



100 LAT PAŃSTWOWEGO INSTYTUTU GEOLOGICZNEGO – DLA GOSPODARKI, NAUKI I EDUKACJI

8 maja tego roku Państwowy Instytut Geologiczny wszedł w jubileuszowy rok stulecia swego istnienia. Pragnąc uczcić ten fakt i podsumować osiągnięcia Instytutu, Komitet Organizacyjny obchodów Jubileuszu 100-lecia PIG, powołany przez dyrektora PIG 19 lipca 2017 r., zaproponował, aby przez cały rok jubileuszowy zamieszczać w każdym numerze *Przeglądu Geologicznego* artykuły dotyczące osiągnięć instytutu w różnych dziedzinach geologii i ochrony środowiska abiotycznego. Ponieważ 50 lat temu ukazała się obszerna publikacja podsumowująca

pierwsze 50-lecie działalności PIG, członkowie komitetu uznali, że obecne artykuły jubileuszowe będą dotyczyć drugiego półwiecza jego aktywności. Dzisiaj zamieszczamy pierwszy z tej serii. Komitet Organizacyjny ma nadzieję, że różnorodna tematyka poruszana w tekstach będzie dobitnie świadczyć o roli, jaką Państwowy Instytut Geologiczny – PIB odgrywa w polskiej geologii.

Włodzimierz Mizerski
przewodniczący KO Jubileuszu 100-lecia PIG

Kartograficzne badania geochemiczne w Polsce

Anna Pasieczna¹



Geochemical Mapping in Poland. Prz. Geol., 66: 344–352.

Abstract. At the beginning of the 1990s, both in Poland and in the world, the field of applied geochemistry was extended to issues related to the protection of the Earth's natural environment due to the growing social interest in this problem and the requirements of the existing legislation. Geochemical studies in Poland were carried out in three stages, proceeding from the review scale (1:500,000 – I stage) through regional research (on a scale from 1:250,000 to 1:50,000 – stage II) to detailed research (on a scale of 1:25,000 to 1:10,000 – stage III). The first stage of the geochemical mapping allowed for quick and relatively inexpensive assessment of the geochemical background diversity of soils, sediments, and surface water throughout the country, as well as the indication of the most polluted regions. The regional research (II stage) was focused primarily on issues related to the explanation of the origin of the identified geochemical anomalies detected in the first stage of research. They were taken in selected urban-industrial areas. In the most polluted Silesian-Cracow region a detailed geochemical study is being carried out (III stage).

Keywords: geochemical maps, baseline studies, soils, sediments, water, Poland

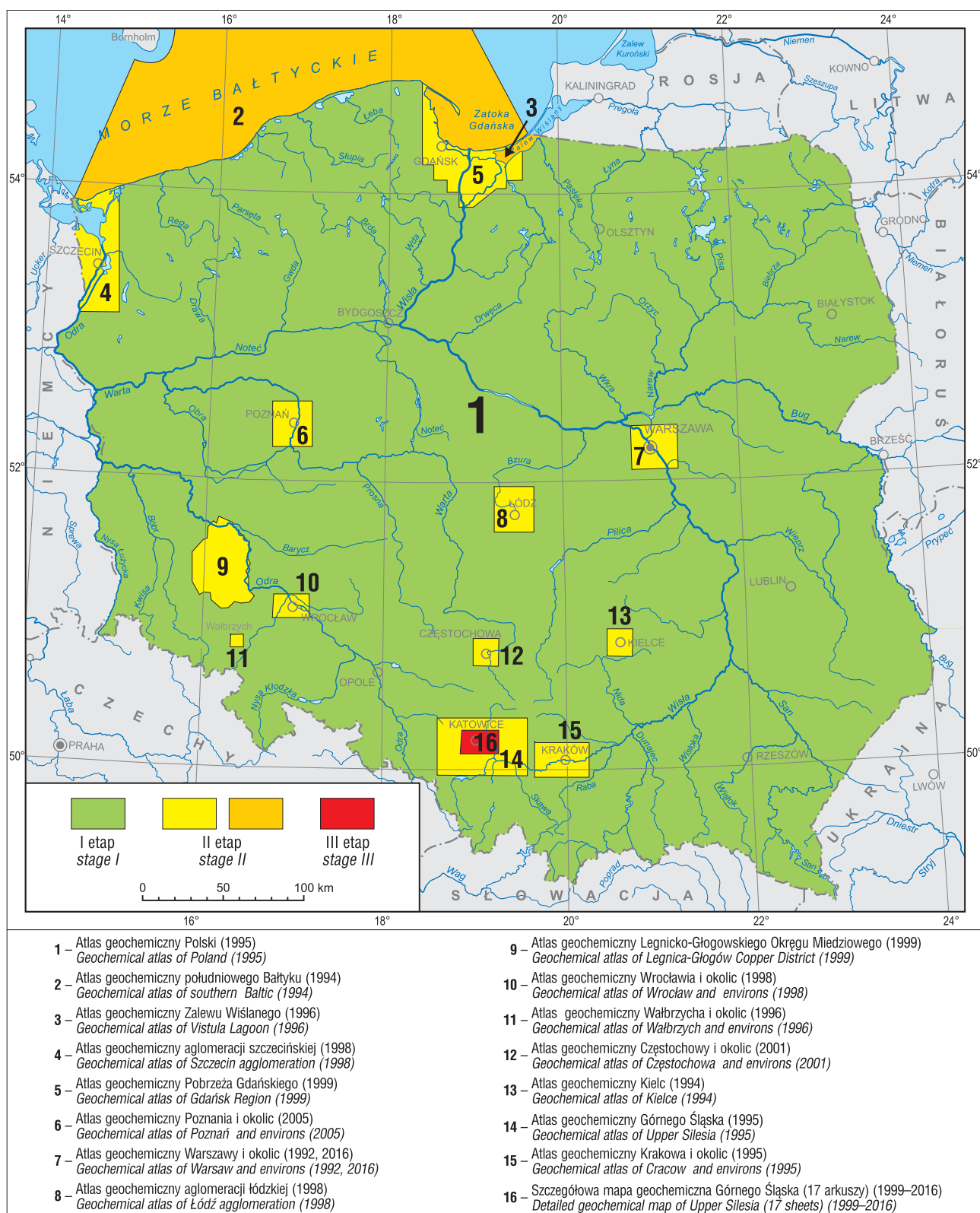
Mapy geochemiczne wykonywano od wielu lat do celów prospekcji złóż surowców mineralnych. Miały one podstawowe znaczenie na obszarach słabo rozpoznanych geologicznie (w Afryce, Australii, Kanadzie, na Syberii), gdzie najczęściej badano osady strumieniowe, dostarczające bezpośrednich informacji o rozmieszczeniu anomalii wskazujących na lokalizację złóż. W Polsce metodami kartografii geochemicznej poszukiwano złóż złota, cyny, uranu i innych metali w Sudetach (Depciuch i in., 1965a, b; Jęczmyk, Kanasiewicz, 1973; Lis, 1976, 1989; Kanasiewicz, 1993) oraz molibdenu w Bieszczadach (Bojakowska i in., 1989; Bojakowska, Borucki, 1994).

Z początkiem lat 90. XX w. zarówno w Polsce, jak na świecie pole działań geochemii stosowanej uległo rozszerzeniu o zagadnienia ochrony środowiska przyrodniczego Ziemi, w związku z coraz większym społecznym zainteresowaniem tym problemem i wymaganiami obowiązującego ustawodawstwa. Znajomość stopnia zanieczyszczenia środowiska jest niezbędna w rozwoju takich dziedzin jak geologia, rolnictwo, leśnictwo, planowanie przestrzenne, geochemia i ochrona zdrowia. Zaś podjęcie odpowied-

nych kroków, które mają na celu eliminację lub ograniczenie czynników zagrożenia, musi być poprzedzone jak najdokładniejszym rozpoznaniem stopnia odchylenia zawartości pierwiastków od stężeń związanych z prawami ich naturalnego obiegu w środowisku.

Mapy geochemiczne obejmujące inwentaryzację zanieczyszczenia środowiska i identyfikację ich źródła, wykonywane przez ostatnie trzy dekady w Państwowym Instytucie Geologicznym-Państwowym Instytucie Badawczym (PIG-PIB), są zarówno drukowane, jak i w większości dostępne w systemie informacji elektronicznej. Mogą być wykorzystywane przez instytucje państwowe, samorządowe i naukowe oraz każdego obywatela, badacza, studenta. Realizując kolejne programy badawcze, ukierunkowane na coraz bardziej szczegółowe rozpoznanie stopnia zanieczyszczenia środowiska przyrodniczego, analizom chemicznym poddano ponad 150 tys. próbek gleb, osadów i wód. Wszystkie próbki stałe są zgromadzone w archiwum PIG-PIB i mogą być poddawane dalszym badaniom w miarę rozwoju nowych potrzeb czy metod analitycznych.

¹ Państwowy Instytut Geologiczny – Państwowy Instytut Badawczy, ul. Rakowiecka 4, 00-975 Warszawa; anna.pasieczna@pgi.gov.pl.



Ryc. 1. Obszary zdjęć geochemicznych wykonanych w latach 1990–2016
Fig. 1. Areas of geochemical atlases developed in years 1990–2016

W kartowaniu geochemicznym przestrzega się zwykle zasady postępowania „od ogółu do szczegółu”, to znaczy od badań w skali przeglądowej do coraz bardziej szczegółowej, co pozwala na ograniczenie obszaru badań, obniżenie kosztów, ustalenie właściwej hierarchii problemów i kolejności ich rozwiązywania. Stosując tę zasadę, badania geochemiczne w Polsce zaplanowano i prowadzono w trzech

etapach, postępując od skali przeglądowej (1:500 000 – I etap) poprzez badania regionalne (w skali od 1:250 000 do 1:50 000 – II etap) do badań szczegółowych (w skali od 1:25 000 do 1:10 000 – III etap) (ryc. 1). Wyniki badań zebrane w bazach danych oraz przedstawione w atlasach geochemicznych oprócz map zawierają komentarze prezentujące metodykę badań i interpretację wyników.

I ETAP (1990–1995)

Pierwszy etap zdjęcia przeglądowego (małoskalowego) umożliwił szybką i stosunkowo niedrogą ocenę zróżnicowania tła geochemicznego gleb, osadów cieków i zbiorników wodnych oraz wód powierzchniowych na terenie całego kraju, a także wskazanie regionów najbardziej zanieczyszczonych (Lis, Pasieczna 1995a; Lis i in., 2012).

Na obszarach rolniczo-leśnych, przeważających w kraju, pobieranie próbek prowadzono w siatce 5×5 km. Zagęszczonym systemem opróbowania (2×2 km) objęto tereny aglomeracji miejskich oraz rejony silnie uprzemysłowione. Wykonując to opracowanie, zebrano i przeanalizowano 10,8 tys. próbek gleb, 12,8 tys. próbek osadów i 12,9 tys. próbek wód powierzchniowych, w których oznaczono 21–25 składników, w tym istotne metale śladowe.

Oprócz map geochemicznych opracowanie zawiera obszerną interpretację wyników badań na tle budowy geologicznej kraju. Naturalne zróżnicowanie zawartości wielu pierwiastków w glebach i osadach strumieniowych pozwoliło na wyróżnienie na terenie Polski dwóch wyraźnych prowincji geochemicznych: południowej, obejmującej Karpaty, Dolny Śląsk, Górny Śląsk i niewielkie rejony Wyżyny Lubelskiej, oraz północnej, którą jest pozostała część kraju. Poza anomaliami naturalnymi, związanymi ze zróżnicowanym składem litologiczno-chemicznym podłoża geologicznego kraju, zanotowano anomalie antropogeniczne w obszarach historycznej eksploatacji złóż kruszców, wieloletniej działalności przemysłowej i komunalnej, jak również w miejscach magazynowania toksycznych substancji chemicznych (mogilników), nielegalnych składowisk odpadów i zrzutu ścieków. W wodach powierzchniowych wykryto niepokojąco wysoką zawartość wielu związków i pierwiastków: fosforanów, chlorków, siarczanów, baru, manganu, potasu, sodu i cynku.

Dla prowincji południowej charakterystyczna jest podwyższona zawartość Ba, Ni, Cd, Co, Cr, Cu, Fe, Mg, Mn, Pb, V i Y w glebach i w osadach, w porównaniu do prowincji północnej. Wzbogacenia wiążą się z występowaniem odsłoneń oraz erozją skał magmowych i metamorficznych (z bogatym inwentarzem pierwiastków i licznymi przejawami mineralizacji kruszczowej) w Sudetach oraz utworów fliszowych i molasowych (zawierających materiał pochodzenia magmowego) w Karpatach i na Górnym Śląsku. W tej ostatniej lokalizacji dodatkowym elementem wpływającym na zwiększenie zawartości pierwiastków w środowiskach powierzchniowych Ziemi jest występowanie utworów kruszczonośnych i węglonośnych.

W północnej prowincji geochemicznej, obejmującej teren Niżu Polskiego, gleby oraz osady rzeczne i strumieniowe koncentrują wyraźnie mniej pierwiastków. Podłożem geologicznym tego obszaru są głównie polodowcowe utwory czwartorzędowe, przemyte i wypłukane z wielu składników. W tej prowincji wzbogaceniem w metale odznaczają się tylko najmłodsze, holocenijskie mady i ily akumulacji rzecznej, szczególnie w dolinach Odry i Wisły.

Anomalie geochemiczne obejmują całe regiony bądź występują lokalnie. Do najważniejszych na terytorium Polski należą:

- anomalie geochemiczne cynku, ołowiu i kadmu (ryc. 2) w regionie śląsko-krakowskim,

- anomalie miedzi (ryc. 3 – patrz str. 328) i ołowiu w Legnicko-Głogowskim Okręgu Miedziowym (LGOM),
- anomalie metali w obszarach zurbanizowanych i uprzemysłowionych.

II ETAP (1995–2005)

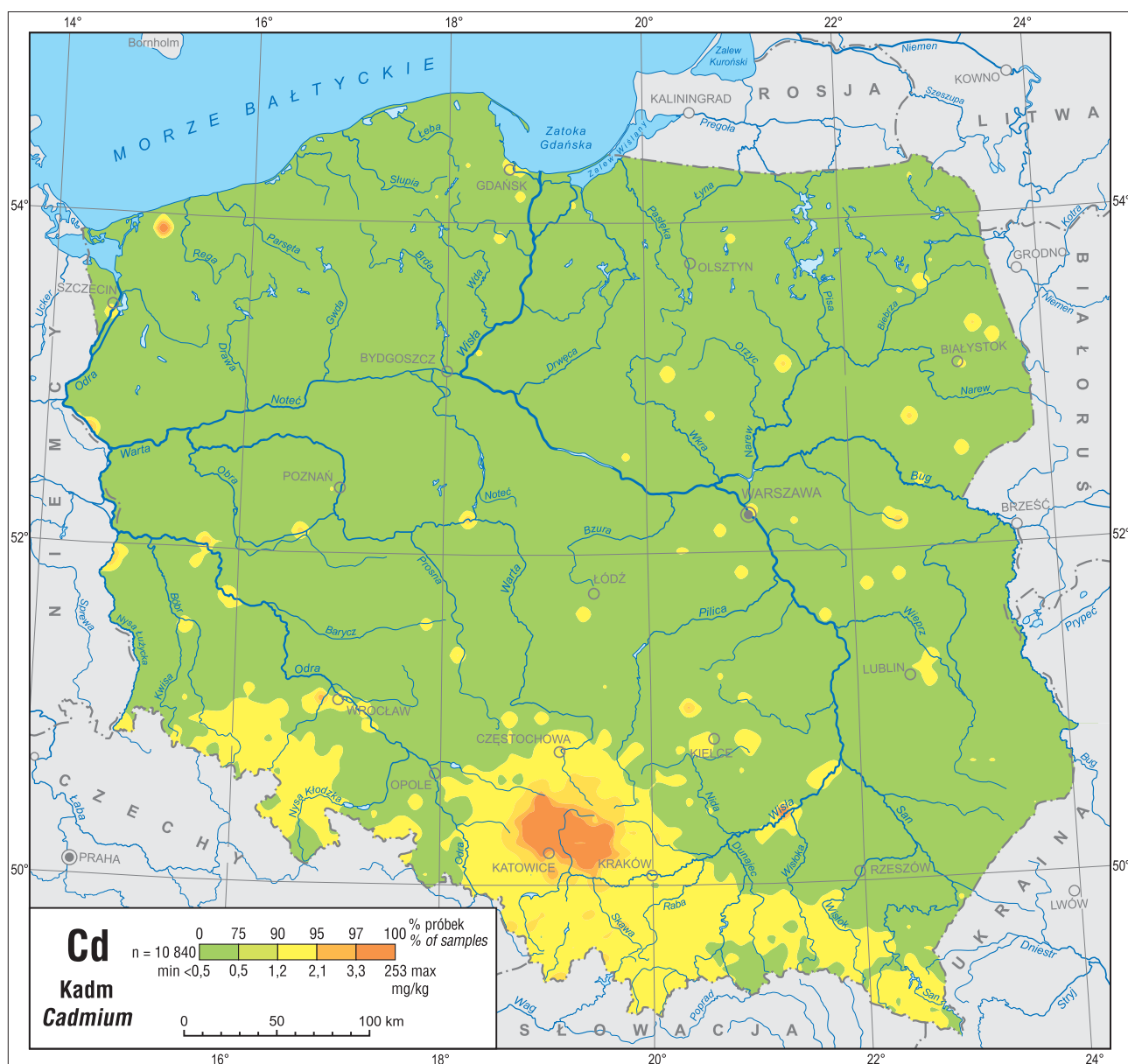
Badania regionalne były skupione przede wszystkim na wyjaśnieniu genezy stwierdzonych anomalii geochemicznych wykrytych w I etapie badań. Obejmowały one wykonanie zdjęć geochemicznych w wytypowanych regionach miejsko-przemysłowych w skalach regionalnych. Próbkę do badań z tych terenów pobierano ze zróżnicowaną gęstością, zależną od planowanej skali mapy (od 1 próbki/4 km² w obszarze śląskim do 1 próbki/0,25 km² w rejonie Wałbrzycha). Najczęściej stosowano zagęszczenie 1 próbka/km². W każdym z rozpatrywanych regionów prace kartograficzne pozwoliły na powiązanie podwyższeń zawartości pierwiastków ze składem chemicznym podłoża geologicznego oraz/lub udokumentowanie stref zanieczyszczonych w wyniku urbanizacji i działalności przemysłowej.

W drugim etapie badań prace przeprowadzono na obszarze śląsko-krakowskim, terenie LGOM, obszarach wytypowanych aglomeracji miejsko-przemysłowych (krakowskiej, łódzkiej, wrocławskiej, szczecińskiej, poznańskiej, warszawskiej, trójmiejskiej, wałbrzyskiej) oraz w obszarze Bałtyku i Zalewu Wiślanego (ryc. 1). Ich wyniki stanowią podstawę do wydzielenia terenów, które powinny być objęte badaniami szczegółowymi.

W regionie śląsko-krakowskim (na obszarze ok. 6290 km²) wyniki badań pozwoliły na określenie specyficznego tła geochemicznego w glebach, osadach i wodach regionu, uwarunkowanego przez czynniki naturalne oraz wskazanie obszarów zanieczyszczonych antropogenicznie.

Wyznaczono strefę geologiczno-antropogenicznych anomalii cynku, ołowiu i kadmu (Lis, Pasieczna, 1995b), która rozciąga się od okolic Chrzanowa i Olkusza na wschodzie po Bytom i Tarnowskie Góry na zachodzie. Głównym czynnikiem kształtującym stan chemiczny materii nieożywionej ekosystemu jest budowa geologiczna i związane z nią występowanie jednych z największych w Europie złóż rud cynkowo-ołowiowych i węgla kamiennego. Na naturalne procesy powodujące koncentrację metali w środowiskach powierzchniowych (wietrzenie odsłoneń skał zawierających strefy zmineralizowane) nakładają się tu czynniki związane przede wszystkim z historycznym górnictwem, przetwarzaniem i hutnictwem rud cynkowo-ołowiowych, hutnictwem żelaza i stali oraz górnictwem węgla kamiennego i przemysłem energetycznym.

Ilustracją problemu zanieczyszczenia środowiska może być podwyższona zawartość kadmu w powierzchniowej warstwie gleb, która na większości obszaru Polski nie przekracza 0,5 mg/kg (ryc. 2). Wzbogacenia w granicach 1–2 mg/kg występują w glebach Karpat, Sudetów oraz w dolinach górnej Wisły (do Sandomierza) i górnej Odry. Największą zawartością kadmu wyróżniają się gleby regionu śląsko-krakowskiego. Maksymalne zawartości (>16 mg/kg) zanotowano w rejonach wydobywania, przeróbki i hutnictwa metali (rejon bytomski, chrzanowski, olkuski oraz Katowice, Szopienice, Bytom, Piekary Śląskie i Miasteczko Śląskie).



Ryc. 2. Zawartość kadmu w glebach (0,0–0,3 m)
Fig. 2. Cadmium content in soils (0.0–0.3 m)

Badania geochemiczne Wałbrzycha i okolic (na obszarze 200 km²) przedstawiają stopień i zasięg zanieczyszczeń gleb i osadów strumieniowych w jednym z najbardziej uprzemysłowionych okręgów Polski (Pasiczna i in., 1996). Ich wyniki wskazały na wyraźny wpływ zróżnicowanej budowy podłoża geologicznego na zawartość badanych pierwiastków oraz występowanie anomalii geologiczno-antropogenicznych związanych z górnictwem minerałów kruszczowych, barytu, węgla kamiennego i przemysłem energetycznym.

W zdjęciu geochemicznym, wykonywanym na terenie ówczesnego województwa legnickiego (4037 km²), przedmiotem opracowania były gleby warstwy powierzchniowej (Lis i in., 1999). Zanieczyszczenie miedzią (a także arsenem, kadmem, rtęcią i cynkiem) rejonu LGOM ma charakter wyłącznie antropogeniczny (złoża rud miedzi występują na głębokości od kilkuset do 1500 m). W najbliższym sąsiedztwie hut miedzi Legnica i Głogów zanotowano w glebach kilkunasto- lub nawet kilkudziesięciokrotne

wzbogacenie w miedź (ryc. 3) i ołów w stosunku do zawartości naturalnej. W glebach zanieczyszczonych przez te pierwiastki występuje również podwyższona zawartość srebra, arsenu, kobaltu i niklu (na terenach ograniczonych do samych zakładów hutniczych).

W rejonie Krakowa i okolic (na obszarze 1190 km²) rozkłady przestrzenne badanych pierwiastków pozwoliły na stwierdzenie silnego wpływu górniczo-przemysłowego regionu Górnego Śląska na skażenie osadów Wisły metalami, a jej wód – zrzutami zasolonych wód kopalnianych. W znacznie mniejszym stopniu zanieczyszczenie gleb i osadów powodują lokalne zakłady przemysłowe, zrzuty ścieków i komunikacja (Lis, Pasiczna, 1995c).

W rejonie aglomeracji łódzkiej (na obszarze 1249 km²) decydującym czynnikiem wpływającym na zanieczyszczenie badanych środowisk okazał się przemysł włókienniczy i chemiczny oraz zrzuty ścieków (Lis, Pasiczna, 1998a). W centrum Łodzi i Zgierza w powierzchniowej warstwie gleb zanotowano kumulację kadmu, rtęci, miedzi, ołowiu

i cynku. Anomalie tych metali występują też w glebach aluwialnych doliny Bzury, zanieczyszczanych latami przez zrzuty ścieków przemysłowych z zakładów produkcji barwników. Płytko występujące wody podziemne charakteryzuje duża zmienność spowodowana silną antropopresją. Wartości przekraczające górne granice tła hydrochemicznego dla wód podziemnych Polski zanotowano w przypadku mineralizacji ogólnej, przewodności elektrolitycznej właściwej, zawartości siarczanów, azotu azotanowego i azotynowego, boru, fosforu, manganu i strontu, a na terenach zurbanizowanych również baru, fenoli, żelaza, cynku i litu (Koniecznyńska, 1998a).

Na terenie aglomeracji szczecińskiej i jej okolic (984 km²) wykazano obecność bariery geochemicznej w postaci warstw torfów w dolinie Odry (na Międzyodrze), zatrzymujących niesione z południa kraju ładunki metali. Bariera ta spełnia ważną rolę, chroniąc przed zanieczyszczeniem wody i osady Bałtyku. Gleby organiczne doliny Odry są zanieczyszczone przez kadm, miedź, rtęć, ołów i cynk (Lis, Pasieczna, 1998b). Główne ogniska zanieczyszczenia wód i osadów Odry (oraz jeziora Dąbie) są położone w jej górnym i środkowym biegu. Są to przede wszystkim ścieki przemysłowe i komunalne z terenów Górnego i Dolnego Śląska, Republiki Czeskiej i Niemiec. W dolnym biegu rzeki zanieczyszczenia te ulegają zwiększeniu przez niedostatecznie oczyszczone ścieki komunalne i przemysłowe z rejonu aglomeracji szczecińskiej. Oprócz ścieków bytowo-gospodarczych, sanitarnych i przemysłowych pochodzących z nabrzeży portowych i statków, są tu odprowadzane ścieki z zakładu „Koksochemia”, z rejonu przeładunku fosforytów i apatytów, stacji paliwowych, fabryki farb i lakierów oraz ze stoczni remontowej. Zróżnicowanie chemizmu płytkich wód podziemnych świadczy o zmianach wywołanych działalnością gospodarczą. Wzdłuż doliny Odry występuje strefa wód o przekroczonej stężeniach mineralizacji ogólnej, twardości ogólnej, siarczanów, boru, fluoru, żelaza i manganu. Na terenach rolniczych występują ponadnormatywne stężenia związków azotu (Nałęcz, 1998).

W rejonie Wrocławia (na obszarze ok. 2000 km²) w środowiskach powierzchniowych zaznaczają się wyraźne różnice w zawartości pierwiastków w zależności od rodzaju podłoża geologicznego i lokalizacji źródeł antropogenicznych. Największe zanieczyszczenie zaobserwowano w centrum miasta, w pobliżu zakładów przemysłowych i pól irygacyjnych (Tomassi-Morawiec i in., 1998). Wody podziemne z terenu aglomeracji są antropogenicznie zmienione i charakteryzują się wysoką przewodnością elektrolityczną właściwą, niskim potencjałem Eh, brakiem lub bardzo niską zawartością rozpuszczonego tlenu, oraz wysokim stężeniem siarczanów, żelaza, manganu, tytanu i cynku. Ponadto w dzielnicach przemysłowych zanotowano podwyższoną zawartość strontu, a w sąsiedztwie koryta Odry punktowe anomalie bromków (Koniecznyńska, 1998b).

Badania Pobrzeża Gdańskiego (2200 km²) obejmowały równinę deltową Żuław i okalające ją wysoczyzny morenowe. Udokumentowały one silne zróżnicowanie chemizmu gleb i osadów cieków wodnych, które wiąże się ze zróżnicowanym składem litologicznym skał podłoża. W rejonie portów morskich, zakładów przetwórstwa rybnego, zakładów produkcji nawozów fosforowych i w cen-

tralnych dzielnicach miast stwierdzono zanieczyszczenia środowiska metalami (kadm, chromem, miedzią, rtęcią, cynkiem, ołowiem) i arsenem. Anomalie te określono jako antropogeniczne. Wody powierzchniowe cieków nadmorskich są wzbogacone w składniki pochodzące z wód morskich, zaś na Żuławach częste są anomalne zawartości azotynów i azotanów, związane ze zrzutami ścieków bytowych (Lis, Pasieczna, 1999). Płytkie wody podziemne są zdegradowane, szczególnie we wschodniej części aglomeracji trójmiejskiej i na terenach przyległych do Martwej Wisły. Charakteryzują się one wysoką mineralizacją ogólną oraz obfitują w sól, chlorki, żelazo, brom i fosfor (Nałęcz, 1999). Są to rejon lokalizacji wielu ognisk zanieczyszczenia (składowiska fosfogipsów, rafineria, oczyszczalnia ścieków, elektrociepłownia).

Na terenie Poznania, Lubonia, Swarzędza, Puszczykowa i Mosiny oraz w ich rolniczo-leśnym otoczeniu (na obszarze ok. 900 km²) stan chemizmu powierzchni lito- i hydrosfery ukształtował się w wyniku nałożenia się efektów gospodarczej działalności człowieka na różnorodne procesy naturalne. Zabudowa i użytkowanie terenu okazały się czynnikami najbardziej wpływającymi na zanieczyszczenie badanych środowisk. Na obszarze Poznania gleby najbardziej zanieczyszczone metalami są ułożone szerokim pasem po obu stronach Warty (Lis, Pasieczna, 2005). Podwyższone i anomalne stężenia srebra, kadmu, chromu, miedzi, rtęci, ołowiu i innych metali występują na obszarze Poznania i Lubonia (a w przypadku niektórych pierwiastków również w Swarzędzu).

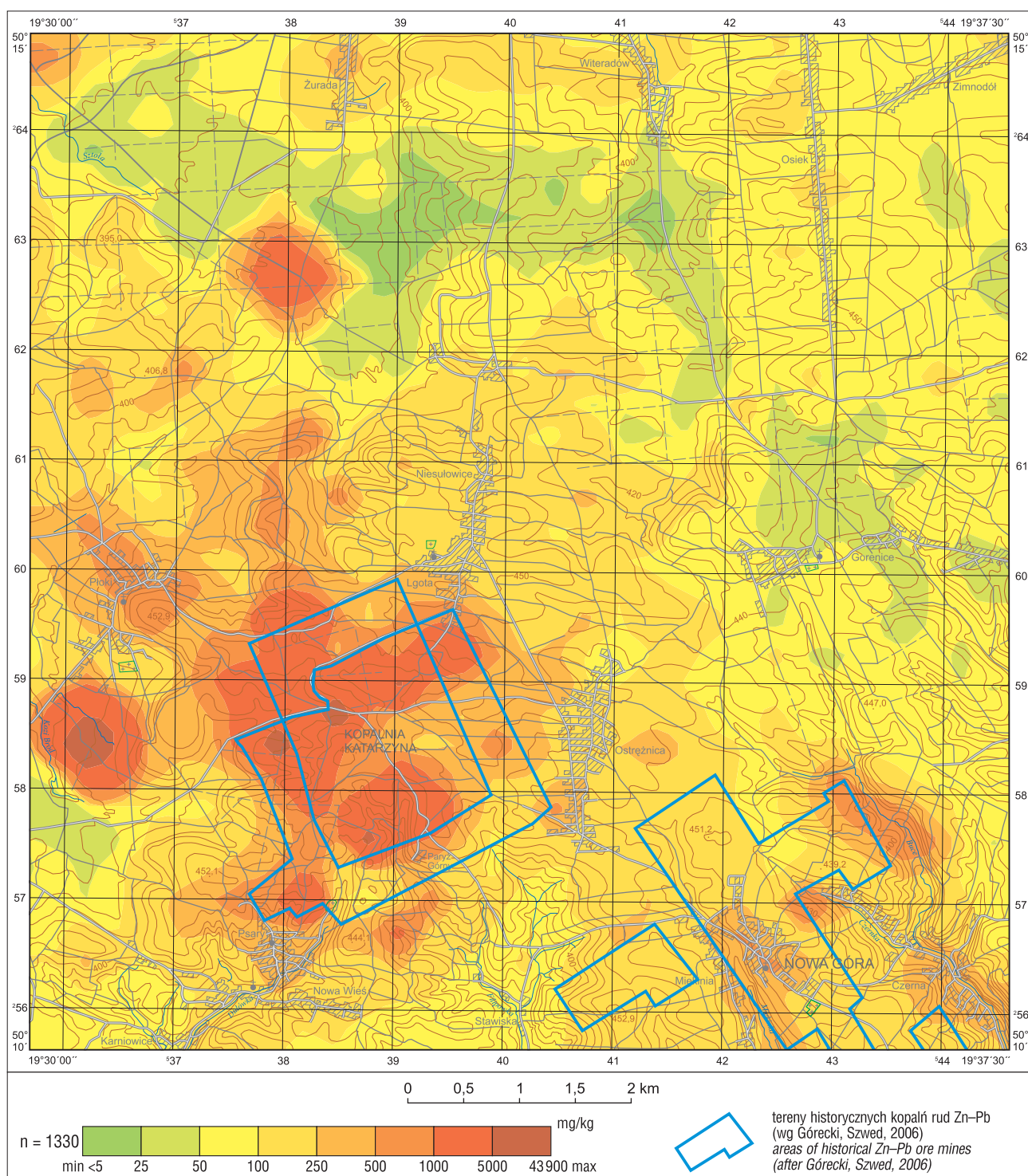
Na terenie Warszawy i okolic regionalne badania geochemiczne przeprowadzono dwukrotnie (Lis, 1992; Tomassi-Morawiec i in., 2016). Opracowanie opublikowane w 1992 r. wykonano na podstawie oznaczeń znacznie mniejszej ilości pierwiastków i wskaźników (11) w stosunku do 2016 r. (39). Argumentem przemawiającym za wykonaniem nowego atlasu był fakt zupełnego wyczerpania nakładu z 1992 r. i rosnące zapotrzebowanie na informacje o stanie środowiska przyrodniczego stolicy. Obszar badań opublikowanych w 2016 r. (ok. 1200 km²) obejmuje Warszawę oraz jej najbliższe okolice i przedstawia stopień zanieczyszczenia gleb z dwóch zakresów głębokości, osadów rzecznych i strumieniowych, a także wód powierzchniowych. Ocena sumarycznego zanieczyszczenia gleb umożliwiła wskazanie rejonów, które powinny być poddane remediacji. Są to tereny przemysłowe i silnie zurbanizowane o glebach zanieczyszczonych przez Ba, Cd, Cu, Cr, Hg, Pb i Zn. Na niektórych z nich stwierdzono przekroczenie dopuszczalnych stężeń związków organicznych (DDT, WWA i olejów mineralnych). Alkaliczny odczyn większości gleb jest związany głównie opadami pyłów emitowanych przez zakłady przemysłowe.

III ETAP (1996–2017)

Na obszarze anomalii Zn-Pb-Cd w regionie śląsko-kra-kowskim jest kontynuowane, rozpoczęte w 1996 r., szczegółowe zdjęcie geochemiczne – opracowanie kolejnych arkuszy map w skali 1:25 000, drukowanych w formie oddzielnych atlasów i publikowanych elektronicznie w całości w wersji polskiej i angielskiej (<http://www.mapgeochem.pgi.gov.pl>).

Badania obejmują analizy gleb z dwóch zakresów głębokości: 0,0–0,3 m i 0,8–1,0 m oraz osadów i wód z rzek, strumieni, rowów, kanałów i zbiorników wód stojących. Gęstość opróbowania wynosi 16 próbek/km². Dobrą ilustracją przydatności systematycznie prowadzonych badań szczegółowych jest mapa zawartości ołowiu w glebach arkusza Nowa Góra, gdzie eksploatację rud cynku i ołowiu zakończono ponad 100 lat temu. Historia górnictwa kruszcowego okolic Nowej Góry i Czernej sięga czasów Jagiellonów i najazdu szwedzkiego (Liszka, Świć, 2004). Około 1800 r. w rejonie między Psarami, Lgotą i Ostreżnicą

powstała kopalnia galmanu „Katarzyna” (ryc. 4), której zasoby wyczerpano i zaprzestano wydobywania w 1912 r. Jednak do dziś w okolicznych lasach istnieją pozostałości dołów poeksploatacyjnych, sztolni, szybków i hałd, a środowisko jest bardzo silnie skażone metalami śladowymi (w tym ołowiem). Na znacznym obszarze objętym arkuszem, zawartość tego potencjalnie toksycznego pierwiastka przekracza 250 mg/kg (Pasieczna i in., 2008). Ekologiczną konsekwencją historycznego górnictwa i prymitywnego przetwórstwa rud Zn-Pb jest też deformacja krajobrazu utrzymująca się przez dziesięciolecia.



Ryc. 4. Zawartość ołowiu w glebach (0,0–0,3 m) na terenie arkusza Nowa Góra
Fig. 4. Lead content in soils (0.0–0.3 m) at Nowa Góra sheet

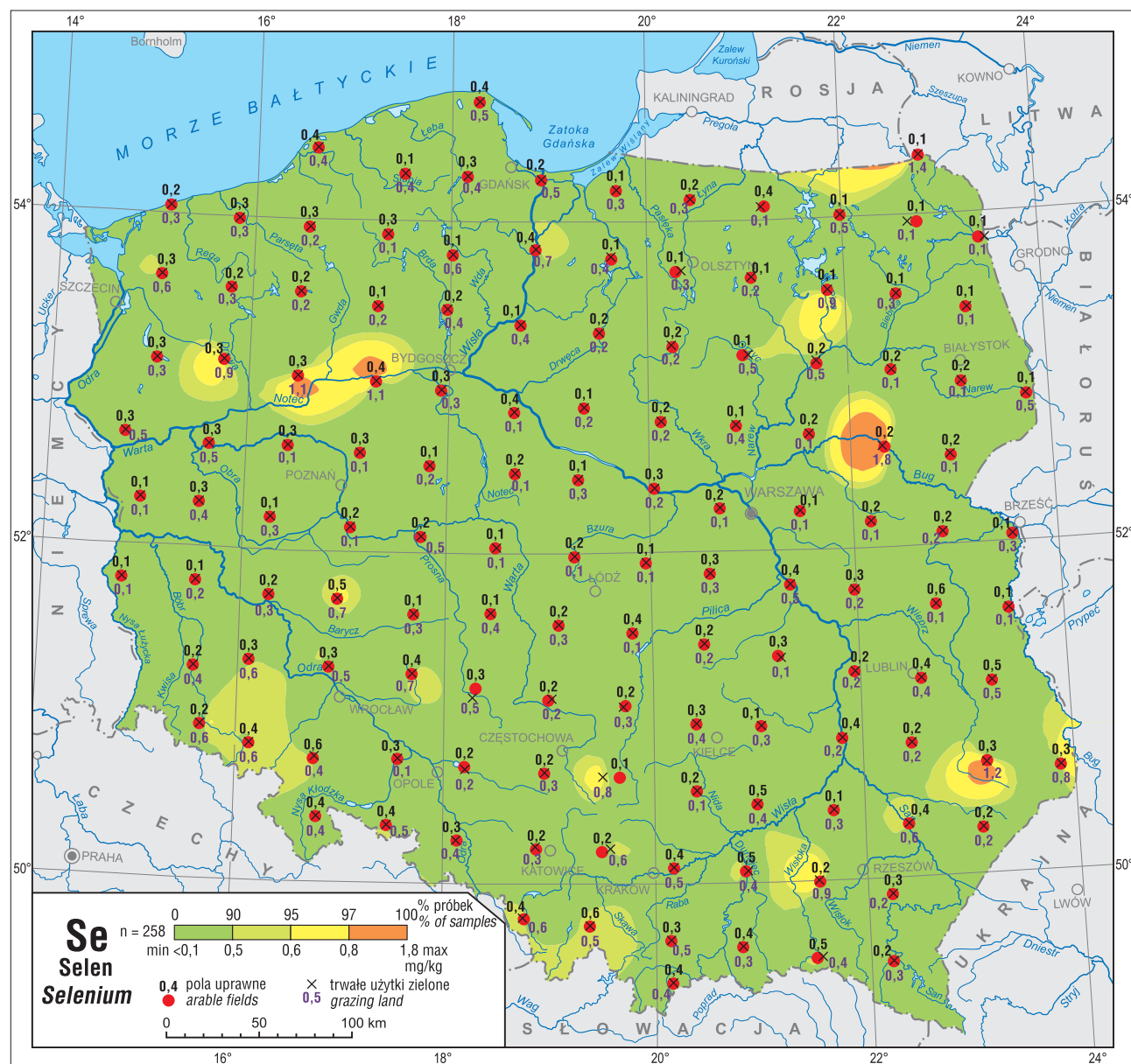
UDZIAŁ PIG-PIB W BADANIACH MIĘDZYNARODOWYCH

Równoległe z badaniami na terenie kraju PIG-PIB uczestniczył w projektach europejskich. W okresie 1995–1997 we współpracy ze Służbą Geologiczną i Instytutem Geologicznym Litwy prowadzono badania geochemiczne na pograniczu polsko-litewskim, których efektem końcowym jest publikacja: *Atlas – geology for environmental protection and territorial planning in the Polish-Lithuanian cross-border area* (Lis i in., 1997). Celem opracowania była ocena 10-letnich zmian antropogenicznego wzbogacenia gleb w wybrane pierwiastki (ze szczególnym uwzględnieniem metali, z uwagi na ich szkodliwe oddziaływanie na organizmy żywe).

W latach 1996–2003 geochemicy PIG-PIB uczestniczyli w realizacji międzynarodowego projektu BSS – *Baltic Soil Survey – International Geochemical Project*, zakończonego wydaniem atlasu geochemicznego *Agricultural Soils*

in Northern Europe (Reimann i in., 2003). Opracowanie umożliwiło ocenę tła geochemicznego i anomalii w glebach użytkowanych rolniczo w krajach regionu bałtyckiego, wykazując, że skład chemiczny badanych gleb jest zależny głównie od litologii skał macierzystych. Oprócz określenia zawartości pierwiastków w glebach użytkowanych rolniczo projekt ten ma znaczenie jako dokumentacja badań geochemicznych w skali regionu. Wyniki badań są podstawą monitoringu zmian i wskazówką dla odpowiedniej komisji Unii Europejskiej przy ustalaniu wytycznych o dopuszczalnych zawartościach pierwiastków szkodliwych w glebach użytków rolnych.

Pod patronatem Międzynarodowej Unii Nauk Geologicznych (IUGS) oraz Międzynarodowej Asocjacji Geochemii i Kosmochemii (IAGC) w latach 1995–2006 wykonano badania i opracowano dwutomowy *Atlas geochemiczny Europy* (Salminen i in., 2005; De Vos i in., 2006), w którego opracowanie byli zaangażowani zarówno geochemicy, jak i pracownicy laboratorium chemicznego



Ryc. 5. Zawartość selenu w glebach (0,0–0,3 m)

Fig. 5. Selenium content in soils (0.0–0.3 m)

PIG-PIB. Zadanie to na podstawie dobrowolnej umowy zrealizowały wspólnie służby geologiczne 26 państw oraz 3 uniwersytety włoskie. Opracowanie jest częścią zadania światowego programu tła geochemicznego (*Global Geochemical Baselines Programme – GGBP*), który zmierza do określenia zawartości ponad 60 pierwiastków i kilku wskaźników w skałach, glebach i innych mediach do badań środowiskowych i geochemiczno-geologicznych. W atlasie wykazano, że zawartości pierwiastków w wodach i mediach stałych odzwierciedlają prowincje metalogeniczno-geotektoniczne, zróżnicowanie serii litologicznych, zasięg złodowaceń oraz zanieczyszczenie przez przemysł i intensywne rolnictwo. Dane zawarte w atlasie stanowią poziom odniesienia dla poszczególnych krajów i podstawę przy ustaleniu bezpiecznych granic potencjalnie szkodliwych pierwiastków w odpowiednich ustaleniach legislacyjnych dla krajów UE. Atlas może być przydatny również do typowania obszarów prospekcji złóżowej. Na przykład pogranicze Hiszpanii i Portugalii, Masyw Centralny we Francji i pewne obszary Szwecji wyróżniają się jako bogate w potas i rubid, a zarazem w składniki rudne, jak beryl, cyna i uran. Korelacja między tymi pierwiastkami jest prawidłowością znaną w metalogenii. Można więc uznać, że są to najlepsze obszary do wyspecjalizowanych poszukiwań wymienionych rud na przyszłość. Szczególną uwagę polskiego czytelnika mogą zwrócić dwa rozdziały załączników *Atlasu geochemicznego Europy*: porównanie danych dotyczących terytorium Polski z różnych okresów badań (Lis, Pasieczna, 2006a) oraz charakterystyka geochemiczna gleb i osadów rzecznych na obszarze występowania utworów lodowcowych w Europie (Lis, Pasieczna, 2006b).

Projekt GEMAS (*Geochemical Mapping of Agricultural Soils and Grazing Lands in Europe*) jest kolejnym wspólnym opracowaniem grupy ekspertów EuroGeoSurveys (EGS), w którym uczestniczyli polscy geochemicy w latach 2008–2014. Jego zwieńczeniem jest publikacja dwutomowego atlasu *Chemistry of Europe's Agricultural soils* (Reimann i in., 2014a, b). Celem projektu było określenie zawartości kilkudziesięciu pierwiastków chemicznych (i wybranych parametrów fizykochemicznych) w glebach oraz podglebiu na terenach pól uprawnych i trwałych użytkach zielonych. Projekt dostarczył porównywalnych danych dla całej Europy, dotyczących zawartości wielu pierwiastków w glebach i pozwolił jednocześnie na określenie czynników determinujących ich biodostępność i toksyczność dla roślin. Ważną częścią projektu GEMAS jest zachowanie „archiwum próbek gleby” o statusie gruntów użytkowanych rolniczo w roku zebrania (2008).

Dane dla gleb z terenu Polski pozyskane w ramach realizacji projektu zostały opracowane oddzielnie w publikacjach poświęconych analizie rozkładów przestrzennych wybranych pierwiastków i parametrów, które nie były badane we wcześniejszych zdjęciach geochemicznych kraju (Pasieczna 2012a, b; Pasieczna, Markowski, 2015). Jednym z tych pierwiastków jest selen (ryc. 5), którego obecność w glebie warunkuje prawidłowy przebieg wielu procesów fizjologicznych i biochemicznych w organizmach żywych, zaś zarówno niedobór, jak i nadmiar skutkują schorzeniami. W glebach pól uprawnych Europy jego zawartość waha się w granicach <0,05–3,8 mg/kg (Reimann i in., 2014a), a na terenie Polski wynosi <0,1–1,8 mg/kg (Pasieczna, Markowski, 2015).

W poszczególnych lokalizacjach zawartości pierwiastków były na ogół większe w glebach trwałych użytkach zielonych w porównaniu z glebami pól uprawnych, co wiąże się z większą zasobnością tych pierwiastków w materii organicznej, posiadającej zdolność sorbowania wielu form pierwiastków. Przestrzenne rozkłady większości analizowanych pierwiastków (B, Be, Bi, Ce, Cs, Ga, Hf, In, La, Mo, Nb, Rb, Sb, Sc, Se, Sn, Te, Th, Tl, TOC, U, W, Y i Zr) wskazują na ich wyraźnie odmienne zawartości w geochemicznej prowincji północnej (Niżu Polskiego) i prowincji południowej (Karpata i Sudetów).

Kartograficzne badania geochemiczne przeprowadzone na terenie kraju przez PIG-PIB w ciągu ostatnich 50 lat umożliwiły określenie tła geochemicznego gleb, osadów rzecznych i wód powierzchniowych w skali przeglądowej. W skałach regionalnych opracowano zdjęcia obszarów miejsko-przemysłowych, a w skali szczegółowej – większości obszarów najbardziej zanieczyszczonych.

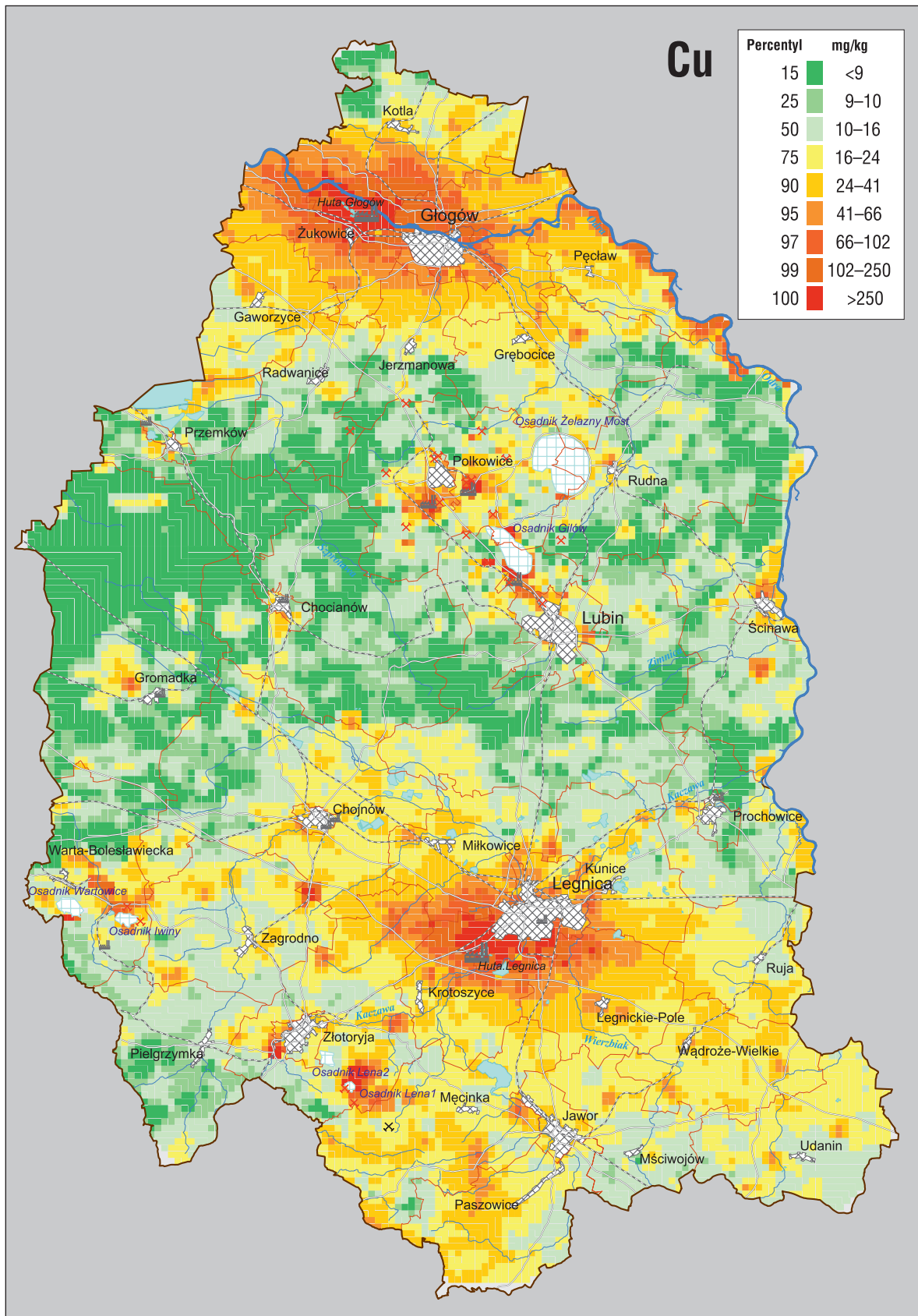
Udział PIG-PIB w realizacji projektów międzynarodowych (BSS, FOREGS i GEMAS) pozwolił na określenie zawartości ponad 60 pierwiastków i kilku wskaźników w skałach, glebach i innych mediach dla celów badań środowiskowych i geochemiczno-geologicznych oraz umożliwił wyznaczenie tła geochemicznego gleb użytkowanych rolniczo.

LITERATURA

- BOJAKOWSKA I., BORUCKI J. 1994 – Molybdenum in stream sediment on the area of occurrence of the Dukla Folds and their margin. *Geol. Quart.*, 38: 155–168.
- BOJAKOWSKA I., BORUCKI J., DEPCIUCH T., KUCHARZYK J., PODKOWIŃSKI L., SOKOŁOWSKA G. 1989 – Regionalne zdjęcie geochemiczne Karpat. *Nar. Arch. Geol. PIG-PIB*, Warszawa.
- DEPCIUCH T., LIS J., PRZENIOSŁO S., SYLWESTRZAK H. 1965a – Powstawanie anomalii uranowych w aluwialach i ich wykrywalność zależnie od uziarnienia analizowanych frakcji. *Prz. Geol.*, 3: 104–107.
- DEPCIUCH T., LIS J., PRZENIOSŁO S., SYLWESTRZAK H. 1965b – Porównywalność i efektywność uranometrycznych zdjęć geochemicznych przy oznaczaniu uranu metodą chemiczną i radiometryczną oraz porównanie ich z radiometrycznym zdjęciem gamma. *Prz. Geol.*, 4: 158–162.
- DE VOS W., TARVAINEN T. (red.) 2006 – *Geochemical atlas of Europe*. Part 2, Geological Survey of Finland, Espoo. <http://weppi.gtk.fi/publ/foregs-atlas/>.
- GÓRECKI J., SZWED E. 2006 – Dawne górnictwo kruszcowe na Ziemi Krzeszowickiej. WUG: bezpieczeństwo pracy i ochrona środowiska w górnictwie, 7: 15–19.
- JĘCZYK M., KANASIEWICZ J. 1973 – Rozsypiska kasyterytu w północnej części bloku izerskiego. *Kwart. Geol.*, 17: 147–172.
- KANASIEWICZ J. 1993 – Metale ciężkie w aluwialach Ziemi Kłodzkiej. *Prz. Geol.*, 41: 2–10.
- KONIECZYŃSKA M. 1998a – Atlas geochemiczny aglomeracji łódzkiej w skali 1 : 100 000. Cz. II. Wody podziemne. Wyd. Państw. Inst. Geol., Warszawa.
- KONIECZYŃSKA M. 1998b – Atlas geochemiczny Wrocławia i okolic w skali 1 : 100 000. Cz. II. Wody podziemne. Wyd. Państw. Inst. Geol., Warszawa.
- LIS J. 1976 – Uranium metallogeny in the Sudetes on the basis of the geochemical survey of alluvial sediments. [W:] *The current metallogenic problems of Central Europe*: 261–287. Warszawa.
- LIS J. 1989 – Poszukiwania geochemiczne wolframu w masywie Karkonoszy. *Kwart. Geol.*, 33 (2): 344.
- LIS J. 1992 – Atlas geochemiczny Warszawy i okolic w skali 1:100 000. Wyd. Państw. Inst. Geol., Warszawa.
- LIS J., PASIECZNA A. 1995a – Atlas geochemiczny Polski w skali 1:2 500 000. Wyd. Państw. Inst. Geol., Warszawa.
- LIS J., PASIECZNA A. 1995b – Atlas geochemiczny Górnego Śląska w skali 1:200 000. Wyd. Państw. Inst. Geol., Warszawa.
- LIS J., PASIECZNA A. 1995c – Atlas geochemiczny Krakowa i okolic w skali 1:100 000. Wyd. Państw. Inst. Geol., Warszawa.

- LIS J., PASIECZNA A. 1998a – Atlas geochemiczny aglomeracji łódzkiej w skali 1:100 000. Cz. I. Gleby, osady wodne, gleby powierzchniowe. Wyd. Państw. Inst. Geol., Warszawa.
- LIS J., PASIECZNA A. 1998b – Atlas geochemiczny aglomeracji szczecińskiej w skali 1:200 000. Cz. I. Gleby, osady wodne, gleby powierzchniowe. Wyd. Państw. Inst. Geol., Warszawa.
- LIS J., PASIECZNA A. 1999 – Atlas Geochemiczny Pobrzeża Gdańskiego w skali 1:250 000. Cz. I. Gleby, osady wodne, gleby powierzchniowe. Wyd. Państw. Inst. Geol., Warszawa.
- LIS J., PASIECZNA A. 2005 – Atlas geochemiczny Poznania i okolic w skali 1:100 000. Wyd. Państw. Inst. Geol., Warszawa.
- LIS J., PASIECZNA A. 2006a – ANNEX 2. Geochemical mapping in Poland: a comparison of the FOREGS Geochemical Atlas of Europe (2005) with the Geochemical Atlas of Poland (1995). [W:] Geochemical atlas of Europe. Part 2, Geological Survey of Finland, Espoo: 489–517. <http://weppi.gtk.fi/publ/foregsatlas/article2.php?id=34>.
- LIS J., PASIECZNA A. 2006b – ANNEX 3. Geochemical characteristics of soil and stream sediment in the area of glacial deposits in Europe. [W:] Geochemical atlas of Europe. Part 2, Geological Survey of Finland, Espoo: 519–539. <http://weppi.gtk.fi/publ/foregsatlas/article2.php?id=35>.
- LIS J., PASIECZNA A., BOJAKOWSKA I., GLIWICZ T., FRANKOWSKI Z., PASŁAWSKI P., POPIOŁEK E., SOKOŁOWSKA G., STRZELECKI R., WOŁKOWICZ S. 1999 – Atlas geochemiczny Legnicko-Głogowskiego Okręgu Miedziowego w skali 1:250 000. Wyd. Państw. Inst. Geol., Warszawa.
- LIS J., PASIECZNA A. (red.), MOJSKI J.E., PRZENIOSŁO S., SYLWESTRZAK H., STRZELECKI R., WOŁKOWICZ S. 2012 – Atlas geochemiczny Polski (zmieniona i uzupełniona wersja internetowa publikacji z 1995 r.). <http://www.mapgeochem.pgi.gov.pl/poland/atlas.html>.
- LIS J., TARAŠKEVIČIUS R., PASIECZNA A. 1997 – Geochemical studies. [W:] Atlas – geology for environmental protection and territorial planning in the Polish-Lithuanian cross-border area. Wyd. Państw. Inst. Geol., Warszawa.
- LISZKA J., ŚWIĆ E. 2004 – Zakłady Górniczo-Hutnicze „Bolesław”: dzieje, wydarzenia, ludzie. Bukowno.
- NAŁĘCZ T. 1998 – Atlas geochemiczny aglomeracji szczecińskiej w skali 1:200 000. Cz. II. Wody podziemne. Wyd. Państw. Inst. Geol., Warszawa.
- NAŁĘCZ T. 1999 – Atlas geochemiczny Pobrzeża Gdańskiego w skali 1:250 000. Cz. II. Wody podziemne. Wyd. PIG-PIB, Warszawa.
- PASIECZNA A. 2012a – Zawartość antymonu i bizmutu w glebach użytków rolnych Polski. *Pol. J. Agronom.*, 10: 21–29.
- PASIECZNA A. 2012b – Molibden i cyna w glebach Polski. *Biul. Państw. Inst. Geol.*, 450: 75–82.
- PASIECZNA A. (red.), LIS J., DUSZA-DOBEK A., GŁOGOWSKA M., GÓRECKI J., WITKOWSKA A. 2008 – Szczegółowa mapa geochemiczna Górnego Śląska 1:25 000, ark. Nowa Góra. Państw. Inst. Geol. Warszawa. <http://www.mapgeochem.pgi.gov.pl/atlas021.html>.
- PASIECZNA A., MARKOWSKI W. 2015 – GEMAS. Badania geochemiczne gleb pól uprawnych i trwałych użytków zielonych w Polsce – raport krajowy. <http://www.mapgeochem.pgi.gov.pl/gemas/atlas.html>.
- PASIECZNA A., SIEMIĄTKOWSKI J., LIS J. 1996 – Atlas geochemiczny Wałbrzycha i okolic w skali 1:50 000. Wyd. Państw. Inst. Geol., Warszawa.
- REIMANN C., BIRKE M., DEMETRIADES A., FILZMOSER P., O’CONNOR P. (red.) 2014a – Chemistry of Europe’s Agricultural Soils. Part A, *Geologisches Jahrbuch, Reihe B, Heft 102*, Hannover.
- REIMANN C., BIRKE M., DEMETRIADES A., FILZMOSER P., O’CONNOR P. (red.) 2014b – Chemistry of Europe’s Agricultural Soils. Part B, *Geologisches Jahrbuch, Reihe B, Heft 103*, Hannover.
- REIMANN C., SIEWERS U., TARVAINEN T., BITYUKOVA L., ERIKSSON J., GILUCIS A., GREGORAUSKIENE V., LUKASHEV V., MATINIAN N.N., PASIECZNA A. 2003 – Agricultural Soils in Northern Europe: A Geochemical Atlas – 2003. *Geologisches Jahrbuch, Sonderhefte, Reihe D, Heft SD 5*, Schweizerbart’sche Verlagsbuchhandlung, Stuttgart.
- SALMINEN R. (red.) 2005 – Geochemical atlas of Europe. Part 1, Geological Survey of Finland, Espoo. <http://weppi.gtk.fi/publ/foregsatlas/>.
- TOMASSI-MORAWIEC H. (red.), BOJAKOWSKA I., DUSZA-DOBEK A., PASIECZNA A. 2016 – Atlas geochemiczny Warszawy i okolic w skali 1:100 000. Wyd. Państw. Inst. Geol., Warszawa.
- TOMASSI-MORAWIEC H., LIS J., PASIECZNA A. 1998 – Atlas geochemiczny Wrocławia i okolic w skali 1:100 000. Cz. I. Gleby, osady wodne, gleby powierzchniowe. Wyd. Państw. Inst. Geol., Warszawa.

Kartograficzne badania geochemiczne w Polsce (patrz str. 344)
 Geochemical Mapping in Poland (see p. 344)



Ryc. 3. Zawartość miedzi w glebach (0,0–0,3 m)
 Fig. 3. Copper content in soils (0.0–0.3 m)