

WPŁYW DZIAŁALNOŚCI GÓRNICTWA WĘGLOWEGO NA KSZTAŁTOWANIE SIĘ ŚRODOWISKA WODNEGO GÓRNOŚLĄSKIEGO ZAGŁĘBIA WĘGLOWEGO W WIELOLECIU

IMPACT OF COAL MINING ACTIVITY ON GROUND AND SURFACE WATERS ENVIRONMENT IN THE UPPER SILESIA COAL BASIN IN THE MULTIYEAR PERIOD

ANDRZEJ RÓŻKOWSKI¹, KAZIMIERZ RÓŻKOWSKI²

Abstrakt. Górnictwo węgla kamiennego ma w Górnośląskim Zagłębiu Węglowym kilkunastowieczną tradycję, a jego działalność aktywnie przekształca środowisko wodne. Początkowo prowadzona na niewielką skalę odkrywkowa nadpoziomowa eksploatacja oraz płytka podpoziomowa eksploatacja (70–100 m p.p.t.) nie wpływały istotnie na reżim wód podziemnych w basenie węglowym. Intensywny rozwój górnictwa w latach 1901–1911 i związana z nim budowa 25 nowych kopalń, o głębokościach dochodzących do ok. 700 m, aktywnie przeobraziła naturalne środowisko wodne. Po II wojnie światowej nastąpił szczególnie aktywny rozwój górnictwa. Zbudowano 21 nowych kopalni, których głębokości wzrastały do 1200 m. Pod wpływem drenażu górniczego przekształcony został naturalny układ pola hydrodynamicznego i hydrochemicznego w basenie węglowym. Poeksploatacyjne deformacje górotworu i powierzchni terenu doprowadziły do zmian sieci hydrograficznej i formowania się zalewisk. Odprowadzane do rzek silnie zmineralizowane i często radoczynne wody kopalniane prowadziły do obniżenia jakości wód rzecznych i często do zaniku w nich życia biologicznego. Po 1989 roku rozpoczął się okres restrukturyzacji górnictwa węglowego i związana z nim częściowa likwidacja kopalń prowadząca do przekształcania antropogenicznie zmienionego środowiska hydrogeologicznego.

Słowa kluczowe: warunki hydrogeologiczne, wpływ górnictwa na środowisko wodne, Górnośląskie Zagłębie Węglowe.

Abstract. The Upper Silesian Coal Basin (USCB) has diversified geological structure and hydrogeological conditions what influences variable inflows to the coal mines. Coal mining has been carried out at this area for several centuries and its activity strongly transforms the aquatic environment. Opencast exploitation conducted initially on a small scale did not influence considerably on groundwater regime. At the turn of the 18th and 19th century begun shallow, sublevel exploitation (70–100 m below the surface), which caused drainage of the roof strata of Carboniferous and its overburden. Intensive development of the mining industry in the years 1901–1911, and the related construction of 25 new mines at depths of up to about 700 m, significantly transformed the natural hydrologic environment. After the Second World War specially intensive development of coal mining took place. Built 21 new mines reach depth up to 1200 m. Under the influence of mine drainage natural hydrodynamic and hydrochemic fields within the coal basin are transformed. Post-exploitation deformations of rock mass and surface area lead to changes in the hydrographic network and the formation of inundated areas. Discharged into the rivers highly mineralized and often radioactive mine waters lead to drastic modification of water quality and their biologic life. After 1989 begins the period of restructuring of coal mining and associated partial closure of mines leading to transformation of anthropogenically influenced hydrogeological environment.

Key words: hydrogeological conditions, impact of mining on hydrologic environment, Upper Silesian Coal Basin.

¹ Uniwersytet Śląski, Wydział Nauk o Ziemi, ul. Będzińska 60, 41-200 Sosnowiec; e-mail: adrozko@o2.pl

² Akademia Górniczo-Hutnicza im. S. Staszica w Krakowie, Wydział Górnictwa i Geoinżynierii, al. Mickiewicza 30, 30-059 Kraków; e-mail: kazik@agh.edu.pl

WSTĘP

Działalność górnictwa węgla kamiennego ma w Górnośląskim Zagłębiu Węglowym kilkunastowieczną tradycję. Prowadzona eksploatacja górnictwa powoduje przekształcenie naturalnych stosunków wodnych zarówno pod względem ilościowym, jak i jakościowym. Dotyczy to wód podziemnych i powierzchniowych. Obserwowane obecnie na obszarze zagłębia głębokie przeobrażenie naturalnego środowiska

wodnego przebiegało na przestrzeni od XVIII do XXI wieku z różnym natężeniem, głównie w zależności od warunków geologicznych i górniczo-technicznych prowadzonej eksploatacji górnictwa. Zmieniający się w czasie zakres antropogenicznych przeobrażeń środowiska wodnego oraz czynniki kształtujące te zmiany są tematem niniejszego artykułu.

BUDOWA GEOLOGICZNO-STRUKTURALNA I CHARAKTERYSTYKA HYDROGEOLOGICZNA ZAGŁĘBIA

Górnośląskie Zagłębie Węglowe (GZW) posiada powierzchnię około 7500 km², w tym ok. 5500 km² na obszarze Polski (fig. 1). Budowa geologiczna zagłębia uformowała się w czasie orogenezy waryscyjskiej, przebudowa zaś przy-

padła na orogenezę alpejską. W profilu geologicznym GZW występują utwory od prekambriu do czwartorzędu włącznie, o zróżnicowanym wykształceniu litologicznym i łącznej miąższości dochodzącej do 8000 m. Całkowita, sumaryczna,

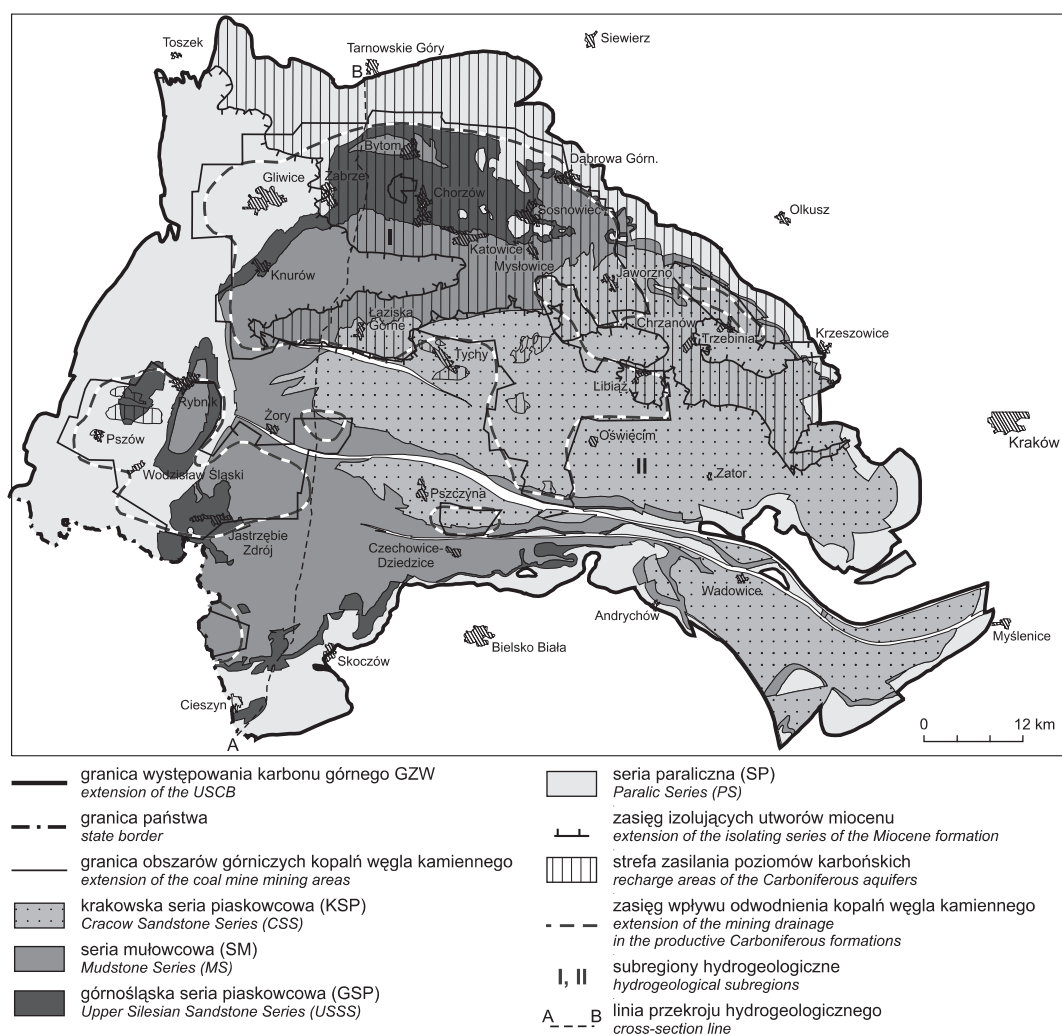


Fig. 1. Mapa hydrogeologiczna Górnośląskiego Zagłębia Węglowego (GZW)

Hydrogeological map of the Upper Silesian Coal Basin (USCB)

miąższość osadów węglonośnych karbonu górnego szacowana jest na 8500 m (Kotas, red., 1994). Utwory karbonu produktywnego są reprezentowane przez kompleks skał piaszczowcowo-mułowcowo-iłowcowy z pokładami węgla. Obszar zagłębia mieści się w zasięgu kilku alpejskich struktur geologicznych, co wpływa w sposób istotny na zróżnicowany styl jego budowy geologicznej (fig. 1, 2). W południowej i południowo-zachodniej części zagłębia znajduje się zapadlisko przedkarpackie wypełnione ilastymi molasowymi utworami neogenu, leżącymi bezpośrednio na utworach karbonu produktywnego. Struktura ta w południowej części znajduje się pod nasunięciem Karpat fliszowych. Północna i północno-wschodnia część zagłębia położona jest natomiast w zasięgu mezozoicznej węglanowej pokrywy platformowej, stanowiącej fragment monokliny śląsko-kraakowskiej. Jedynie w centralnej części zagłębia, w rejonie cokołu platformy epiwarwaryjskiej, utwory karbonu produktywnego przykryte są bezpośrednio osadami czwartorzędowymi.

Jednostka hydrogeologiczna górnośląskiego basenu węglowego ma rangę regionu lokalnego, zwanego regionem górnośląskim (Rózkowski, 2003). W jego zasięgu wydzielono dwa subregiony hydrogeologiczne: północno-wschodni (I) i południowo-zachodni (II), o wyraźnych założeniach tektonicznych i zróżnicowanej budowie geologicznej i tym samym odmiennych warunkach hydrogeologicznych (fig. 1). Granicę między subregionami wyznacza zasięg ilastych utworów neogenu.

Występujące w stropie karbonu produktywnego w subregionie I kenozoiczne i mezozoiczne poziomy wodonośne znajdują się w więzi hydraulicznej z karbońskimi poziomami wodonośnymi (fig. 2). W subregionie II, w stropie karbonu produktywnego występują izolujące ilaste utwory neogenu. Więź hydrauliczna między karbońskimi i czwartorzędowymi poziomami wodonośnymi występuje jedynie lokalnie w zasięgu okien hydrogeologicznych.

W profilu hydrogeologicznym karbonu produktywnego występują zespoły oddzielnych szczelinowo-porowych poziomów wodonośnych zbudowanych z piaszczowców i zlepieńców. Poziomy te o miąższościach od kilku do kilkudziesięciu metrów, są od siebie oddzielone wkładkami izolujących iłowców. Obserwuje się radykalne obniżanie się przepuszczalności ($k = 10^{-4}$ – 10^{-11} m/s) i wodonośności ($q = 10,26$ – $0,0016$ m³/h·m) warstw wodonośnych karbonu z głębokością (Wagner, 1998; Rózkowski, Witkowski, 2004).

Przepływ wód podziemnych w utworach karbonu następuje od obszarów kształtowania się wysokich ciśnień hydrostatycznych, w strefach zasilania subregionu I, do obszarów niższych ciśnień w subregionie II. Aktualnie drenaż systemu przepływu następuje lokalnie przez doliny rzeczne w rejonie wychodni, przede wszystkim jednak przez wyrobiska górnicze kopalń węgla kamiennego. Intensywny drenaż wód przez kopalnie węgla doprowadził do powstania rozległych obszarów obniżonych ciśnień piezometrycznych w utworach karbonu (fig. 1).

W zasięgu GZW obserwuje się występowanie strefowości hydrochemicznej (Labus, 2003; A. Rózkowski, red., 2004; Pluta, 2005). Jest ona lokalnie zaburzona geogenicznymi i antropogenicznymi anomaliami, a nawet inwersjami hydrochemicznymi. Strefowość hydrochemiczna charakteryzuje się wzrostem mineralizacji wód w przedziale 0,3–372,0 g/dm³ oraz zmianami ich składu chemicznego wzdłuż dróg przepływu. Zmiany składu anionowego wód przebiegają zgodnie z sekwencją: HCO₃⁻ → SO₄²⁻ → Cl⁻. Podstawą wydzielania stref hydrochemicznych w GZW jest występowanie w jego profilu hydrogeologicznym dwóch genetycznie różnych typów wód izotopowo udokumentowanych. Są to niskomineralizowane współczesne wody infiltracyjne oraz podścielające je reliktywne solanki. Strefę przejściową między tymi genetycznie różnymi wodami tworzy strefa wód mieszanych o podwyższonej mineralizacji i zróżnicowanym składzie chemicznym.

EKSPLOATACJA ZŁÓŻ WĘGLI KAMIENNYCH I JEJ WPŁYW NA ŚRODOWISKO WODNE

Górnośląskie Zagłębie Węglowe jest jednym z największych zagłębi w Europie, biorąc pod uwagę zasoby i wielkość eksploatacji złóż węgla kamiennych. Roczna produkcja węgla na skalę przemysłową w obecnie polskiej części zagłębia, wzrastała od ok. 1,6 mln t/rok w połowie XVIII wieku do maksymalnie 201 mln t/rok w drugiej połowie XX wieku, by w pierwszej dekadzie XXI wieku, w związku z prowadzoną restrukturyzacją górnictwa, obniżyć się do ok. 76 mln t/rok. Przeobrażenia systemowe górnictwa węgla kamiennego prowadzą do likwidacji poszczególnych kopalń ze względu na ich nierentowność lub wyczerpanie zasobów węgla.

Eksploatacja górnictwa prowadzona w kopalniach węgla kamiennego w GZW wpływa w sposób zasadniczy na kształtowanie się środowiska wodnego na tym obszarze.

Górnictwo przeobraża naturalne środowisko wodne zarówno pod względem jakościowym, jak i ilościowym (Rogoż, Posyłek, 2000; Wilk, red., 2003; Szczepański, 2004; A. Rózkowski, K. Rózkowski, 2010). Aktywność antropogenicznego przeobrażenia środowiska wodnego zagłębia oraz jego zakres i tendencje ulegały zmianom w okresie wielolecia. Wspomniane zmiany należy wiązać z intensywnym rozwojem górnictwa i stosowanymi metodami eksploatacji na przestrzeni XVIII–XX wieku oraz następnie zmniejszeniem eksploatacji w okresie aktualnej restrukturyzacji górnictwa na przełomie XX i XXI wieku. W ramach tego ostatniego procesu obok zamykania zakładów górniczych prowadzi się również ich łączenie.

Do połowy XVIII wieku eksploatacja węgla na Górnym Śląsku prowadzona była z reguły metodą odkrywkową w rejo-

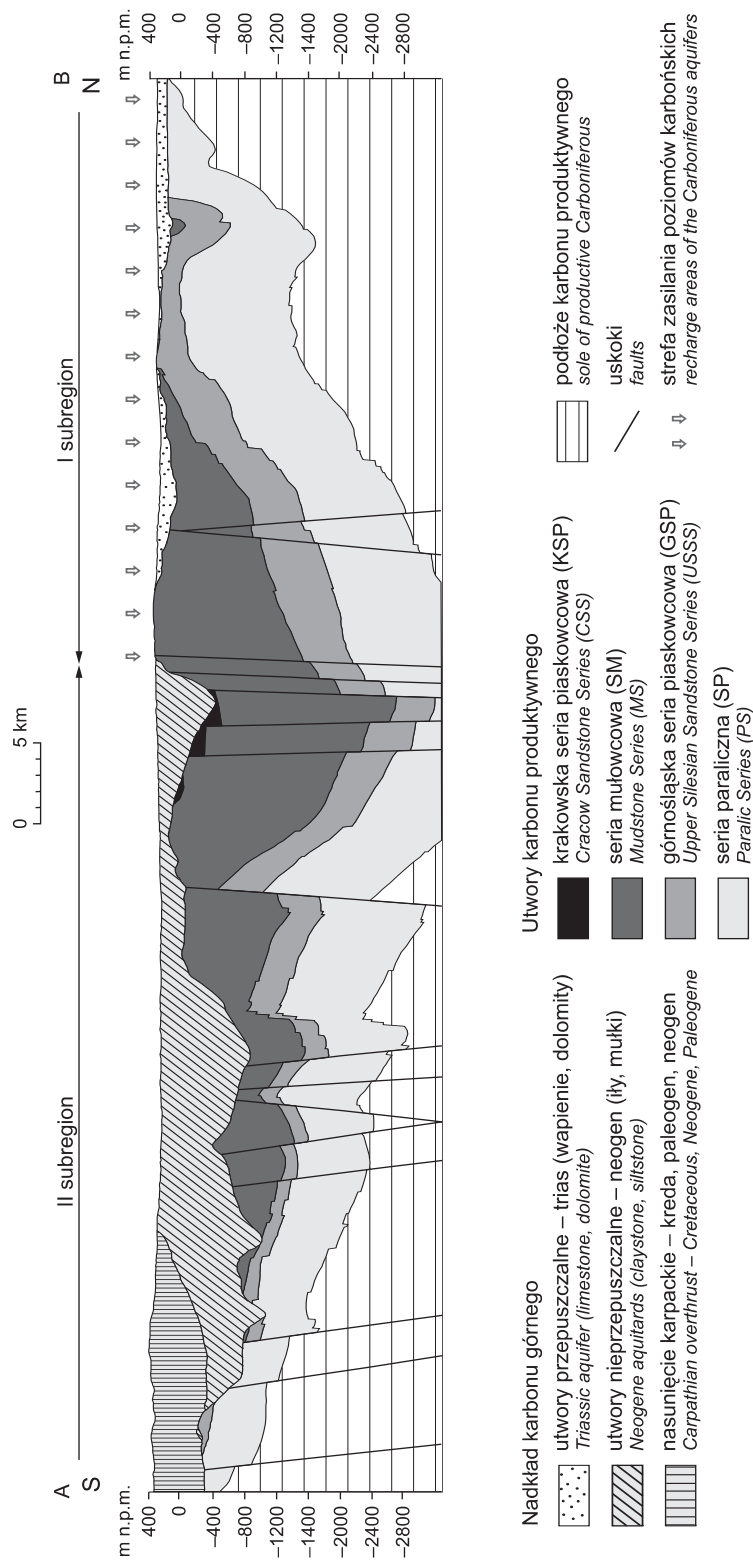


Fig. 2. Przekrój geologiczny przez GZW (wg W. Krieger)
Geological cross-section through USC B (after W. Krieger)

nie wychodni, ponad zwierciadłem wód podziemnych. W rejonie Kostuchny, a również Mysłowic, istniały jedne z najstarszych kopalń odkrywkowych węgla, kopalnie Murcki (1740) i Reden (1785). W kopalni Murcki w 1765 r. przystąpiono do pierwszej eksploatacji szybowej.

Zgodnie z publikacją Jarosa (1973) najbardziej rozwinięta eksploatacja była w okręgu górnośląskim. Władze pruskie w latach 80. XVIII wieku i w wieku XIX przystąpiły bowiem do tworzenia na Górnym Śląsku nowoczesnego ośrodka górniczo-hutniczego. Prowadzona była efektywna eksploatacja filarowa podziemna, a odwadnianie kopalń realizowano coraz częściej przy pomocy pomp. Lokalnie udostępniano złoża przy pomocy sztolni, które budowano jednak głównie celem odwadniania złoża. Najdłuższa sztolnia, tzw. sztolnia kluczowa, prowadzona w rejonie Zabrze–Chorzów miała długość 14,2 km. W połowie XIX wieku większość kopalń przystąpiła do tzw. eksploatacji głębinowej, czyli poniżej poziomu najgłębszej sztolni, co wiązało się z odwadnianiem szybem i zastosowaniem pomp. Płytsze, niewielkie kopalnie z reguły korzystały z sąsiedztwa większych, eksploatujących głębiej, pozostając w leju depresji. W 1859 roku spośród wszystkich 83 kopalń węgla 44 odwadniane były wyłącznie przy użyciu maszyn parowych (Jaros, 1965).

W okręgu dąbrowskim szybki rozwój górnictwa zaczął się dopiero w okresie Królestwa Kongresowego dzięki działalności Staszica. Pierwsze niewielkie kopalnie odkrywkowe powstały w latach 80. XVIII wieku, co wiązało się z rozwojem górnictwa cynkowego. Okręg krakowski był pod względem technicznym bardziej opóźniony w rozwoju od dąbrowskiego. Złoża udostępniane były tu odkrywkowo, a następnie upadowymi.

Aktywny rozwój górnictwa przypada na lata 1901–1918, w którym to okresie zbudowano 25 nowoczesnych kopalni. Głębokość ich wzrosła do 700 m. Ponowny, niezwykle szybki, rozwój górnictwa w GZW notuje się po II wojnie światowej. Wybudowano wówczas 21 nowych kopalni, w tym w Centralnym Okręgu Węglowym (COW) 6 kopalń, w Rybnickim Okręgu Węglowym (ROW) – 12 oraz w Mikołowsko-Pszczynskim Okręgu Węglowym (MPOW) – 3 (Wilk, red., 2003). Głębokość eksploatacji wzrosła do 1120 m.

Zakres antropogenicznego przeobrażenia środowiska hydrogeologicznego w rejonach górniczych jest uzależniony od czynników geogenicznych i górniczo-technicznych. Wśród czynników geogenicznych zasadnicze znaczenie ma litologiczne wykształcenie serii karbonu produktywnego i jego nadkładu, wzrastająca z głębokością diagenetyzacja skał oraz zaangażowanie tektoniczne górotworu. Uwzględniając wspomniane fakty, zasadniczo różne są intensywność i zakres oddziaływania eksploatacji górniczej na środowisko hydrogeologiczne w I i II subregionie hydrogeologicznym.

W subregionie I wydzielić można dwa odmienne układy hydrogeologiczne. Pierwszy układ obejmuje obszar siodła głównego oraz fałdowo-blokowy obszar północno-wschodniej części zagłębia (cokół epiwarwieskijski). W zasięgu tego układu w bezpośrednim stropie karbonu występują utwory czwartorzędu. Dopływy do kopalń są tu zmienne w grani-

cach od kilku do 30 m³/min. Wysokie dopływy są charakterystyczne dla obszarów górniczych położonych w zasięgu współczesnych i kopalnych dolin rzecznych.

Drugim układem hydrogeologicznym objęte są obszary niecki bytomskiej i chrzanowskiej (platforma mezozoiczna), gdzie w bezpośrednim stropie karbonu występują utwory triasu. Dopływy do kopalń wahają się w granicach 10–25 m³/min. Zwiększone dopływy do kopalń występują w strefach drożnych dyslokacji oraz w warunkach eksploatacji zawałowej prowadzonej w stropie utworów karbonu.

W subregionie II, w zasięgu zapadlisk neogeńskich w południowej i północno-zachodniej części zagłębia, utwory karbonu przykryte są izolującymi osadami neogenu. Zawodnienie kopalń mieści się w granicach kilku m³/min i pochodzi głównie z drenażu zasobów statycznych utworów karbonu, lokalnie z drenażu spagowych ogni neogenu oraz zasilania infiltracyjnego w zasięgu obszarów okien hydrogeologicznych.

Chemizm wód kopalnianych formuje się w różnych ośrodkach geologicznych, w warunkach zmiennego oddziaływania czynników antropogenicznych. Stąd w zasięgu wpływu eksploatacji górniczej mogą występować na tych samych głębokościach zróżnicowane wartości mineralizacji i różne typy chemiczne wód kopalnianych.

Istotny wpływ na przekształcenie środowiska hydrogeologicznego ma czynnik górniczo-techniczny, w tym drenaż górniczy górotworu. Prowadzona eksploatacja górnicza, a zwłaszcza jej zakres, głębokość, czas oraz stosowane metody eksploatacji, powodują w różnym stopniu udrożnienie górotworu. Eksploatacji towarzyszą bowiem zawały, spękania i odprężenie skał. Wyróbiska korytarzowe, stare zroby i szczeliny oraz spękania poeksploatacyjne udrażniają górotwór w zasięgu wpływu eksploatacji, zwiększając jego właściwości filtracyjne (Bukowski, 1999). Ogólna porowatość górotworu wyraźnie wzrasta. Prowadzone roboty górnicze powodują również tworzenie się połączeń hydraulicznych między naturalnie izolowanymi warstwami wodonośnymi, na skutek rozwarstwienia warstw izolujących. Tworzy się także sztuczna więź hydrauliczna między wodami powierzchniowymi i podziemnymi.

Zasadniczą rolę w przekształceniu warunków hydrogeologicznych odgrywa drenaż górniczy. Prowadzi on do zmniejszenia zasobów użytkowych wód podziemnych, jak również często do całkowitego osuszania drenowanego górotworu. Pod wpływem drenażu górniczego zmianom ulega układ pola hydrodynamicznego. Obniża się ciśnienie piezometryczne, następują zmiany – dróg i prędkości przepływu wód podziemnych. Drenażem górniczym objęty jest górotwór karboński oraz czwartorzędowe i triasowe użytkowe poziomy wodonośne, lokalnie – poziomy neogenu, występujące w bezpośrednim stropie karbonu. Szczególnie intensywne jest oddziaływanie drenażu na środowisko wodne w warunkach wielkopowierzchniowej skupionej eksploatacji górniczej. Zasięg drenażu ma wówczas charakter regionalny.

Składowane na powierzchni terenu oraz w wyróbkach poeksploatacyjnych odpady pogórnice wpływają negatywnie na jakość użytkowych wód podziemnych, a na mniejszą

skalę na jakość wód powierzchniowych. Zanieczyszczenie antropogeniczne środowiska wodnego w rejonach zwałowisk odpadów karbońskich jest spowodowane wymywaniem łatwo rozpuszczalnych soli i wprowadzaniem ich do wód podziemnych i powierzchniowych. Wyniki badań Szczepańskiej (1987) wykazały łatwe i szybkie ługowanie z odpadów chlorków oraz długotrwałe, rzędu kilkudziesięciu lat, wymywanie siarczanów. Świadczy to, że zwałowiska górnicze stanowią trwałe ogniska zanieczyszczeń, istniejące jeszcze przez długi okres czasu po likwidacji kopalń węgla.

Prowadzona w GZW eksploatacja górnicza wpływa również na zmianę naturalnego środowiska wód powierzchniowych. Poeksploatacyjne deformacje i przekształcenia górotworu oraz powierzchni terenu prowadzą do zmiany struktury sieci rzecznej, a także formowania się antropogenicznych zbiorników wodnych i powstawania podtopień terenu (Staszewski, 1992). Struktura sieci rzecznej w rejonach prowadzonej eksploatacji górniczej zaznacza się przede wszystkim

zmianami przebiegu wododziałów i układu sieci rzecznej, częściowym zanikiem górnych odcinków cieków naturalnych oraz powstaniem cieków sztucznych, odprowadzających ścieki przemysłowe (Jankowski, 1987). Pompowane z kopalń wody, głównie zmineralizowane, są w większości odprowadzane do cieków, powodując wzrost zasolenia i zmiany jakości wód rzecznych, a nawet zanik w nich życia biologicznego.

Celem zmniejszenia ilości ładunków soli zrzucanych z wodami kopalnianymi do cieków, w praktyce górniczej stosuje się metody ograniczające zanieczyszczenie wód rzecznych (Rogoż, Posyłek, 2000). Są to metody: górnicze – mające na celu ograniczenie zrzutu solanek do rzek, poprzez zmiany lokalizacji robót górniczych lub ich magazynowanie w wyrobiskach górniczych; hydrotechniczne – chroniące wody rzeczne, poprzez dozowanie dopływu wód kopalnianych ze zbiorników retencyjnych (zbiornik Brzeszcze), czy też kolektorów dozujących (kolektor Olza); odsalanie wód kopalnianych.

ZMIANY NATĘŻENIA ANTROPOPRESJI NA ŚRODOWISKO WODNE WRAZ Z ROZWOJEM EKSPLOATACJI GÓRNICZEJ

Wpływ oddziaływania eksploatacji złóż węgla kamiennego na środowisko wodne jest zróżnicowany w okresie wielolecia. Prowadzona do połowy XVIII wieku w I subregionie hydrogeologicznym odkrywkowa, nadpoziomowa, eksploatacja górnicza nie wpływała na reżim wód podziemnych. Prowadzić mogła lokalnie do obniżenia jakości wód pierwszego poziomu wodonośnego i wód powierzchniowych.

W okresie od połowy XVIII wieku do połowy XIX wieku prowadzona była na coraz większą skalę eksploatacja podpoziomowa. Głębokość eksploatacji nieprzekraczającej 70–100 m powodowała drenaż utworów nadkładu oraz stropowych ogniw karbonu, wpływając na układ pola hydrodynamicznego oraz sieci hydrograficznej. Tworzyły się obszary zalewiskowe. Odprowadzane wody kopalniane pochodziły ze strefy aktywnej wymiany i charakteryzowały się niską mineralizacją. Wody te były wykorzystywane przez przemysł.

Druga połowa XIX i początki XX wieku to okres aktywnego rozwoju górnictwa. Budowa licznych głębinowych kopalń w I i II subregionie hydrogeologicznym wywołała znaczące, niekorzystne zmiany w środowisku wód podziemnych i powierzchniowych. Obserwowano intensywny drenaż utworów nadkładu oraz utworów karbonu w I subregionie oraz utworów karbonu w II subregionie. Na skutek odkształcenia powierzchni terenu tworzyły się dalsze obszary zalewiskowe, a zmianom ulegał układ sieci hydrograficznej. Ze względu na większe głębokości eksploatacji kopalnie pompowały wody silniej zmineralizowane, które odprowadzane do rzek wpływały negatywnie na jakość ich wód.

Intensywny rozwój górnictwa węglowego w GZW związany z aktywnym oddziaływaniem na środowisko wodne

miał miejsce w okresie po drugiej wojnie światowej, osiągając swe maksimum z końcem lat 80. XX w.

Wraz z rekonstrukcją, rozbudową istniejących i budową nowych kopalń wzrastała ilość pompowanych wód oraz głębokość i zasięg wpływu oddziaływania drenażu górniczego na środowisko hydrogeologiczne (fig. 3). Początkowo dążono do łączenia starych, niewielkich zakładów, koncentrując wydobycie przy racjonalnej gospodarce złożem. Dopływ globalny do funkcjonujących kopalń już w roku 1947 ($345 \text{ m}^3/\text{min}$) był porównywalny do notowanego w okresie międzywojennym (1935 rok – $368,5 \text{ m}^3/\text{min}$). Późniejszy stopniowy wzrost wielkości dopływów, począwszy od około $494 \text{ m}^3/\text{min}$ w roku 1956, przez $683 \text{ m}^3/\text{min}$ (1960), po $760 \text{ m}^3/\text{min}$ w 1984 roku (fig. 3), był efektem otwierania nowych poziomów wydobywczych i postępującej rozeinki już eksploatowanych. Ze względu na dużą ilość przemysłowych pokładów węgla, występujących w wiekowo różnych seriach litostratygraficznych karbonu górnego, kończąc eksploatację płytko zalegających pokładów, sięgano po położone coraz głębiej, prowadząc wydobycie węgla równoległe na głębokościowo różnych poziomach eksploatacyjnych. Nowe poziomy wydobywcze otwierano na głębokościach na ogół przekraczających 700 m. Wyrobiska górnicze, w przypadku starych kopalń węgla, z reguły pokryły niemal całą powierzchnię obszarów górniczych. Wraz ze wzrostem głębokości, drenażowi podlegały kolejne poziomy wodonośne, o często utrudnionej alimentacji i długich drogach przepływu. Wzrost głębokości eksploatacji nie powoduje generalnie zwiększania zawodnienia kopalń, ze względu na wzrastający z głębokością stopień diagenetyzacji skał. Obserwuje się natomiast dopływy coraz to wyżej zmineralizowanych wód do głęboko położonych wyrobisk górniczych,

w efekcie odwadniania górotworu położonego w strefie hydrodynamicznej stagnacji. Istotną rolę odgrywa również wzrastający rozwój eksploatacji w ramach II subregionu hydrogeologicznego, przekładając się na stopniowo coraz większe dysproporcje, pomiędzy średnią mineralizacją wód zrzuconych w ramach zlewni Odry względem zlewni Wisły. Począwszy od roku 1970 średnia mineralizacja odpompowywanych wód wzrosła z poziomu $4,9 \text{ g/dm}^3$ do $12,5 \text{ g/dm}^3$ w roku 1996 (A. Rózkowski, 2008). Oszacowane ładunki zanieczyszczeń w postaci sumy jonów Cl^- i SO_4^{2-} , zrzucane do wód powierzchniowych, wzrastały początkowo powoli z poziomu 1600 t/d (1956), przez 1900 t/d (1971), 3400 t/d (1980), aż po 6100 t/d w roku 1987 (fig. 3). Z drugiej strony, przy powszechnie stosowanej eksploatacji systemem na zawal bez użycia podsadzki wzrasta drożność górotworu, ułatwiając pionową migrację wód z płytszych poziomów. W konsekwencji powiększa się strefa wód infiltracyjnych oraz przejściowa, związana z obecnością wód mieszanych.

Ograniczenia inwestycyjne, związane z ekonomicznym kryzysem lat osiemdziesiątych i spadkiem zapotrzebowania na węgiel, wpłynęły na zmniejszenie wydobywania. Wraz ze spadkiem produkcji, w wyniku podjętych działań polegających na łączeniu kopalń, a także ich częściowej likwidacji, zmniejszeniu ulegają dopływy, do poziomu $559 \text{ m}^3/\text{min}$ w roku 1996 i $420 \text{ m}^3/\text{min}$ po kolejnych trzynastu latach. Wraz ze zmniejszeniem zrzutów wód, spada odprowadzany ładunek, do wartości około 4200 t/d w roku 2009 (fig. 3).

W latach pięćdziesiątych ubiegłego wieku eksploatacja prowadzona była głównie w Górnośląskim Okręgu Węglowym (GOW) w rejonie płytkiego występowania karbonu

produktywnego w I subregionie hydrogeologicznym, w zasięgu struktur siodła głównego i strefy fałdowań w północno-wschodniej części zagłębia. W subregionie II eksploatacja prowadzona była na mniejszą skalę, w rejonie Rybnickiego Okręgu Węglowego (ROW). Kopalnie pompowały łącznie $494,2 \text{ m}^3/\text{min}$ wód (1957 rok) o zróżnicowanej, generalnie niskiej mineralizacji. Średnia mineralizacja pompowanych wód wynosiła $4,9 \text{ g/dm}^3$. Odprowadzane do cieków wody kopalniane zawierały ładunek jonów $\text{Cl}^- + \text{SO}_4^{2-}$ w wysokości 1600 t/d.

Kopalnie położone w zasięgu subregionu I znajdowały się w 1 i 2 układzie hydrogeologicznym. Eksploatacja prowadzona była na głębokości przeciętnie 300 m i do tej głębokości obserwowano wysłodzenie wód w górotworze karbońskim. Drenowany był głównie górotwór górnośląskiej serii piaskowcowej (GSP) i serii mułowcowej (SM), w mniejszym zakresie krakowskiej serii piaskowcowej (KSP). Drenowane były również czwartorzędowe i triasowe poziomy wodonośne występujące w nadkładzie karbonu. Dopływy wód do kopalń były wysokie i charakteryzowały się niską mineralizacją. Postępujący rozwój działalności górniczej i związany z nim drenaż górniczy prowadził do formowania się rozległych lejów depresji.

Kopalnie położone w zasięgu subregionu II charakteryzowały się głębokościami rzędu 700 m oraz niewielkimi dopływami, głównie wód zmineralizowanych. Drenażowi podlegały utwory serii mułowcowej oraz serii paralicznej karbonu produktywnego. Lokalnie w zasięgu okien hydro-

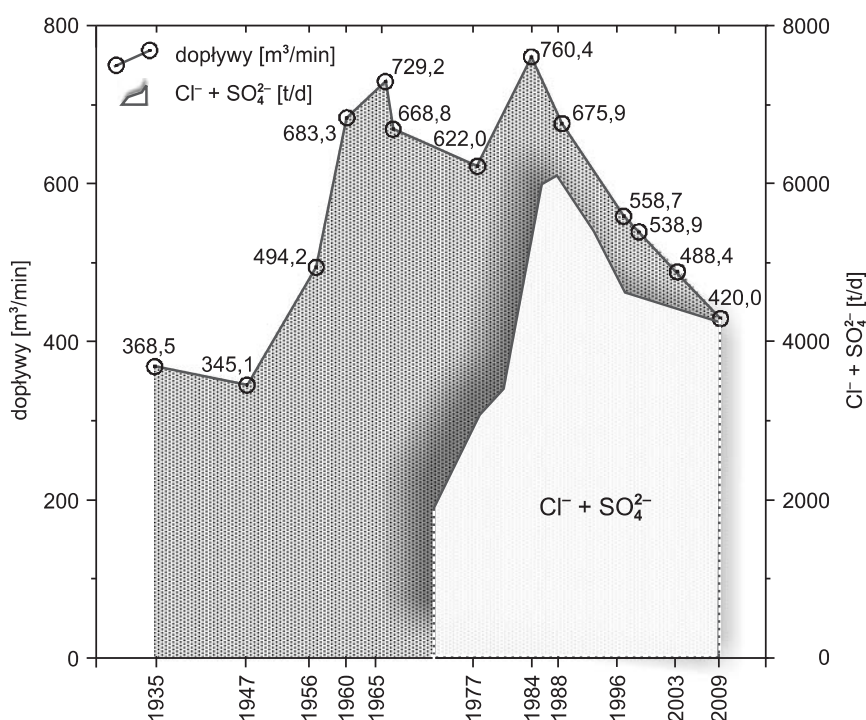


Fig. 3. Zmienność dopływu sumarycznego do kopalń GZW oraz ładunku jonów $\text{Cl}^- + \text{SO}_4^{2-}$ zrzucanego do wód powierzchniowych w czasie

Variation of total water inflow into the USCB mines and loads of $\text{Cl}^- + \text{SO}_4^{2-}$ ions discharged into watrecoours in time

geologicznych drenowane były poziomy wodonośne czwartorzędu. Obserwowano postępujące wysłodzenie wód w górotworze karbońskim objętym eksploatacją górnica.

Wraz z dalszym rozwojem działalności górniczej, na przestrzeni drugiej połowy XX wieku, zaznaczał się wzrost dopływu wód podziemnych do wyrobisk górniczych (fig. 3). Odwadniająca działalność górnictwa węgla kamiennego doprowadzała do obniżenia naturalnej podstawy drenażu w górotworze karbońskim, do głębokości maksymalnie 1200 m poniżej poziomu terenu. Obserwowano dynamicznie postępujące zmiany układu pola hydrodynamicznego i hydrogeochemicznego w zasięgu wpływu oddziaływania eksploatacji górniczej. Ze względu na zwiększającą się w czasie ilość i mineralizację pompowanych wód, zasolenie odprowadzanych wód kopalnianych do cieków stale wzrastało (Rogoż, Posyłek, 2000; A. Rózkowski, 2003).

W okresie maksymalnego rozwoju eksploatacji w połowie lat 80. XX wieku dopływy wód do wyrobisk górniczych wzrastały maksymalnie do 760,4 m³/min, w tym wody miernie zasolone ($M > 3,0 \text{ g/dm}^3$) i solanki stanowiły 31% ogólnej ilości pompowanych wód. Średnia mineralizacja wód kopalnianych wzrosła do 12 g/dm³, przy średniej głębokości kopalń 711 m. W profilu hydrogeologicznym wód kopalnianych obserwowano wyraźną, opisaną uprzednio, strefowość hydrogeochemiczną (A. Rózkowski, 2003; Pluta, 2005). Głębokość występowania poszczególnych stref była odmienna w I i II subregionie hydrogeologicznym i zmieniała się dynamicznie w zależności od wzrastającego zasięgu wpływu eksploatacji górniczej i intensywności drenażu górniczego. Głębokość występowania wód infiltracyjnych sięgała do 80 m (II subreg.) i do ok. 300 m w I subregionie. Wody mieszane notowano do głębokości 240 m w II subregionie i do 650 m w subregionie I. Poniżej występowały solanki reliktowe. Pompowane solanki zawierają zwiększone stężenia izotopów radu ²²⁶Ra i ²²⁸Ra. Stężenia ²²⁶Ra w wodach kopalnianych mogły dochodzić nawet do 390 kBq/m³. Solanki radoczynne stanowią zagrożenie radiologiczne dla środowiska wodnego, koryt rzecznych oraz składowisk odpadów poeksploatacyjnych (Chałupnik, 2007).

Aktywny drenaż górniczy prowadzi do obniżenia ciśnień piezometrycznych wód w utworach karbonu na powierzchni ok. 1720 km² (fig. 1). Powierzchnia drenażu obejmująca karbońskie, potencjalnie użytkowe poziomy wodonośne, wynosi ok. 1100 km². Ocenia się, iż objętość drenowanego górotworu karbońskiego wynosi ok. 100 km³ (Wilk, red., 2003). Obniżenie ciśnień piezometrycznych w zasięgu I subregionu kształtuje się w granicach 0,8–3,0 MPa.

Drenażem górniczym objęte były czwartorzędowe i triasowe GZWP występujące w stropie karbonu produktywnego. Intensywne oddziaływanie prowadziło do uszczuplenia zasobów dyspozycyjnych tych zbiorników. Szacuje się, że pod wpływem drenażu górniczego kopalń węgla kamiennego znajdowało się ok. 400 km² powierzchni występowania czwartorzędowych poziomów wodonośnych oraz kilkadziesiąt km² powierzchni zbiorników triasowych.

Prowadzona systemem ścianowym na zawał eksploatacja powodowała odkształcenia powierzchni terenu, zmiany

układu sieci hydrograficznej oraz tworzenie się na powierzchni terenu obszarów podtopionych oraz zalewisk. Sumaryczną powierzchnię zalewisk szacowano się na 8–10 km². Do cieków odprowadzanych było ok. 60% pompowanych wód kopalnianych. Były to wody o podwyższonej mineralizacji, w tym solanki. Wspomniane wody zawierały ładunek jonów Cl + SO₄ przekraczający 6000 t/d.

W 1989 roku rozpoczął się i trwa nieprzerwanie do dnia dzisiejszego proces restrukturyzacji górnictwa węglowego. Jest on związany z całkowitą lub częściową likwidacją kopalń węgla kamiennego w GZW. Spośród 59 kopalń prowadzących eksploatację górnica przed restrukturyzacją w pierwszej dekadzie XXI wieku, zlikwidowanych lub postawionych w stan likwidacji zostało 18 kopalń, zaś część połączono. Obszary górnicze wspomnianych kopalń położone są głównie w północnej, a zwłaszcza w północno-wschodniej części zagłębia (subregion I), co ilustruje figura 1. Efektem restrukturyzacji jest zmniejszenie ilości pompowanych wód z kopalń do ok. 420 m³/min, co ma istotny wpływ na środowisko hydrogeologiczne. Należy zaznaczyć, iż z uwagi na zagrożenia wodne czynnych kopalń, odwadnianie górnicze zespołowych kopalń jest jednak nadal prowadzone. Wzrasta mineralizacja pompowanych wód, co wiąże się z prowadzeniem eksploatacji na głębszych poziomach. Ulega zmianom nie tylko skład chemiczny, lecz również klasy jakości wód kopalnianych. Zagrożone są ujęcia wód użytkowych w likwidowanych kopalniach (Wilk, red., 2003).

Zaprzestanie całkowite lub częściowe odwadniania wyrobisk górniczych likwidowanych kopalń powoduje zmiany warunków hydrogeologicznych w serii złożowej i jej nadkładzie oraz na powierzchni terenu. Dotyczy to zwłaszcza kopalń położonych w zasięgu subregionu I, w ramach struktur cokołu epiwaryscyjskiego i mezozoicznej monokliny (Rogoż, Posyłek 2000; Wilk, red., 2003).

Stopniowe likwidowanie odwadniania powoduje samozatapianie wyrobisk górniczych i wypełnianie leja depresji wywołanego drenażem górniczym wodami z dopływu podziemnego. Wymywaniu ulegają łatwo rozpuszczalne związki powstałe w uprzednio natlenionym górotworze. Układ pola hydrodynamicznego w rejonie obszarów górniczych likwidowanych kopalń kształtuje się pod wpływem regionalnych warunków hydrogeologicznych i warunków hydrogeologiczno-górnich zarówno likwidowanych kopalń, jak i kopalń sąsiednich.

Drenaż górniczy kopalń węgla kamiennego użytkowych poziomów triasu chrzanowskiego i gliwickiego ulega zmniejszeniu. Jakość wód użytkowych poziomów wodonośnych jest jednak nadal zagrożona, co wiąże się głównie z oddziaływaniem składowanych na powierzchni odpadów górnictwa węglowego.

Likwidacja kopalń i wyłączenie ich systemów odwadniania powoduje wzrost zawodnienia odkształconych eksploatacją powierzchni terenów górniczych. Zjawisko to zaznacza się tworzeniem się dalszych podtopień i zalewisk. Proces ten jest szczególnie aktywny w II subregionie hydrogeologicznym w warunkach przykrycia utworów karbonu ilastymi osadami środkowego miocenu.

LITERATURA

- BUKOWSKI S., 1999 — Chłonność wodna górotworu karbońskiego i jej wpływ na przebieg zatapiania likwidowanych kopalń. Praca doktorska. Arch. Główn. Inst. Gór. Katowice.
- CHAŁUPNIK S., 2007 — Rad w wodach kopalń na Górnym Śląsku – metody badań, ocena wpływu na środowisko, zapobieganie skażeniom. Wyd. Główn. Inst. Gór. Katowice.
- JANKOWSKI A., 1987 — Wpływ urbanizacji i uprzemysłowienia na zmianę stosunków wodnych w regionie górnośląskim w świetle dotychczasowych badań. *W: Geographia. Studia et Dissertationes*: 62–99. Wyd. UŚL. Katowice.
- JAROS J., 1965 — Historia górnictwa węglowego w Zagłębiu Górnośląskim do 1914 roku. Instytut Historii Kultury Materialnej Polskiej Akademii Nauk.
- JAROS J., 1973 — Historia górnictwa węglowego w Polsce. PWN Warszawa–Kraków.
- KOTAS A. (red.), 1994 — Coal-Bed Methane Potential of the Upper Silesian Coal Basin, Poland. *Pr. Państw. Inst. Geol.*, **142**.
- LABUS K., 2003 — Chemizm i pochodzenie wód kopalnianych w południowo - zachodniej części Górnośląskiego Zagłębia Węglowego. *Pr. Geol. Kom. Nauk Geol. PAN*, **151**.
- PLUTA I., 2005 — Wody kopalń Górnośląskiego Zagłębia Węglowego – geneza, zanieczyszczenia i metody oczyszczania. *Pr. Nauk. Gł. Inst. Gór.*, **865**.
- ROGOŹ M., POSYŁEK E., 2000 — Problemy hydrogeologiczne w polskich kopalniach węgla kamiennego. Wyd. Gł. Inst. Gór., Katowice.
- RÓŹKOWSKI A., 2003 — Warunki hydrogeologiczne Górnośląskiego Zagłębia Węglowego. *W: Hydrogeologia polskich złóż kopalin i rejonów górniczych* (red. Z. Wilk): 42–145, t. 1. Wyd. AGH, Kraków.
- RÓŹKOWSKI A. (red.), 2004 — Środowisko hydrogeochemiczne karbonu produktywnego Górnośląskiego Zagłębia Węglowego. Wyd. UŚL., Katowice.
- RÓŹKOWSKI A., 2008 — Historia badań i stan rozpoznania hydrogeologicznego Górnośląskiego Zagłębia Węglowego i obszarów przyległych. Wyd. U. Śl., Katowice.
- RÓŹKOWSKI A., RÓŹKOWSKI K., 2010 — Hydrogeological conditions of the Cracow Sandstone Series in Upper Silesian Coal Basin influenced by mining activity. *Biul. Państw. Inst. Geol.*, **441**: 131–137.
- RÓŹKOWSKI K., WITKOWSKI A., 2004 — Właściwości hydrogeologiczne skał karbońskich kompleksów wodonośnych. *W: Środowisko hydrogeochemiczne karbonu produktywnego*: 30–34. Wyd. UŚL., Katowice.
- STASZEWSKI S., 1992 — Zmiany położenia zwierciadła wód gruntowych w zlewni objętej poeksploatacyjnymi, ciągłymi deformacjami powierzchni. Praca doktorska. Arch. Gł. Inst. Gór., Katowice.
- SZCZEPAŃSKA J., 1987 — Zwałowiska odpadów górnictwa węgla kamiennego jako ogniska zanieczyszczeń środowiska wodnego. Wyd. AGH, Kraków.
- SZCZEPAŃSKI A., 2004 — Wpływ górnictwa na środowisko wodne. *Prz. Geol.*, **52**, 10: 968–971.
- WAGNER J., 1998 — Charakterystyka hydrogeologiczna karbonu produktywnego niecki głównej Górnośląskiego Zagłębia Węglowego. *W: Biul. Państw. Inst. Geol.*, **383**: 55–93.
- WILK Z. (red.), 2003 — Hydrogeologia polskich złóż kopalin i problemy wodne górnictwa, t. 1. Wyd. AGH, Kraków.

SUMMARY

Geological structure of the Upper Silesian Coal Basin (USCB) is diversified, what has implications on the local hydrogeological conditions and size of the inflows to individual coal mines (Fig. 1, 2). The activities of coal mining in the Upper Silesian Basin have long-established traditions. Mining activities convert natural hydrologic conditions in terms of both quantity and quality. Range of anthropogenic transformation of hydrogeological environment in mining areas depends on geogenic and mining factors and especially on intensity of mine drainage. Opencast sublevel exploitation conducted initially on a small scale did not affect the groundwater regime. At the turn of the 18th and 19th century begun shallow, sublevel exploitation at depth 70–100 m below the surface in the north-eastern part of the basin. Ongoing work caused drainage of the roof strata of Carboniferous and its overburden. Intensive development of the mining industry in the years 1901–1911 was connected with construction of 25 new mines at depths of up to about 700 m. Mining drainage influenced Carboniferous complex as well as Quaternary and Triassic aquifers present directly within the

overburden. Mining activity influences also transformation of surface waters natural environment.

After the World War II began particularly intensive development of mining. 21 new mines were built including a number of in the southern part of the basin. Mine workings reached the depth up to 1200 m, with the average of 711 m. In the period of maximum growth in mid-eighties of the last century, water inflows into the mining excavations are rising up to 760,4 m³/min and an average mineralization reaches 12 g/dm³. Influenced by mine drainage natural hydrodynamic and hydrochemic fields of coal basin transformed. Particularly intense is the impact of drainage on the aquatic environment in conditions of areal, concentrated exploitation. The range of drainage then has a regional scale. Coal mining activity leads to a reduction in piezometric water pressure within the Carboniferous aquifer on the surface of about 1720 km². Lowering of the pressures ranges from 0,8–3,0 MPa. Mining drainage covers Quaternary and Triassic Main Ground Water Basins (MGWBs) occurring in the roof of the Productive Carboniferous. Intensive drainage

leads to a depletion of groundwater disposable resources of the basins. There is estimated that under influence of coal mining drainage is about 400 km² of the Quaternary aquifers and some score of km² of the Triassic aquifers. Average mineralization of mine water reaches 12 g/dm³, while the average depth of mine – 711 m. Discharged into rivers mine water contains a load of Cl + SO₄ ions exceeding 6000 t/d, leading to degradation of water quality and biotic environment. The pumped water contains elevated concentrations of radium isotopes ²²⁶Ra and ²²⁸Ra. Concentration of ²²⁶Ra in the waters can reach up to 390 kBq/m³. Radioactive brines cause

radiological hazard to the aquatic environment, river beds and post-mining landfill sites. Post-exploitation deformations of rock mass and surface lead to transformation of the hydrographic network and the formation of inundated areas. After 1989 begins the period of restructuring of coal mining and associated partial closure of mines. This process leads to repeated, gradual transformation of anthropogenically influenced hydrogeological environment and the formation of new inundated areas. Gradual closure of dewatering systems in closed mines leads to self-flooding of mining excavation and filling up of depression conus caused by mining drainage.