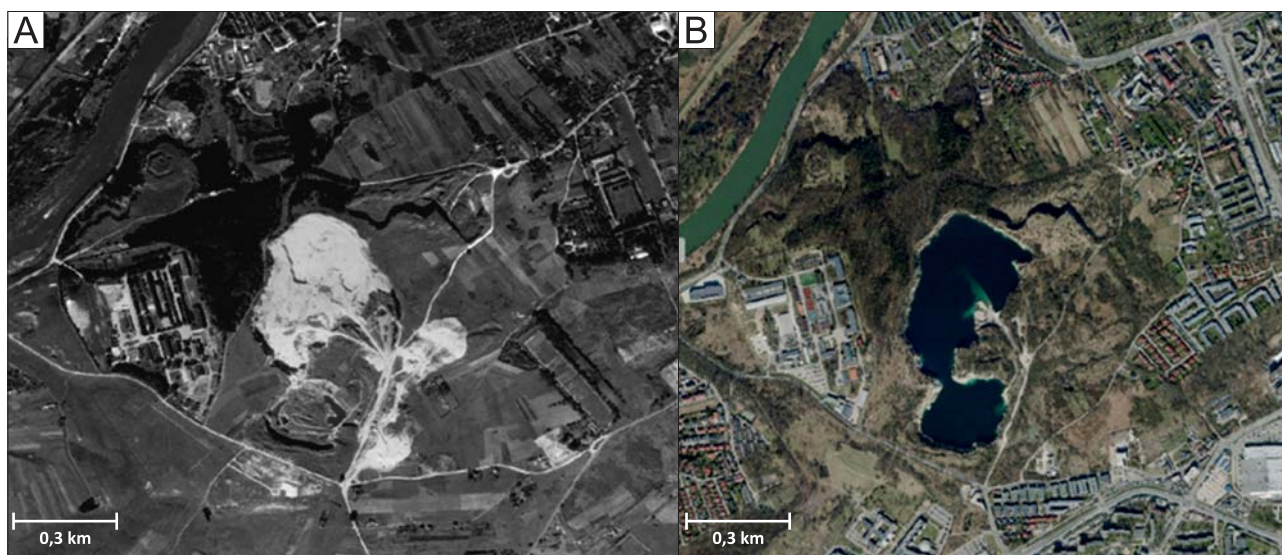


Ryc. 1. Ścieżka na dno najgłębszego kanionu na świecie w Geoparku UNESCO Colca i Wulkany Andagua. Fot. A. Gałaś
Fig. 1. Path to the bottom of the world's deepest canyon in the Colca and Andagua Volcanoes UNESCO Geopark. Photo by A. Gałaś



Ryc. 2. Mapa geostanowisk w Geoparku UNESCO Colca i Wulkany Andagua w Peru (Gałaś i in., 2018b)

Fig. 2. Map of geosites in the Colca and Volcanoes de Andagua UNESCO Global Geopark in Peru (Gałaś et al., 2018b)



Ryc. 3. Zmiany użytkowania terenu w otoczeniu kamieniołomu – zbiornika wodnego Zakrzówek w Krakowie, ortofotomapa: **A** – 1970 r., **B** – 2020 r. (MSIP, dostęp maj 2022)

Fig. 3. Change in land use in the vicinity of the quarry – the Zakrzówek water reservoir in Kraków, orthophotomap: **A** – 1970, **B** – 2020 (MSIP, accessed May 2022)

2019; Gałaś i in., 2020) oraz wdrażaniem celów zrównoważonego rozwoju. Coraz częściej zachodzi więc konieczność zarządzania przestrzenią podziemną obszarów zurbanizowanych w kierunku m.in. ich zagospodarowania jako parkingów, terenów infrastruktury komunikacyjnej, technicznej czy np. magazynów energii i paliw. Również odpowiednie zarządzanie terenami przemysłowymi może stworzyć znaczący potencjał dla ponownego ich zagospodarowania. Specjaliści potrafiący wykorzystać, przetwarzać i modelować dane przestrzenne, w tym dane geologiczne, stali się niezbędni przy powstawaniu projektów zagospodarowania przestrzeni podziemnych oraz antropogenicznie przekształconych. Potrzebni są szczególnie przy wstępnych ekspertyzach np. inżyniersko-geologicznych, badaniach wód gruntowych, identyfikacji geozagrożeń, czy pozyskiwaniu surowców budowlanych i energetycznych oraz wykorzystaniu energii geotermalnej. Ich wkład w prace przygotowawcze i planistyczne przekłada się na racjonalne wykorzystanie przestrzeni i dostępnych zasobów środowiska.

Należałoby podjąć kroki, aby geolodzy byli włączani w prace nad dokumentacjami planistycznymi oraz rozwojowymi, a zakres ich kompetencji był większy niż opinowanie. Obecnie te opracowania są w głównej mierze przygotowywane przez urzędników, urbanistów miejskich oraz architektów. Sozologiczne podejście dodatkowo mogłoby się sprowadzać do zwiększenia zachowania georóżnorodności, ochrony i racjonalnej gospodarki zasobami przyrodniczymi (przestrzeni, kopalin, wód) oraz zabezpieczenia potencjalnych geostanowisk.

ZAGOSPODAROWANIE POEKSPLOATACYJNE TERENÓW PRZEMYSŁOWYCH

Zagospodarowanie obszarów poeksploatacyjnych jest często niemałym wyzwaniem. Nie musi się jednak zawsze wiązać z zupełną likwidacją powstałych obiektów antropogenicznych, które dzięki swojej długiej historii, często wpięły się w istniejący krajobraz. Wprowadzanie nowych



Ryc. 4. Budowa kąpieliska w kamieniołomie Zakrzówek w centrum Krakowa, 2022 r. Fot. A. Kot-Niewiadomska

Fig. 4. Construction of a swimming pool in the Zakrzówek quarry in the centre of Kraków in 2022. Photo by A. Kot-Niewiadomska, 2022

inwestycji z wykorzystaniem obecnych walorów przyrodniczych, krajobrazowych i kulturowo-historycznych umożliwi w przystępny sposób uzyskanie wielofunkcyjnej przestrzeni, która stanowi priorytet w nowoczesnej urbanistyce. Doskonałym tego przykładem może być kamieniołom Zakrzówek na terenie Krakowa (ryc. 3 i 4). Przez wiele lat po zakończeniu jego eksploatacji (w 1992 r.) inicjowane kierunki zagospodarowania wzbudzały kontrowersje wśród naukowców, przyrodników, ekologów, a także mieszkańców Krakowa. Obecnie realizowany projekt zagospodarowania pozwala zachować wszystkie jego walory przyrodnicze i historyczne. Celem jest stworzenie warunków przestrzennych dla prawidłowego funkcjonowania obszaru, jego dalszego kontrolowanego i zrównoważonego zagospodarowania na podstawie zasad ładu przestrzennego. Zadaniem szczegółowym planu jest umożliwienie wykorzystania tego rejonu na publiczne cele rekreacyjne, wypo-

czynkowe i sportowe, przy uwzględnieniu jego walorów przyrodniczych, historycznych i krajobrazowych.

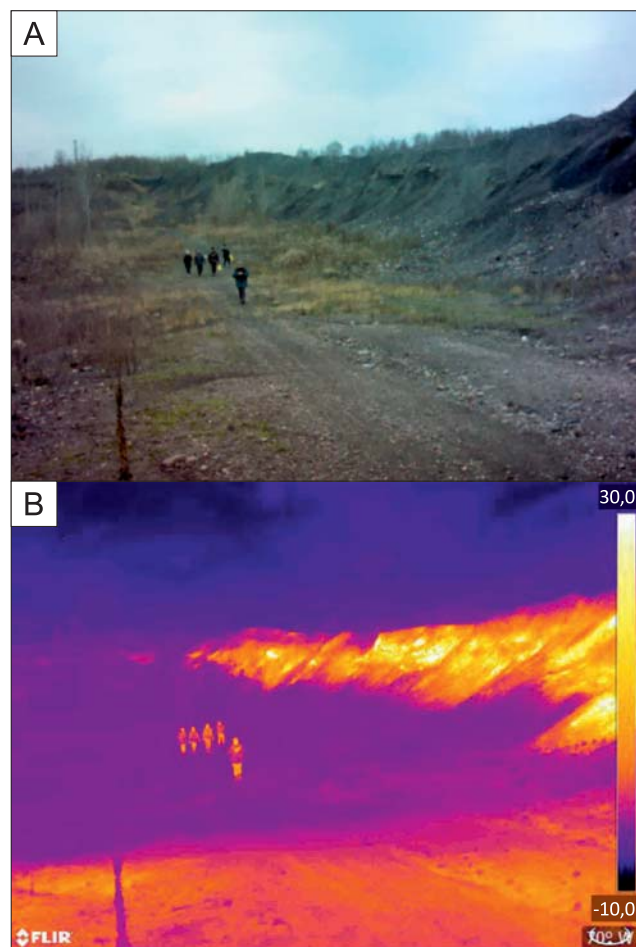
Szczególnie trudnym problemem planistycznym są miejsca składowania odpadów poeksploatacyjnych. Tereny te, często znajdujące się w bardzo atrakcyjnych lokalizacjach, mogą być wykorzystane pod lokalne inwestycje. Wymagają one jednak najpierw odpowiedniego zabezpieczenia obiektu i eliminacji potencjalnych zagrożeń (m.in. samozagrzewania, emisji gazów, zapylenia, odcieków). Zabezpieczenie powierzchni zwałowisk mogą być zaadaptowane do pełnienia licznych funkcji, w tym: rekreacyjnej, turystycznej, przyrodniczej, kulturowej czy usługowej. Trend zagospodarowywania terenów składowania odpadów jest szczególnie widoczny w zrestrukturyzowanych zagłębiach węglowych, w tym m.in. w Zagłębiu Ruhry w Niemczech, gdzie dawne hałdy to obecnie miejsca wydarzeń kulturalnych i sportowych, punkty widokowe i obiekty rekreacyjne (Chmielewska, 2018). Podobne działania – jednak na znacznie mniejszą skalę – mają miejsce na terenie Górnego Śląska (np. Święto Górnos Śląsko-Zagłębiowskiej Metropolii na hałdzie Skalny, utworzenie ogrodu zen na hałdzie w Kostuchnie – obecnie dzielnica Katowic, Runmageddon Silesia Hałdy), którego jakość i kształt przestrzeni są od lat determinowane działalnością górnictwa i przetwórczą. Na tym obszarze w przeszłości działało ok. 100 kopalń węgla kamiennego, które deponowały materiał odpadowy na licznych składowiskach, z których do dziś zostało ok. 200. Ograniczone możliwości sprzedaży i wtórnego wykorzystania odpadów przyczyniają się do tego, iż kopalnie poszukują alternatywnych kierunków zagospodarowania tych składowisk. W wielu przypadkach jest to budowa brył krajobrazowych na podstawie pozwolenia budowlanego (Kot-Niewiadomska, Kamyk, 2016). Głównym celem podejmowanych działań jest lub będzie w przyszłości przystosowanie kształtowanych przez lata brył do pełnienia nowych funkcji rekreacyjno-sportowych lub parkowych. Towarzyszące zagospodarowaniu uporządkowanie i powiększenie obszarów pokrytych zielenią ułatwi stworzenie nowej przestrzeni wypoczynkowej, a właściwe wykorzystanie potencjału miejsca i jego charakterystycznych elementów może się przyczynić do stworzenia nowych symboli miasta.

ANALIZA ZMIAN ŚRODOWISKA I PRZECIWDZIAŁANIE

Obszary związane z eksploatacją i przeróbką węgla oraz rud, mimo iż stanowią miejsca o dużym potencjale rozwojowym, wymagają dokładnych analiz środowiskowych, co jest związane z bliskością występowania osiedli mieszkalnych oraz licznych składowisk odpadów pogórnictwa (Abramowicz i in., 2021). Składowiska odpadów powęglowych ciągle ulegają samozagrzewaniu, emitując znaczne ilości zanieczyszczeń pyłowych i gazowych, co dało im nazwę śląskich wulkanów (Niesporek, 2019). Dodatkowo na Górnym Śląsku i innych terenach przemysłowych składowiska często zawierają materiał pochodzący z różnych źródeł, np. skały płonne separowane podczas eksploatacji i wzbogacania węgla kamiennego, żużle powstające przy wytopie metali oraz odpady z innych gałęzi przemysłu. Zwałowiska były często lokalizowane w zagłębieniach terenu, bez wcześniejszej izolacji, stwarzając tym

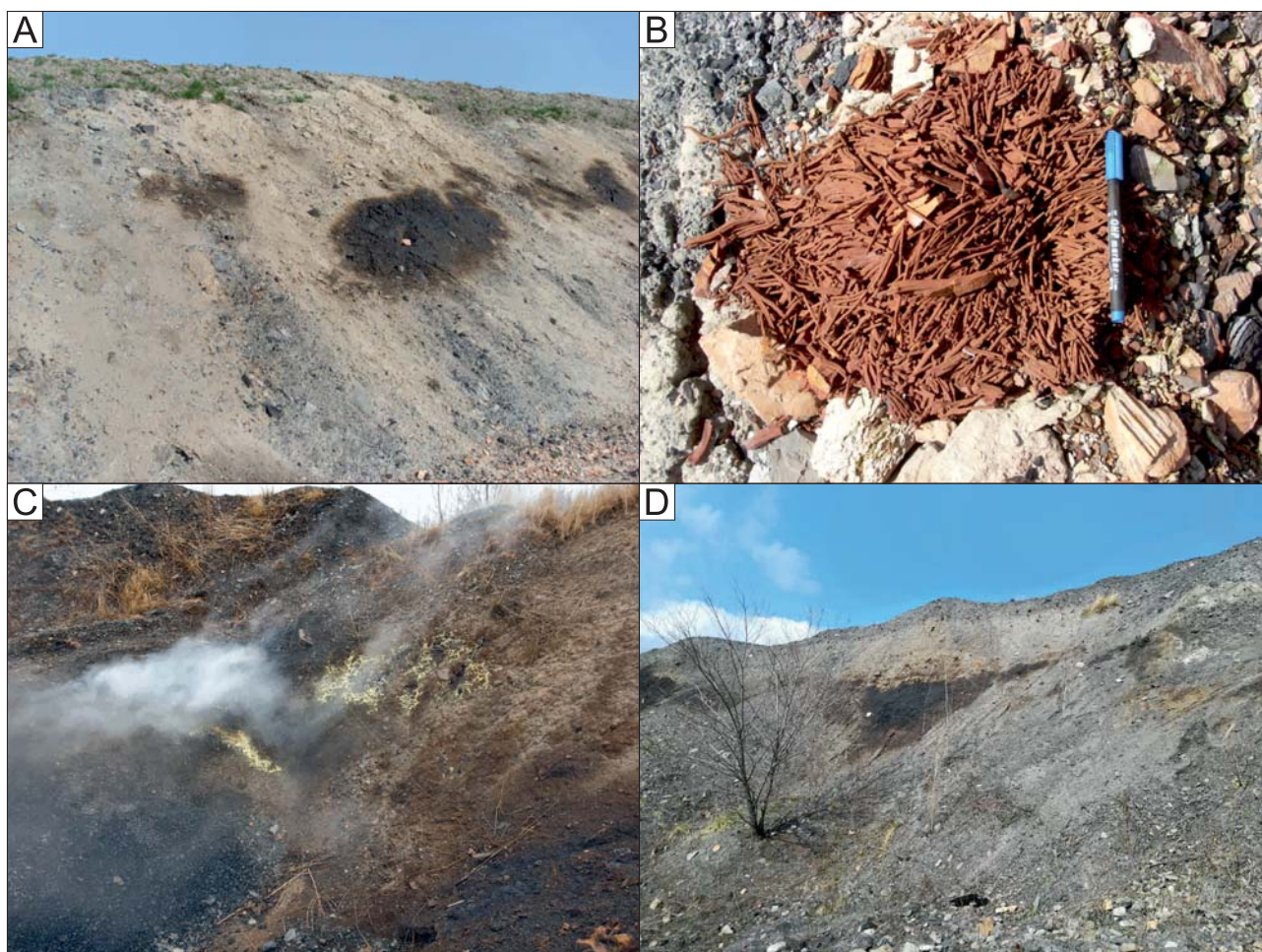
samym zagrożenie dla wód podziemnych i gleb (Wójcik, 2006).

Obecnie zwraca się bardzo dużą uwagę na zmniejszenie oddziaływania tych składowisk na środowisko przyrodnicze. Zwałowiska są monitorowane poprzez punktowe pomiary temperatury na i pod powierzchnią terenu składowisk ulegających samozagrzewaniu. Prowadzone są również badania termiczne z wykorzystaniem kamery termowizyjnej (ryc. 5). Obserwacje terenowe obejmują m.in. obecność emisji gazów, w tym zawierających węglowodory łatwo rozpoznawalne po charakterystycznym zapachu, zmiany roślinności, obecność miejsc szczególnie suchych lub wilgotnych, występowanie plam spowodowanych wydzielaniem węglowodorów (ryc. 6) (Fabińska i in., 2013; Abramowicz, Chybiorz, 2019; Nádudvari i in., 2021). Oprócz monitoringu prowadzone są analizy laboratoryjne obejmujące badanie odpadów stałych, gazów i pyłów oraz wód (Ciesielczuk i in., 2014; Fabińska i in., 2019; Lewińska-Preis i in., 2021). W stałych odpadach jest określany ich skład mineralny i chemiczny oraz zawartość poszczególnych składników organicznych. Analizy gazów obejmują określenie zawartości m.in. CO, CO₂, CH₄, lotnych związków organicznych. Istotnym elementem są badania pyłów, ich składu mineralnego, chemicznego, zaabsorbowanych związków organicznych (Rachwał i in., 2020).



Ryc. 5. Zwałowisko odpadów po eksploatacji węgla kamiennego w Bytomiu (3.12.2021 r.): **A** – obraz w świetle widzialnym, **B** – obraz w podczerwieni [°C]. Fot. A. Abramowicz

Fig. 5. Coal-waste dump in Bytom (03/12/2021): **A** – visible light image, **B** – infrared image [°C]. Photo by A. Abramowicz



Ryc. 6. Palące się zwałowiska z obszaru Górnośląskiego Zagłębia Węglowego: **A, B** – Rybnik (2016); **C, D** – Bytom (2022). Fot. M. Misz-Kennan

Fig. 6. Burning coal-waste dumps in the Upper Silesian Coal Basin: **A, B** – Rybnik (2016); **C, D** – Bytom (2022). Photo by M. Misz-Kennan

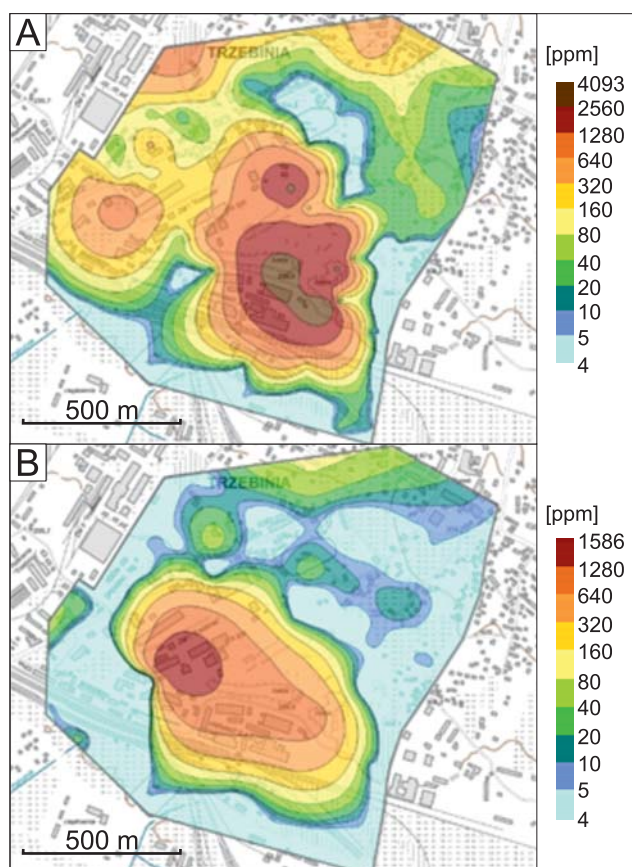
Badania te umożliwiają opisanie właściwości zdeponowanego materiału oraz prześledzenie dynamiki procesów wietrzenia i samozagrzewania w składowiskach odpadów powęglowych.

Na podstawie zebranych informacji można określić wpływ tych składowisk na poszczególne elementy środowiska naturalnego oraz znaleźć sposoby na zmniejszenie ich uciążliwości środowiskowej. Ich przetwarzanie i wizualizacja zgromadzonych daje możliwość wyznaczenia kierunków wykorzystania zgromadzonych odpadów oraz zagospodarowania zmienionych antropogenicznie elementów środowiska, np. składowisk powęglowych. Pozyskane informacje pozwalają również na określenie negatywnego wpływu tych składowisk na środowisko, w tym na zdrowie ludzi, związanego m.in. z procesami samozagrzewania i emisją zanieczyszczeń gazowych i pyłowych. Mogą być wykorzystane do wdrażania polityki środowiskowej oraz prowadzenia zintegrowanych programów badawczych.

Geolodzy, jako przyrodnicy, powinni być aktywniej włączani we wprowadzanie systemów monitoringu, w szczególności na terenach poeksploatacyjnych, w tym na obszarach składowania odpadów. Ich wkład może być szczególnie cenny w przypadku interpretacji wyników pomiarowych i identyfikacji zagrożeń środowiskowych. Wczesne ich rozpoznanie może przynieść wymierne korzyści związane przede wszystkim z ograniczeniem szkód.

Dawna działalność wydobywcza i przetwórcza, po której – na pierwszy rzut oka – w krajobrazie nie pozostały już żadne ślady, niejednokrotnie na wiele lat pozostawiła dowody swojego istnienia w środowisku przyrodniczym. Bardzo często objawiają się one zmianami chemizmu gleb i wód podziemnych. Szczegółowe ich rozpoznanie (ryc. 7) pozwala decydować o przynależności gruntów do danej kategorii użytkowej, a tym samym o możliwości ich wykorzystania lub wręcz konieczności poddania rekultywacji. Badania powinny więc obejmować m.in. zawartości szerokiego spektrum metali ciężkich, ocenę parametrów fizykochemicznych gleb i wód, które mogą wpływać na zanieczyszczenie i mobilność toksycznych pierwiastków. W tym celu są prowadzone badania w dziedzinie kartografii geochemicznej, które obejmują sporządzanie mapy geośrodowiskowej Polski w skali 1 : 50 000 (plansza B), od lat realizowane przez Państwowy Instytut Geologiczny – Państwowy Instytut Badawczy (Pasieczna i in., 2020). Szczegółowe mapy geochemiczne w skali 1 : 25 000 powstają dla najbardziej zanieczyszczonych rejonów kraju (ok. 1,5% powierzchni Polski): śląsko-krakowski obszar występowania anomalii Pb-Cd-Zn, rejon oddziaływania hut miedzi Głogów i Legnica oraz niektórych rejonów dawnego górnictwa i hutnictwa na Dolnym Śląsku.

Bardzo często zdarza się, że zanieczyszczone grunty antropogeniczne w obrębie terenu przemysłowego oraz



Ryc. 7. Mapa rozkładu zawartości arsenu: **A** – w powierzchniowej (0,0–0,3) oraz **B** – w głębszej (0,8–1,0) warstwie gruntów w rejonie Zakładów Metalurgicznych Trzebinia (Kot-Niewiadomska, 2014)
Fig. 7. Map of the distribution of arsenic content in: **A** – topsoil (0.0–0.3) and **B** – subsoil (0.8–1.0) soil layer in the area of Zakłady Metalurgiczne Trzebinia (Kot-Niewiadomska, 2014)

grunty rodzime w bezpośrednim jego otoczeniu nie spełniają obowiązujących standardów jakości dla istniejącego i planowanego sposobu użytkowania określonego w dokumentach planistycznych danej jednostki administracyjnej. W takich przypadkach szczegółowe rozpoznanie litologii płytkiego podłoża i geochemii danego obszaru pozwoli zaplanować racjonalną i efektywną jego sanację. Ułatwi też realną ocenę rozprzestrzenienia zanieczyszczeń, a co się z tym wiąże m.in. poprawne oszacowanie powierzchni i objętości gruntów, jakie należy unieszkodliwić.

PODSUMOWANIE

Rozwinięcie pierwotnej definicji sozologii W. Goetla (1966) obejmuje szeroki zakres przedmiotu zainteresowań i badań (Dołęga, 2020). Mając na uwadze znaczenie nauk o Ziemi w sozologii, w marcu 2022 r. złożono wnioszek o reaktywowanie Sekcji Sozologicznej Polskiego Towarzystwa Geologicznego, której działalność wygasła w roku 2006. Zadaniem sekcji jest wykorzystanie bogatych doświadczeń jej starszych członków oraz poszerzenie grona o tych geologów, którzy chcą włączyć się w nurt sozologii.

Starania o trwałe korzystanie z zasobów przyrody żywej i nieożywionej zarówno tej najmniej zmienionej, jak i poddanej wcześniejszej presji antropogenicznej (w omawianym przypadku skupiamy się na górnictwie i przetwórstwie surowców mineralnych) oraz ochronę dziedzictwa przyrodniczego (w tym geologicznego) u-

skwały w ostatnich latach nowe znaczenie. Współczesne wyzwania stawiane górnictwu (zwiększenie produkcji i zmniejszenie negatywnego oddziaływania), jednocześnie zmieniająca się sytuacja geopolityczna (skutkująca zakłóceniami w dostawach surowców), wyznaczają nowe zadania dla polskich geologów. Dopiero we współczesnym świecie, kiedy dostęp zarówno do niezdegradowanego środowiska przyrodniczego, jak i niezbędnych do życia surowców mineralnych staje się ogromnym wyzwaniem, musimy (my – społeczeństwo) jeszcze uważniej wdrażać ideę zrównoważonego rozwoju. Gdy dodamy do tego adaptację przestrzeni zurbanizowanych do zmian klimatu, uzyskujemy poligon działania dla sozologii.

Szeroki zakres tematyczny sozologii powinien łączyć specjalistów różnych dziedzin i pozwalać na interdyscyplinarne i kompleksowe rozwiązania problemów środowiskowych. Współczesne międzynarodowe środowiskowe strategie (ochrona klimatu, obieg zamknięty, usługi ekosystemowe, itp.), ze względu na globalny i szeroki charakter, trudno wpisać w jedną, naukową dziedzinę. Tymczasem sozologia znakomicie wpisuje się w te działania. Nieco zapomniana w Polsce, powinna znów stać się popularna. A jeśli to możliwe, w ramach promocji polskiej nauki, powinna wyjść poza granicę naszego kraju. Realizacja tych zadań wymaga aktualizacji programów nauczania w różnych działach geologii stosowanej.

Serdecznie dziękujemy Andrzejowi Paulo (AGH) i Janowi Urbanowi (PAN) za niezwykle szczegółowe i konstruktywne recenzje naszego manuskryptu.

LITERATURA

- ABRAMOWICZ A., CHYBIORZ R. 2019 – Fire detection based on a series of thermal images and point measurements: the case study of coal-waste dumps. *Inter. Arch. Photogrammet., Remote Sensing and Spatial Informat. Sci.*, XLII-1/W2: 9–12.
- ABRAMOWICZ A., RAHMONOV O., CHYBIORZ R. 2021 – Environmental management and landscape transformation on self-heating coal-waste dumps in the Upper Silesian Coal Basin. *Land*, 10 (1); <https://doi.org/10.3390/land10010023>
- ALEXANDROWICZ Z., MIŚKIEWICZ K. 2016 – Geopark – od idei do realizacji, ze szczególnym uwzględnieniem Polski. *Chrońmy Przyrodę Ojczystą*, 72 (4): 243–253.
- APLIN G. 2007 – World Heritage Cultural Landscapes. *Inter. J. Heritage Stud.*, 13: 427–446.
- BROCX M., SEMENIUK V. 2007 – Geoheritage and geoconservation – history, definition, scope and scale. *J. Royal Soc. Western Australia*, 90: 53–87.
- BRUMANN CH., GFELLER A.E. 2022 – Cultural landscapes and the UNESCO World Heritage List: perpetuating European dominance. *Inter. J. Heritage Stud.*, 28 (2); <https://doi.org/10.1080/13527258.2021.1941197>
- CHMIELEWSKA M. 2018 – The contemporary role of spoil tips in the landscape of the Ruhr Metropolis. *Pr. Kom. Krajob. Kult.*, 40 (2): 163–186.
- CIESIELCZUK J., MISZ-KENNAN M., HOWER J.C., FABIAŃSKA M.J. 2014 – Mineralogy and geochemistry of coal wastes from the Starzykowice coal-waste dump (Upper Silesia, Poland). *Inter. J. Coal Geol.*, 127: 42–55.
- DOŁĘGA J.M. 2020 – Philosophy of Systemic Sozology. *Stud. Ecol. Bioethic.*, 18 (5): 35–66.
- DOŁĘGA J.M. 2006 – Sozologia systemowa – dyscyplina naukowa XXI wieku. *Problemy Ekorozwoju*, 1 (2).
- EUROPEAN COMMISSION 2009 – White paper – Adapting to climate change: towards a European framework for action. European Commission.
- EUROPEAN COMMISSION 2019 – European Green Deal. European Commission.
- EUROPEAN COMMISSION 2020 – A new Circular Economy Action Plan For a cleaner and more competitive Europe. European Commission.
- EUROPEAN COMMISSION 2021 – EU Strategy on Climate Change Adaptation. European Commission.

- FABIAŃSKA M., CIESIELCZUK J., NÁDUDVARI Á., MISZ-KENNAN M., KOWALSKI A., KRUSZEWSKI Ł. 2019 – Environmental influence of gaseous emissions from self-heating coal waste dumps in Silesia, Poland. *Environ. Geochem. Health*, 41: 575–601.
- FABIAŃSKA M.J., CIESIELCZUK J., KRUSZEWSKI Ł., MISZ-KENNAN M., BLAKE D.R., STRACHER G., MOSZUMAŃSKA I. 2013 – Gaseous compounds and efflorescences generated in self-heating coal-waste dumps – A case study from the Upper and Lower Silesian Coal Basins (Poland). *Inter. J. Coal Geol.*, 116: 247–261.
- GAŁAŚ A., PAULO A., GAIDZIK K., ZAVALA B., KALICKI T., CHURATA D., GAŁAŚ S., MARINO J. 2018a – Geosites and Geotouristic Attractions Proposed for the Project Geopark Colca and Volcanoes of Andagua, Peru. *Geoheritage*, 10: 707–729.
- GAŁAŚ A., TYSZER M., GAŁAŚ S. 2018b – Using GIS to predict potential environmental conflicts in the Colca and Andagua Volcanoes Geopark (Peru). Conference: Public recreation and landscape protection – with hand in hand..., Department of Landscape Management FFWT, Mendel University in Brno, 2–3 May, 2018, 424–428.
- GAŁAŚ S., GORGON J., GAŁAŚ A. 2020 – Impact of cities adaptation to climate change on water resources management on the example of selected cities of the Silesian Agglomeration. Conference: Advances in Environmental Engineering, IOP Conf. Ser: Earth Environ. Sci., 444 (012017); <https://doi.org/10.1088/1755-1315/444/1/012017>
- GAŁAŚ S., KOT-NIEWIADOMSKA A., GAŁAŚ A., KONDELA J., WERTICHOVÁ B. 2021 – Instruments of mineral deposit safeguarding in Poland, Slovakia and Czechia – Comparative analysis. *Resources*, 10 (2): 16.
- GALOS K., KOT-NIEWIADOMSKA A., KAMYK J. 2021 – The Role of Poland in the European Union Supply Chain of Raw Materials, Including Critical Raw Materials. International Conference on Raw Materials and Circular Economy, 05–09 September, 2021. Athens, Greece. <https://doi.org/10.3390/materproc2021005014>
- GALOS K., LEWICKA E. (RED.), BURKOWICZ A., CZERW H., FIGARSKA-WARCHOL B., GAŁAŚ A., GUZIK K., KAMYK J., KOT-NIEWIADOMSKA A., SZLUGAJ J. 2021 – Gospodarka surowcami mineralnymi w Polsce w latach 2011–2020. Wyd. IGSMiE PAN, Kraków: 385.
- GAWOR L. 2013 – Walery Goetel i idea sozologii. *Problemy Ekorozwoju*, 8 (1): 83–89.
- GOETEL W. 1966 – Sozologia – nauka o ochronie przyrody i jej zasobów. *Kosmos*, 15 (5).
- GOETEL W. 1972 – Sozologia – dział nauki, jej treść i zadania. *Zesz. Nauk. AGH*, 293, Sozologia i sozotechnika, 1: 9–24.
- INSTYTUT EKOLOGII TERENÓW UPRZEMYSŁOWIONYCH 2019 – Plan adaptacji miasta Katowice do zmian klimatu do roku 2030. Uchwała nr XII/268/19 Rady Miasta Katowice.
- KOT-NIEWIADOMSKA A. 2014 – Uwarunkowania geologiczne zagospodarowania terenu przemysłowego zakładów metalurgicznych „Trzebinia” w Trzebinii. Wyd. IGSMiE PAN, Kraków. Stud., Rozpr., Monograf., 189: 155.
- KOT-NIEWIADOMSKA A., GALOS K., KAMYK J. 2021 – Safeguarding of Key Minerals Deposits as a Basis of Sustainable Development of Polish Economy. *Resources*, 10 (5): 48.
- KOT-NIEWIADOMSKA A., KAMYK J. 2016 – Kształtowanie brył krajobrazowych w przestrzeni wybranych miast Górnego Śląska. *Prz. Nauk., Inż. Kształt. Środ.*, 72: 220–229.
- KOZŁOWSKA O., SOŁOMACHA M., WALENTEK I. 2015 – Mapa geosrodowiskowa Polski dla racjonalnego zarządzania zasobami środowiska. *Prz. Geol.*, 63 (12/1): 1373–1380.
- LEWIŃSKA-PREIS L., SZRAM E., FABIAŃSKA M.J., NÁDUDVARI Á., MISZ-KENNAN M., ABRAMOWICZ A., KRUSZEWSKI Ł., KITA A. 2021 – Selected ions and major and trace elements as contaminants in coal-waste dump water from the Lower and Upper Silesian Coal Basins (Poland). *Inter. J. Coal Sci. Technol.*, 8: 790–814.
- MARKS L., JÓŻWIK K. 2020 – Wyzwania kartografii geologicznej w Polsce. *Prz. Geol.*, 68 (5): 330–337.
- MIGOŃ P., MAIA R.P. 2020 – Pedra da Boca, Pai Mateus, and Quixadá – Three Possible Key Geoheritage Sites in Northeast Brazil. *Geoheritage*, 12 (51); <https://doi.org/10.1007/s12371-020-00473-4>
- NÁDUDVARI Á., KOZIELSKA B., ABRAMOWICZ A., FABIAŃSKA M., CIESIELCZUK J., CABAŁA J., KRZYKAWSKI T. 2021 – Heavy metal- and organic-matter pollution due to self-heating coal-waste dumps in the Upper Silesian Coal Basin (Poland). *J. Hazard. Material.*, 412; <https://doi.org/10.1016/j.jhazmat.2021.125244>
- NIEĆ M. 2022 – Komisja Zasobów Kopalni – 70 lat działalności. Stare problemy i nowe wyzwania w gospodarce obiegu zamkniętego i wobec wymagań międzynarodowych. *Prz. Geol.*, 70 (3): 210–220.
- NIEĆ M., RADWANIEK-BAK B. 2014 – Ochrona i racjonalne wykorzystywanie złóż kopalni. Wyd. IGSMiE PAN, Kraków.
- NIEĆ M., RADWANIEK-BAK B. 2019 – Pogląd na zakres działań i organizację państwowej służby geologicznej w polityce surowcowej państwa. *Prz. Geol.*, 67 (12): 968–972.
- NIESPOREK K. 2019 – Hałda: o śląskiej wyobraźni poetyckiej i symbolicznej. Wyd. UŚI., Katowice.
- PASIECZNA A., KONON A., KOSTRZ-SIKORA P. 2020 – Geologia środowiska w PiG. *Prz. Geol.*, 68 (5): 364–369.
- PAULO A. 2022 – Historia Sekcji Sozologicznej Polskiego Towarzystwa Geologicznego. *Prz. Geol.*, 70 (6): 468–475.
- PAULO A., GAŁAŚ A. 2011 – Polska Wyprawa Naukowa do Peru. *Prz. Geol.*, 59 (1): 58–68.
- RACHWAŁ M., WAWER M., JABŁOŃSKA M., ROGULA-KOZŁOWSKA W., ROGULA-KOPIEC P. 2020 – Geochemical and mineralogical characteristics of airborne particulate matter in relation to human health risk. *Minerals*, 10: 1–19.
- ROSADO-GONZÁLEZ E.M., SÁ A.A., PALACIO-PRIETO J.L. 2020 – UNESCO Global Geoparks in Latin America and the Caribbean, and Their Contribution to Agenda 2030 Sustainable Development Goals. *Geoheritage*, 12 (36); <https://doi.org/10.1007/s12371-020-00459-2>
- ROZPORZĄDZENIE Ministra Środowiska z dnia 20 grudnia 2011 r. w sprawie szczegółowych wymagań dotyczących projektów robót geologicznych, w tym robót, których wykonywanie wymaga uzyskania koncesji. *Dz.U. z 2011 r. nr 288 poz. 1696*.
- RUBINOWSKI Z. 1978 – Racjonalna gospodarka zasobami mineralnymi. [W:] Michajłow W., Zabierowski K. (red.), *Ochrona i kształtowanie środowiska przyrodniczego*. PWN, Kraków: 819–846.
- SŁOMKA T., KICIŃSKA-ŚWIDERSKA A. 2004 – Geoturystyka – podstawowe pojęcia. *Geoturystyka*, 1: 5–7.
- SZUFLICKI M., MALON A., TYMIŃSKI T. 2022 – Bilans zasobów złóż kopalni w Polsce wg stanu na 31 XII 2021 r. Państw. Inst. Geol.
- TARKOWSKI R. 2021 – Wodór jako paliwo przyszłości. Wyzwania dla polskiej geologii. *Prz. Geol.*, 69 (4): 210–217.
- TOST M., AMMERER G., KOT-NIEWIADOMSKA A., GUGERELL K. 2021 – Mining and Europe’s World Heritage Cultural Landscapes. *Resources*, 10 (18): 18; <https://doi.org/10.3390/resources10020018>
- TRELA W., ZŁONKIEWICZ Z. 2009 – Perspektywy rozwoju geoparków w regionie świętokrzyskim. *Kieleckie Towarzystwo Naukowe, Oddział Kielecki PTG, Kielce*: 145.
- UNITED NATIONS 2015 – Transforming our world: the 2030 Agenda for Sustainable Development. United Nations.
- UNITED NATIONS 2019 – World Urbanization Prospects. The 2018 Revision. United Nations Publications, Nowy Jork.
- UNFCCC 2006 – Nairobi work programme on impacts, vulnerability and adaptation to climate change. UNFCCC. Subsidiary Body for Scientific and Technological Advice.
- URBAN J., MIGOŃ P., RADWANIEK-BAK B. 2021 – Dziedzictwo geologiczne. *Prz. Geol.*, 69 (1): 16–20.
- USTAWA z dnia 9 czerwca 2011 r. – Prawo geologiczne i górnicze. *Dz.U. z 2011 r. nr 163 poz. 981*.
- WÓJCIK J. 2006 – Zróżnicowanie kształtu i cech morfometrycznych zwałów jako podstawa do oceny przeobrażenia rzeźby terenu przez górnictwo węglowe. *Badania Fizjograficzne, Ser. A*, 57: 149–159.

Praca wpłynęła do redakcji 24.08.2022 r.
Akceptowano do druku 10.11.2022 r.