

**Wpływ zrzutów wód kopalnianych
na odpływ rzek
Górnośląskiego Zagłębia Węglowego**

Prace Naukowe



Uniwersytetu Śląskiego
w Katowicach
nr 3651

50 lat
**Uniwersytetu
Śląskiego**
w Katowicach

Magdalena Matysik

**Wpływ zrzutów wód kopalnianych
na odpływ rzek
Górnośląskiego Zagłębia Węglowego**

Wydawnictwo Uniwersytetu Śląskiego • Katowice 2018

Redaktor serii Nauki o Ziemi:
Mariusz Rzędala

Recenzent
Tadeusz Ciupa

Spis treści

Wykaz symboli i oznaczeń	7
Objaśnienia przyjęte dla przekrojów wodowskazowych	8
1. Wstęp	9
1.1. Wprowadzenie	9
1.2. Cel i metody badań. Materiał badawczy.	11
2. Charakterystyka fizycznogeograficzna	18
2.1. Położenie. Jednostki fizycznogeograficzne	18
2.2. Zarys budowy geologicznej GZW	18
2.3. Warunki klimatyczne	21
2.4. Wody powierzchniowe	22
2.5. Warunki hydrogeologiczne	26
2.6. Użytkowanie terenu	30
3. Hydrologiczne skutki działalności górnictwa	33
3.1. Wydobycie węgla kamiennego a objętość odprowadzanych wód kopalnianych	33
3.2. Udział wód kopalnianych w odpływie rzeczny	44
4. Uwarunkowania klimatyczne odpływu rzek na terenie GZW	60
5. Kształtowanie się odpływu rzeczno pod wpływem wód kopalnianych	68
5.1. Tendencje zmian przepływów	68
5.2. Ocena zmian odpływu metodą podwójnej krzywej kumulacyjnej	89
5.3. Identyfikacja skokowych zmian przepływów	97
5.4. Wpływ antropopresji na wielkość odpływu jednostkowego.	109
5.5. Zmiany współczynnika odpływu.	116
5.6. Zmiany wskaźnika koncentracji przepływów (GMO)	129
6. Dyskusja i wnioski	137
7. Literatura	141
8. Spis rysunków	148
9. Załączniki	153
Summary	162

1. Wstęp

1.1. Wprowadzenie

Obieg wody na terenach przekształconych w wyniku działalności człowieka jest zależny od czynników klimatycznych i antropogenicznych. Proporcja wpływu poszczególnych czynników zależy od stopnia odporności środowiska geograficznego, a także od stopnia nasilenia antropopresji. Jednym ze skutków działalności człowieka w środowisku są ilościowe zmiany w niektórych fazach obiegu wody. Na obszarach górniczo-przemysłowo-miejskich są one wywołane przez czynniki związane zarówno z powierzchnią i wglębną działalnością górniczą, jak i z urbanizacją i uprzemysłowieniem tego terenu (CZAJA, 1999).

Na terenie Górnośląskiego Zagłębia Węglowego (GZW) czynniki antropogeniczne oddziałują na środowisko od XII wieku, od początku rozwoju górnictwa i trwają do dnia dzisiejszego. Oddziaływaniom tym podlegają wszystkie elementy środowiska. Bardzo wyraźnie uwidaczniają się także w zmianach środowiska wodnego. Obszar ten charakteryzuje się stosunkowo niewielkimi zasobami wodnymi. Sieć rzeczna stanowią odcinki źródłowe dopływów Wisły i Odry. Do nich odprowadzane są wody kopalniane pochodzące z odwodnienia kopalń: węgla kamiennego, piasków czwartorzędowych oraz rud cynku i ołowiu. Dodatkowo rzeki na tym terenie obciążone są zrzutami ścieków przemysłowych i komunalnych, często pochodzących z przerzutów wody spoza zlewni. Według D. ABSALONA (2008) apotamiczne wody kopalniane zrzucane do cieków po-

wierzchniowych powodują spadek udziału wody naturalnej w odpływie przy jednoczesnym wzroście przepływu, co skutkuje antropogenicznymi zmianami reżimu odpływu. Zrzuty te wpływają dodatkowo na zwiększenie ilości wody wchodzącej w lokalny obieg. Zmiany odpływu na terenie Górnośląskiego Zagłębia Węglowego wywołane przez czynniki antropogeniczne są wielokierunkowe. Wody kopalniane są jednym z zasadniczych czynników, które spowodowały wyraźną, zauważalną zmianę stosunków wodnych. Stanowią one przeszło 40% wszystkich ścieków (Raporty WIOŚ, 2000–2013) odprowadzanych na tym terenie do wód powierzchniowych. W ostatnim dwudziestolecu wpływ czynników antropogenicznych na wody maleje, co jest wynikiem znaczących przemian spowodowanych transformacją ustrojową i systemową. W roku 1989 rozpoczęto reformę górnictwa węgla kamiennego, zamknięto nierentowne kopalnie i ograniczono wydobycie węgla. Dalsze reformy przemysłu oraz wzrost cen wody jako surowca spowodowały zmniejszenie wodochłonności przemysłu oraz spadek zużycia wody na cele komunalne. Nastąpiło zmniejszenie ilości ścieków odprowadzanych do rzek. Po przystąpieniu Polski do Unii Europejskiej wdrożono wspólnotowe prawo ochrony środowiska, w tym środowiska wodnego, regulowane przez Ramową Dyrektywę Wodną (Directive 2000/60/WE). Dyrektywa ta ma na celu utrzymanie i poprawę stanu środowiska wodnego w krajach Unii. Ochrona przed pogorszeniem się stanu ilościowego zasobów wodnych jest elementem pomocniczym w zapewnianiu dobrej jakości wód. Cel ten

w zlewniach obciążonych zrzutami wód kopalnianych jest praktycznie nie do osiągnięcia ze względu zarówno na zmiany odpływu, znaczne przekształcenia wielu cieków i ich dolin, jak i jakość wody. Mimo ograniczenia objętości ścieków przemysłowych i komunalnych odprowadzanych do wód powierzchniowych wody kopalniane stanowią istotny czynnik wpływający na zmiany odpływu oraz pogorszenie jakości wody, nie tylko na terenie GZW, ale też poza jego granicami. Działania podjęte w celu ograniczenia negatywnego wpływu wód kopalnianych na wody powierzchniowe w formie systemów retencyjno-dozujących, takich jak kolektor „Olza” czy „Czeczott”, wydają się niewystarczające w skali całego GZW, mimo osiągniętych znaczących skutków ekologicznych dla środowiska wodnego.

W kształtowaniu się stosunków wodnych na terenach o silnej antropopresji z dominującym przemysłem wydobywczym decydującą rolę odgrywają czynniki antropogeniczne, a warunki naturalne mają drugorzędne znaczenie. Główne kierunki zmian warunków wodnych na tych obszarach przejawiają się następująco (ABSALON, 1991; 1998; ABSALON, WAC, 1992; CZAJA, 1988, 1999; CZAJA, JANKOWSKI, 1992, 1993; JANKOWSKI, 1986, 1988, 1991, 1996a; KRŹ, 1981, 1990; KRŹ, SCHNEIDER, 1993):

- zmiany w sieci hydrograficznej, obejmujące: prace regulacyjne, przełożenia cieków, tworzenie nowych cieków, likwidację cieków, zanik cieków, szczelną zabudowę koryta;
- zmiany charakteru cech fizycznych, chemicznych i biologicznych wód;
- utrata znaczenia zlewni jako naturalnej jednostki bilansowej, spowodowana zmianą konfiguracji terenu – głównie poprzez osiadanie terenu oraz zmiany sieci hydrograficznej (prace odwodnieniowe, kanalizacja, przerzuty wody);
- zwiększenie udziału wód obcych w całkowitym odpływie rzeczonym (do 60–80%), powodujące wyrównanie przepływów z jednoczesnym nienaturalnym podwyższeniem ich średnich wartości, również wieloletnich;
- zmniejszenie zagrożenia powodziowego typu naturalnego (zabiegi hydrotechniczne) z jednoczesnym wzrostem zagrożenia powodziowego

wego typu antropogenicznego (zmiany spadków, osiadanie terenu, wpływ urbanizacji, odprowadzanie wód obcych do rzek);

- wzrost retencji powierzchniowej w postaci zbiorników retencyjnych, poeksploatacyjnych oraz zbiorników w nieckach osiadania.

Przesłanką do podjęcia tematyki wpływu wód kopalnianych na zmiany odpływu w rzekach Górnośląskiego Zagłębia Węglowego jest przede wszystkim brak kompleksowego opracowania obejmującego wszystkie rzeki będące odbiornikami wód kopalnianych w dorzeczach: Odry i Wisły. Nie bez znaczenia jest wybrany do analiz okres, w którym można uchwycić: początek intensywniejszych oddziaływań zrzutów wód kopalnianych na odpływ (lata 1967–1977), maksimum tych oddziaływań (lata 1978–1988) oraz stopniowy spadek oddziaływań (lata 1989–2013). Do porównań, o ile było to możliwe, wybrano również przekroje znajdujące się powyżej zrzutów wód kopalnianych lub na rzekach nieobciążonych takimi zrzutami. Określenie tendencji odpływu w rzekach GZW pozwoliło na wskazanie głównych czynników kształtujących odpływ, przesłedzenie jego zmian oraz stwierdzenie, w jakim stopniu zrzuty wody kopalnianych wpłynęły na te zmiany.

W literaturze hydrologicznej na temat obszaru Górnośląskiego Zagłębia Węglowego wiele prac poświęcono tematyce wód kopalnianych i ich roli w odpływie rzeczonym, jednak większość z nich powstała w okresie przed pierwszą dużą reformą górnictwa, rozpoczętą w roku 1989. Wody kopalniane jako jeden z najistotniejszych czynników wpływających na zmiany stosunków wodnych na obszarze GZW były przedmiotem badań pracowników Katedry Geografii Fizycznej Wydziału Nauk o Ziemi Uniwersytetu Śląskiego już od początku lat 80. XX wieku. Problematyką oddziaływania wód kopalnianych na odpływ oraz ich rosnącego udziału w przepływach rzek regionu górnośląskiego i wywołanych przez nie zmian zajmowali się: A.T. JANKOWSKI (1984a, 1984b, 1986, 1988, 1995, 1996a, 1997); S. CZAJA (1987, 1988, 1995, 1999, 2005); D. ABSALON (1998); D. ABSALON i M. WAC (1992); S. CZAJA i A.T. JANKOWSKI (1986, 1991a, 1991b, 1992, 1993). Wpływ wód kopalnianych na odpływ Olzy i górnej Odry z cze-

skiej części Górnośląskiego Zagłębia Węglowego był przedmiotem badań J. KAŃOKA (1987, 1988, 1990a, 1990b, 1992, 1994), V. KRÍŽA (1981, 1990) oraz V. KRÍŽA i B. SCHNEIDERA (1993). Dotychczasowe publikacje na temat wpływu wód kopalnianych na odpływ obejmowały rzeki w poszczególnych regionach GZW, np. w Rybnickim Okręgu Węglowym (JANKOWSKI, 1986), w kurnurbacji katowickiej (CZAJA, 1999), w dawnym województwie katowickim (HOŁDA, OŚRÓDKA, 1989; CZAJA, JANKOWSKI, 1991b, 1992), lub wybrane zlewnie, np.: Mleczną (ABSALON, WAC, 1992), Rudę (ABSALON, 1998), Brynicę (CZAJA, 1987, 1988), Nacynę (JANKOWSKI, 1984b), Rawę (JANKOWSKI, 1988, 1995). Udział wód obcych, w tym wód kopalnianych w regionie górnośląskim był również przedmiotem badań W. DROBKA (1984), J. WŁODARCZYKA i L. OŚRÓDKI (1988) oraz I. HOŁDY i L. OŚRÓDKI (1989).

Zmiany stosunków wodnych podobne do tych występujących na terenie Górnośląskiego Zagłębia Węglowego obserwuje się na obszarze Lubelskiego Zagłębia Węglowego. Wpływ kopalń węgla kamiennego na stosunki wodne Wyżyny Lubelskiej oraz Pojezierza Łęczyńskiego opisany został m.in. przez: T. WILGATA i in. (1987), L. ŁYSZCZARZA i Z. BORCHULSKIEGO (1995), S. CHMIELA i in. (2002), Z. MICHALCZYKA i S. CHMIELA (2005), Z. MICHALCZYKA i in. (2007).

Istotnym problemem jest ocena tendencji zmian stosunków wodnych oraz oddzielenie wpływu czynników klimatycznych i antropogenicznych. Problematyka ta była poruszana m.in. w pracach: A.T. JANKOWSKIEGO (1996b), D. ABSALONA i in. (1997), D. ABSALONA i M. MATYSIK (2007, 2016), J. KAŃOKA (1997), R. SOI (2002), A. BARTCZAKA (2007), D. BRYKAŁY (2009), T. CIUPY (2009), D. SZUMIŃSKIEJ (2014). Stwierdzono, że wpływ antropopresji jest istotnym czynnikiem oddziałującym na zmianę odpływu, zwłaszcza w zlewniach na terenach zurbanizowanych oraz terenach użytkowanych rolniczo. Analiza długoletnich ciągów pozwala na identyfikację kierunków zmian w przepływach rzek. Badania prowadzone przez B. FAŁ i E. BOGDANOWICZA (2002) w okresie 1901–2000 w przekroju Wisły w Tczewie oraz Odry w Gozdowicach nie wykazały stałej tendencji odpływu. Zmiany odpływu w Polsce

w drugiej połowie XX wieku, obejmujące najczęściej pięćdziesięcioletnią serię obserwacji, były przedmiotem badań m.in. P. JOKIELA i A. BARTNIKA (1997, 2001), D. WRZESIŃSKIEGO (2009, 2010, 2014, 2016) oraz Z. MICHALCZYKA (2009). Uzyskane wyniki wskazują na wzrost przepływów na terenie Polski, jednak w większości tendencje te są nieistotne statystycznie. Zaobserwowane w pierwszej połowie lat 70. i na początku lat 80. przez P. JOKIELA i A. BARTNIKA (1997, 2001) oraz D. WRZESIŃSKIEGO (2009) zmiany skokowe przepływów pozwalają na określenie kierunku zmiany, która – według wymienionych autorów – spowodowana jest czynnikami klimatycznymi. W zlewniach silnie zurbanizowanych zmiany skokowe – wywołane głównie przez czynniki antropogeniczne – zostały wykryte (ABSALON, MATYSIK, 2016) pod koniec lat 80. i 90.

Interesujące zależności w zmianach przepływów rzek Polski wykazano przy badaniu wpływu Oscylacji Północnoatlantyckiej (NAO) na zmiany odpływu rzek w Polsce. Większy wpływ NAO obserwowany jest w przypadku przepływów miesięcznych i sezonowych, a nie rocznych (WRZESIŃSKI, 2010a, 2010b, 2013, 2014; POCIASK-KARTECZKA i in., 2002–2003). Oprócz oddziaływania klimatycznych oraz antropogenicznych na charakter odpływu w zlewni wpływa także wielkość zasilania podziemnego (CHOIŃSKI, 1988).

1.2. Cel i metody badań Materiał badawczy

Celem pracy jest określenie wpływu zrztu wód dołowych z kopalń na kształtowanie odpływu rzek GZW. Obliczono także udział wód kopalnianych w średnich rocznych i średnich niskich przepływach rzek GZW.

Osiągnięcie tak postawionego celu wymagało odpowiedzi na następujące pytania:

- Czy wody kopalniane doprowadziły do zmian ilościowych odpływu rzek GZW w ciągu analizowanego pięćdziesięciolecia?

- Czy stwierdzone tendencje i zmiany odpływu rzek na terenie GZW zostały spowodowane przez czynniki naturalne czy są wynikiem antropopresji?
- Czy rzeki położone na terenie GZW, obciążone zrzutami wód kopalnianych, wykazują te same tendencje co rzeki nieobciążone tymi zrzutami?
- Czy zachodziły zmiany koncentracji przepływów rzek w rocznym cyklu hydrologicznym? W pracy wykorzystano następujące metody badawcze:
 - analityczne, porównawcze oraz matematyczno-statystyczne – pozwalające na określenie roli wód kopalnianych oraz czynników naturalnych w przeobrażeniach odpływu rzek na terenie GZW,
 - kartograficzne i GIS – umożliwiające przeprowadzenie analiz przestrzennych oraz wizualizację uzyskanych wyników.

Analizę wpływu objętości zrzucanych wód kopalnianych do rzek przeprowadzono dla okresu 1967–2013, dopiero bowiem od 1967 roku dostępne są wiarygodne dane źródłowe. Dane te zostały pozyskane bezpośrednio w kopalniach za zgodą: Kompanii Węglowej S.A., Katowickiego Holdingu Węglowego S.A, Tauron Wydobywie S.A., Jastrzębskiej Spółki Węglowej, Przedsiębiorstwa Górniczego „Silesia” sp. z o.o, KWK Juliusz sp. z o.o., Przedsiębiorstwa Gospodarki Wodnej i Rekultywacji S.A. w Jastrzębiu Zdroju, Spółki Restrukturyzacji Kopalń S.A. – Centralny Zakład Odwadniania Kopalń. Źródłem informacji były również liczne niepublikowane opracowania i ekspertyzy, dane i zestawienia udostępnione przez Główny Instytut Górnictwa (GIG) oraz dane z archiwum Katedry Geografii Fizycznej Wydziału Nauk o Ziemi Uniwersytetu Śląskiego. Dane o zrzutach wód z czeskich kopalń uzyskano zarówno z opracowań opublikowanych (KAŇOK, 1987, 1988, 1990a, 1990b, 1992; HARAT, GRMELA, 2008, 2009), jak i opracowań niepublikowanych – Plan Oblasti Povodí Odry (2009), informacji z Ostravsko-karvinské doły akciová společnost oraz Povodí Odry. W pracy wykorzystano również dane zawarte w raportach o stanie środowiska w województwach: śląskim, małopolskim i opolskim za okres 2000–2013.

Pozyskane dane obejmowały najczęściej sumy miesięcznej objętości wód kopalnianych zrzucanych do cieków powierzchniowych, rzadziej były to wartości dobowe. Objętości z poszczególnych miejsc zrzutów odprowadzających wody kopalniane zostały zsumowane i zestawione w zlewniach zamkniętych przekrojami wodowskazowymi. W bilansie zrzucanych wód dołowych z kopalń węgla kamiennego uwzględniono również wody z bytomskiego rejonu kopalnictwa rud, olkuskiego rejonu złożowego i kopalń piasku podsadzowego.

Pierwszym etapem pracy była identyfikacja wszystkich zrzutów wód kopalnianych. Następnie wybrano zlewnie zamknięte przekrojami wodowskazowymi, w których zostały zbilansowane zrucane wody kopalniane. Udział wód kopalnianych analizowano w następujących przekrojach wodowskazowych: Odra – Krzyżanowice, Odra – Miedonia, Nacyna – Rybnik, Ruda – Ruda Kozielska, Bierawka – Tworóg Mały, Kłodnica – Kłodnica, Kłodnica – Gliwice, Bytomka – Gliwice, Wisła – Jawiszowice, Wisła – Nowy Bieruń, Wisła – Pustynia, Mleczna – Bieruń Stary, Gostynia – Bojszowy, Czarna Przemsza – Radocha, Brynica – Czeladź, Brynica – Szabelnia, Biała Przemsza – Niwka, Bobrek – Niwka, Przemsza – Jeleń (ryc. 1.).

Dane meteorologiczne i hydrologiczne są mierzone, zbierane i przetwarzane przez Instytut Meteorologii i Gospodarki Wodnej – Państwowy Instytut Badawczy w wyniku realizacji standardowych procedur przez Państwową Służbę Hydrologiczno-Meteorologiczną. Zostały one udostępnione na podstawie umowy nr 16/2014 pomiędzy Instytutem Meteorologii i Gospodarki Wodnej – Państwowym Instytutem Badawczym a Uniwersytetem Śląskim.

Analiza ilościowa odpływu objęła przepływy: minimalne roczne NQ_R , średnie roczne z minimum miesięcznych SNQ_R i średnie roczne SQ_R . Na ich podstawie obliczono i poddano analizom średnie roczne niskie i średnie roczne odpływy jednostkowe oraz średnie roczne współczynniki odpływu. Do analiz zmian koncentracji przepływów w rocznym cyklu hydrologicznym wykorzystano średnie miesięczne przepływy. Analiza zmienności rocznych sum opadów atmosferycznych stanowiła tło analiz ilościowych odpływów.

The impact of mine water discharges on the runoff of the rivers of the Upper Silesian Coal Basin

Summary

Key word: Upper Silesian Coal Basin, mine water, runoff, regime river, human impact

Mining activity is an important factor that modifies the outflow of surface water in the area of the Upper Silesian Coal Basin. At the peak period of coal mining in the USCB, there were 83 points of discharging mine water from hard coal mines to the surface hydrographic network. Currently, in this area there are 64 discharge points: 23 in the Polish and 8 in the Czech part of the Odra basin, and 33 in the Vistula basin. The following rivers are the major 'receivers' of the discharged mine water: the Odra, the Ruda with the Nacyna, the Bierawka, the Kłodnica with the Bytomka, the Czarna Przemsza, the Pogoria, the Brynica, the Biała Przemsza with the Bobrek, the Przemsza, the Mleczna, the Gostynia and the Vistula. In the period of 1967–2013, on average $10.39 \text{ m}^3 \cdot \text{s}^{-1}$ of the mine water coming from the drainage of the hard coal mines in the USCB was discharged to the rivers; $2.46 \text{ m}^3 \cdot \text{s}^{-1}$ of which was discharged to the Odra, whereas $7.94 \text{ m}^3 \cdot \text{s}^{-1}$ to the Vistula. The volume of the discharged mine water reached its maximum in the years of 1985–1988. The average volume of the discharged mine water at that time was $14.19 \text{ m}^3 \cdot \text{s}^{-1}$; $11.03 \text{ m}^3 \cdot \text{s}^{-1}$ of which was discharged to the Vistula basin, and $3.16 \text{ m}^3 \cdot \text{s}^{-1}$ to the Odra basin.

The process of restructuring the mining industry initiated in 1989 resulted in a systematic reduction of the volume of the discharged mine water. The quantity of the discharged mine water decreased by 26% in relation to the peak period of the discharge in the years of 1977–1989. The catchment of the Bytomka is an exception, since there was an increase in the volume of the discharged mine water.

The largest volume of the mine water was discharged into the Przemsza basin ($6.66 \text{ m}^3 \cdot \text{s}^{-1}$ on average). In the Odra basin, the greatest amount of the

mine water was discharged to the Kłodnica. Its mean volume amounted to $1.05 \text{ m}^3 \cdot \text{s}^{-1}$.

The greatest portion of mine water in the flow was characteristic of the Brynica in Czeladź, where the average portion of mine water in SNQ was 61%, whereas in SSQ – 43%. Periodically, as much as 100% portion of mine water in the average annual low flow was recorded, i.e. in dry periods and during the maximum intake of water from 'Kozłowa Góra' reservoir, which is located above this section. The river flow consisted merely of mine water. A big portion of mine water is also characteristic of the Biała Przemsza, wherein mine water amounts to more than 50% of the average annual low flow, and accounts for 46% of the average annual flow. In the case of the Mleczna, the Gostynia, the Przemsza, the Pogoria, the Brynica (Szabelnia), the Bytomki and the Vistula (Pustynia), the volume of mine water in the average annual low and medium flows amounts to over 20%. The lowest portion of mine water, i.e. not exceeding 10% in SNQ_R and SQ_R , is characteristic of: the Vistula in Jawiszowice and Nowy Bieruń, the Czarna Przemsza in the cross section of the Radocha, and the Odra in the cross-sections of Krzyżanowice and Miedonia.

The research into the impact of mine water on the runoff of the rivers carried out in the 1980s by, among others, A.T. Jankowski (1986, 1988), S. Czaja (1988, 1999), S. Czaja and A.T. Jankowski (1986, 1991b, 1992, 1993), J. Włodarczyk and L. Ośródka (1988), I. Hołda and L. Ośródka (1989), I. Hołda and M. Wojtylak (1991) revealed that the river flows increased as a result of the discharge of mine water into the local water system. In the flows of, among others, the Brynica, the Przemsza, the Gostynia, the Mleczna, the Bytomka, the Kłodnica and the Szotkówka generally growing trends were observed, especially in the 1970s. The process of stabilization took place in the next decade. The re-

searchers observed that the impact of hydrometeorological factors on the runoff regime of these rivers was constantly decreasing while the portion of other waters in the outflow was increasing. What can illustrate the situation is the example of the Szotkówka, which was the largest receiver of other waters at that time – their portion in the runoff amounted to 66% (Włodarczyk, Ośródka, 1988; Hołda, Ośródka, 1989). The prognosis by A.T. Jankowski (1986) for an increase in the volume of mine water discharged to the Szotkówka turned out to be wrong, since as the result of the restructuring of the gas industry the volume of mine water decreased, and thus the flows of the Szotkówka ‘returned’ to the values from the period before their increase in the early 1970s.

The prognosis from the 1980s also assumed an increase in the volume of mine water discharged into the catchments of the Brynica, the Czarna Przemsza and the Biała Przemsza by about $0.6 \text{ m}^3 \cdot \text{s}^{-1}$. According to S. Czaja and A.T. Jankowski (1991), it was not to bring about an increase in the overall volume of other waters in the river water, due to the cessation of dewatering zinc and lead ore mines. The closure of mines and the reduction of coal mining resulted in the reduction of the volume of the discharged mine water. In the Vistula basin this decrease equalled 25%, whereas in the Odra basin it was 30% in comparison to the peak period of coal mining in the years of 1977–1989.

A significant change in the flows, which can be associated with the reduction of the discharge of underground water, took place within the Pogoria catchment. The volume of the flow evidently decreased in 1989, i.e. at the very beginning of the restructuring period. At that time, the discharge of mine water was reduced by half. This resulted in the decrease of the annual NQ_R and SNQ_R in the years of 1990–2013. In turn, the drop of the annual average flows, which may be correlated with a further decrease in the volume of the discharged underground water, has been observed since the late 90s of the 20th century.

In each of the analyzed catchments in the Odra basin, the annual low flows (NQ_R) decreased. In the Vistula basin, downward and statistically significant trends were detected in 10 catchments. Upward trends in the course of annual low flows occurred only in three water gauges: Gostynia – Bojszowy, Brynica – Namiarki and Czeladź. In four water gauges: Wisła – Skoczów, Mleczna – Bieruń Stary, Czarna Przemsza – Przeczyce, Biała Przemsza – Niwka, no statistically significant NQ_R trend developed. A decrease in the average annual low flow rates (SNQ_R) was also observed in 8 catchments in the Odra basin. A lack of trend was noticed in the case of the Odra (cross-sections: Chałupki,

Krzyżanowice and Miedonia) and the Bierawka. In the Vistula basin, downward trends in the average annual low flows were detected in 10 catchments. An upward trend was noticed in the catchments of the Vistula (Jawiszowice), the Gostynia and the Brynica (Namiarki and Czeladź). The trend did not emerge in the catchments of the Mleczna and the Czarna Przemsza in Przeczyce. In the multi-year course of the average annual flows, no trends in the catchment areas of the Odra, the Piotrówka, the Bierawka, the Gostynia and the Vistula (Skoczów and Pustynia) developed. An increase of the average annual flow was observed in the case of the Brynica (Namiarki and Czeladź). In the analyzed period, the average annual flows in 17 catchments were characterized by a statistically significant downward trend.

What is the major cause for the detected trends are anthropogenic factors, and among them – discharging mine water into the rivers. Paradoxically, the lack of trend in some water gauges may be the effect of anthropogenic factors as well. Such situations arose in the catchments wherein a decrease in precipitation and an increased intake of water were observed, and these were balanced by a greater inflow of other water, including mine water.

What is a characteristic feature of the course of the runoff in the rivers that were the receivers of mine water, in the case of which downward trends were noticed, is an evident decline of the values of NQ_R , SNQ_R and SQ_R from the beginning of the 70s to the end of the 80s of the 20th century, whereas the values reached the maximum in the mid 80s. In the other catchments that were not affected by discharged mine water, the period of 1982–1992 was noticeable because of a conspicuous decrease of the flow values.

The change point analysis indicated that the drop in the values of the flow is dominant in the studied catchments. An increase in the flows was recorded only in 7 cases. The observed increase of the flows is mainly conditioned by anthropogenic factors, such as: mine water discharge, industrial sewage discharge, or cessation of water intake. In turn, the declining values of the flow in the 1980s were conditioned by climatic factors, whereas in the 90s of the 20th century and at the beginning of the 21st century they were primarily caused by the reduction of the quantity of discharged industrial wastes, including mine water.

The change points of the average annual runoff coefficient α identified in 1999 and 2000 in water gauges: the Przemsza – Jeleń and the Vistula – Pustynia, that is wherein the total volume of mine water in the Vistula basin is balanced, confirm the declining portion of mine water in the runoff.

Addressing the question whether in the multi-year course of low, medium annual low and medium flows reflects merely the result of the discharge of mine water, it can be stated that only in the water gauge of Kłodnica – Kłodnica the increase in the runoff is associated with the increased volume of the discharged mine water. However, only in the Pogoria the decrease in the runoff may be clearly related to the reduction in its volume.

In the catchments that are the major mine water receivers, the specific runoff reaches the values that are observed in the catchments of mountain rivers. The runoff is clearly disturbed and shaped mainly by anthropogenic factors. This is confirmed by the high values of the runoff coefficient (α), which in the catchments of the Bytomka, the Kłodnica (Gliwice), the Bierawka, the Szotkówka and the Pogoria reaches over 60%. This is the evidence of a large portion of 'other water', including mine water, in their runoff.

To analyze the changes in the annual hydrological cycle, also the concentration ratio GMO was used. Research into the variability of the regime of rivers (GZW) at the end of the 20th century was carried out, among others, by S. Czaja (1999), who observed that in many rivers the portion of other water stabilized at the level significantly exceeding 50% of the runoff of the rivers, which led to strengthening the changes of their regime. In the Katowice conurbation, a new type of the river regime was established, (the regime was outstandingly equalized, and had an anthropogenic-rain-water-snow supply). It was characterized by high and balanced low and medium flows and a predominance of the supply of water of anthropogenic origin, including mine water (Czaja, 1999). This has been also confirmed by the research carried out by me. The lowest average values of GMO, often reaching its lower limit, occurred in the catchments that are the major receivers of mine water: the Pogoria, the Biała Przemsza, the Przemsza, the Bytomka, the Brynica (Szabelnia), the Bobrek and the Nacyna. This indicates that the monthly average flows of these rivers are very balanced.

In the other catchments that are also the receivers of mine water, the values of GMO indicate that these catchments are characterized by a more concentrated runoff in the annual cycle, and that an increase of the runoff in the spring period is more conspicuous. They are significantly overloaded with mine water discharges, nevertheless, the decisive role in shaping

their regime is performed by climatic factors, which can be attested.

The largest rivers with a low portion of mine water in the course of the monthly average flow are characterised by a conspicuous two-part period of an increased runoff and low runoffs in autumn. Mine water does not induce the change in the regime of these rivers, or in the balance of the runoff during the year.

The study showed that the decreasing portion of mine water and other sewage re-increases the runoff variation during the year. This situation is developing rather slowly. It may be observed for the time being in small catchments of, e.g. the Pogoria or the Biała. It may be anticipated that the further limitation of the mine water discharge, resulting from the planned restructuring activities in the coal industry, will bring about an increasingly greater variability of the runoff of the rivers. In the following decades, a complete cessation of dewatering of hard coal mines will result in a less balanced outflow, whereas its variability in the hydrological cycle will be once again influenced in a greater and greater degree by climatic factors.

Other effects of coal mining that manifest in the form of changes in the river network, the course of watersheds, changes in water reservoirs, and which were indicated, among others, by A.T. Jankowski (1986) and S. Czaja (1999), have a long-lasting and partly irreversible character. These changes will continue to occur especially in the areas where coal extraction is done with the method of mine collapse. Once this problem was acknowledged, more and more renaturation projects in the river valleys have been launched, which may be illustrated by an example of the Szarlejka river valley, where coal mining over many centuries resulted in a complete transformation of the river valley. In 2012 renaturation works were made at the most dramatically transformed section of the river (Absalon, Matysik, 2009; Matysik, Absalon, 2012).

The results obtained in this work and the observed regularity may be also utilized in the case of starting new hard coal mines or mines producing other mineral resources the extraction of which involves dewatering mine workings and discharging mine water to a hydrographic network. While making assessments of the impact of these projects on the environment, the observed influence, related to mine water discharge, on water circulation in the catchment may be taken into consideration for the purpose of the rational water management.

Redakcja
Olga Nowak

Projekt okładki
Małgorzata Pleśniar

Projekt typograficzny i łamanie
Hanna Olsza

Copyright © 2018 by
Wydawnictwo Uniwersytetu Śląskiego
Wszelkie prawa zastrzeżone

ISSN 0208-6336
ISBN 978-83-226-3292-5
(wersja drukowana)
ISBN 978-83-226-3293-2
(wersja elektroniczna)

Wydawca
Wydawnictwo Uniwersytetu Śląskiego
ul. Bankowa 12B, 40-007 Katowice
www.wydawnictwo.us.edu.pl
e-mail: wydawus@us.edu.pl

Wydanie I. Ark. druk. 20,75. Ark. wyd. 17,0.
Papier offset. kl. III, 90 g
Cena 36 zł (+VAT)

Druk i oprawa:
„TOTEM.COM.PL. Sp. z o.o.” Sp. K.
ul. Jacewska 89, 88-100 Inowrocław