

JAN PAŁYS

## Zasolenie cieków powierzchniowych wskutek odprowadzania wód odpływowych na Górnym Śląsku

### PRZEGLĄD DOTYCHCZASOWYCH BADAŃ

Występowanie wód zmineralizowanych i solanek w górnośląskim karbonie znane było już od dawna. Ostatnie lata przyniosły bardzo wiele nowych danych dotyczących regionalnego rozprzestrzenienia wód o różnym składzie chemicznym, co znalazło odbicie w szeregu opublikowanych prac różnych autorów.

Zagadnieniami chemizmu odprowadzanych wód kopalnianych i ich wpływu na zasolenie cieków powierzchniowych w Górnośląskim Zagłębiu Węglowym w sposób syntetyczny zajmuje się między innymi Katedra Geologii Kopalnianej Akademii Górniczo-Hutniczej w Krakowie, Główny Instytut Górnictwa w Katowicach oraz Górnośląski Oddział Instytutu Geologicznego w Sosnowcu.

Podsumowanie wiadomości na ten temat, dotyczące również Górnego Śląska, stanowią „Materiały sympozjum poświęconego zasoleniu wód w Polsce“, które odbyło się w 1962 r. w Warszawie. Publikowane tu referaty, jak i głosy w dyskusji wykazały dużą wagę tego problemu oraz przedstawiły osiągnięte już wyniki.

Zasolenie cieków powierzchniowych zmineralizowanymi wodami kopalnianymi zależne jest od wielkości zrzutu soli przez kopalnie, na co mają wpływ zarówno regionalne, jak i lokalne stosunki hydrogeologiczne, a zwłaszcza zaznaczająca się w karbonie chemiczna strefowość wód podziemnych (R. Krajewski, 1962). Prace Głównego Instytutu Górnictwa doprowadziły do stwierdzenia, że mineralizacja wód kopalnianych jest większa w dorzeczu Odry niż w dorzeczu Wisły, co powoduje silne zasolenie tej pierwszej rzeki. Wśród odprowadzanych soli przeważają tu chlorki sodu (W. Olczakowski, 1962, 1963).

Do podobnego wniosku na podstawie szczegółowej analizy kopalnianych wód odpływowych doszedł R. Czaplński (1963) stwierdzając, że wody wschodniej części Zagłębia są mniej zmineralizowane w porównaniu do części zachodniej, gdzie przeważają wody słone i solanki, przy czym wody odprowadzane z kopalń o nadkładzie miocenijskim przedstawiają grupę wód chlorkowych, kopalnie o nadkładzie triasowym charakteryzują się natomiast obecnością wód siarczanowych.

Prace nad tymi zagadnieniami prowadzone od kilku lat w Górnośląskim Oddziale IG potwierdziły przedstawiony pogląd na rozmieszczenie wód kopalnianych w Zagłębiu (J. Pałys, 1964).

Badania prowadzone w Katedrze Geologii Kopalnianej Akademii Górniczo-Hutniczej wykazały, że przyszłe kopalnie projektowane w SE części Zagłębia charakteryzować się będą dużym dopływem wód silnie zmineralizowanych, na co wpływ będzie miała eksploatacja silnie wodonośnych warstw karbonu znajdujących się pod wodoszczelnymi osadami miocenu (A. Kleczkowski, Z. Wilk, 1964).

W dalszej części pracy przedstawione zostaną główne wyniki badań nad zagadnieniem wpływu odprowadzanych wód kopalnianych, przeważnie zmineralizowanych, na cieki powierzchniowe Górnego Śląska, uzyskane w ciągu ostatnich lat przez autora.

### METODYKA PRACY

Na wielki pod względem ilościowym materiał, jaki miałem do dyspozycji przy opracowywaniu omawianego zagadnienia, składały się analizy chemiczne wód zarówno z naturalnych wycieków wód kopalnianych, jak i analizy wód sumarycznych w poszczególnych poziomach lub w pewnych ich częściach. Zebrane one zostały z przedsiębiorstw znajdujących się na terenie Górnego Śląska oraz pochodziły z okresowych opróbowań wód kopalnianych, przeprowadzanych przez Instytut Geologiczny w Sosnowcu. Rzadko w materiałach tych można było znaleźć analizy wód sumarycznych z całej kopalni lub pewnego systemu odwadniania. W takim przypadku na podstawie kilku analiz chemicznych z danego poziomu, jak i na podstawie wielkości (wydajności) wycieków z danego poziomu starano się określić mineralizację całkowitej ilości wody dopływającej do tego poziomu. Podobnie również przy określaniu mineralizacji wód kopalni lub danego systemu odwadniania brano pod uwagę mineralizację i ilość wód w poszczególnych poziomach.

Całkowita więc mineralizacja w przypadku braku analizy chemicznej tych wód stanowiła średnią ważoną z mineralizacji wód w poszczególnych poziomach. Ilość odprowadzanych przez kopalnię soli na jednostkę czasu otrzymano przez pomnożenie ogólnej mineralizacji wód przez jej ilość. Wyniki tych obliczeń przedstawiono na fig. 1.

Zagadnienie zasolenia rzek przez wody kopalniane opracowano dwiema metodami. Pierwsza polegała na tym, że wielkość zasolenia otrzymano przez podzielenie ilości odprowadzanych soli z kopalni do danego cieku przez jego przepływ w poszczególnych przekrojach wodowskazowych. Druga polegała na jednorazowym opróbowaniu ważniejszych cieków w Zagłębiu i laboratoryjnym określeniu mineralizacji wód. Aby uzyskane wyniki były porównywalne, przedstawiono je dla przepływów średnich poszczególnych rzek.

Wszystkie te dane i wykonane obliczenia dotyczą lat 1962—63. Stopień ich wiarygodności wydaje się być dość duży, ponieważ pomiary wykonane w kopalniach, na których się oparto, były stosunkowo dokładne.

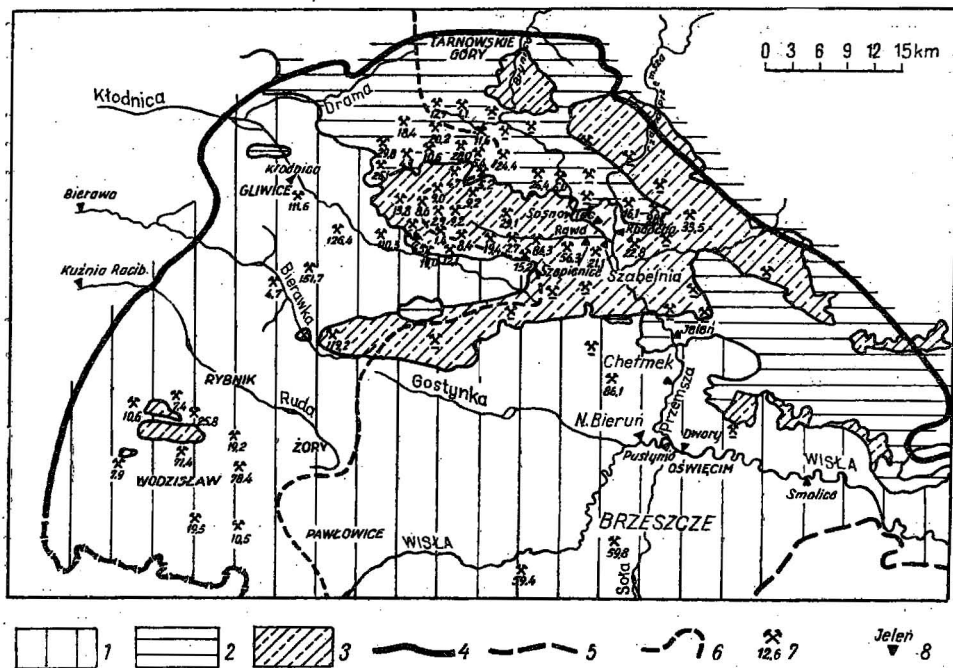


Fig. 1. Szkic obszaru Górnego Śląska  
Sketch of the Upper Silesian area

1 — miocen; 2 — trias, jura; 3 — karbon górny; 4 — obszar występowania karbonu produktywnego; 5 — dział wód Odry i Wisły; 6 — brzeg nasunięcia karpackiego; 7 — ilość odprowadzanych soli w m<sup>3</sup>/min; 8 — wodowskaz na rzece

1 — Miocene; 2 — Triassic, Jurassic; 3 — Upper Carboniferous; 4 — area of occurrence of productive Carboniferous; 5 — watershed of the Odra and Vistula rivers; 6 — course of the Carpathian overfold; 7 — quantity of transported salts in m<sup>3</sup>/min; 8 — water-level gauge

Przeprowadzone obliczenia wykazały, że kopalń o bardzo dużych ilościach odprowadzanych soli<sup>1</sup> jest stosunkowo mało; podstawowa ich masa zaś odprowadza niewielkie ilości soli. Do tych pierwszych zaliczyć można kopalnie (w kolejności wg malejących ilości odprowadzanych soli w kg/min): K-1 — 151, S-1 — 126, D-119, G-111, M-1 — 110. Kopalniami odprowadzającymi mniejsze ilości soli są: K-2 — 86, Z-86, J-1 — 78, M-2 — 72, S-2 — 60, W-57. Wszystkie pozostałe kopalnie w liczbie 66 odprowadzają do 30 kg/min soli każda.

Procentowy udział kopalń odprowadzających mniej niż 30 kg/min soli w stosunku do całkowitej ilości kopalń wynosi około 84%, w tym kopalń odprowadzających 15÷30 kg/min soli jest około 22%, 5÷15 kg/min — około 24%, 1÷5 kg/min około 12% i poniżej 1 kg/min około 26%. Widać stąd, że liczba kopalń o bardzo dużej ilości soli w wodach jest niewielka. Ilustruje to tab. 1.

<sup>1</sup> Za sumę soli uważa się tu sześć podstawowych jonów: Cl<sup>-</sup>, SO<sub>4</sub><sup>2-</sup>, HCO<sub>3</sub><sup>-</sup>, Ca<sup>2+</sup>, Mg<sup>2+</sup> i Na<sup>+</sup>+K<sup>+</sup>.

Tabela 1

## Ilość odprowadzanych soli w wodach kopalnianych Zagłębia Górnosląskiego

Ilość kopalń	% kopalń w stosunku do ogólnej ilości	Ilość odprowadzanych soli w kg/min	% odprowadzanych soli
11 (kopalnie o dużej ilości soli)	15	1056	61
45 (kopalnie odprowadzające mniejsze ilości soli)	58	675	39
21 (kopalnie nie odprowadzające soli)	28	—	—
Razem 77	100	1731	100

Kopalnie odprowadzające bardzo duże ilości soli znajdują się w zachodniej części Zagłębia, druga grupa o dużych ilościach soli jest bardziej rozproszona. Kopalnie pompujące wody słodkie lokalizują się prawie łącznie w północno-wschodniej, wschodniej i centralnej części Zagłębia (fig. 1).

Przedstawione tu liczby zwiększać się będą w miarę upływu czasu, gdy kopalnie z eksploatacją schodząc będą coraz głębiej, w niższe strefy hydrochemiczne. Znaczna część kopalń pompujących obecnie wody słodkie przy zwiększaniu swej głębokości zacznie odprowadzać wody zmineralizowane.

#### WPŁYW ODPROWADZANYCH WÓD KOPALNIA NYCH NA ZASOLENIE CIEKÓW POWIERZCHNIOWYCH

Przy opracowywaniu tego zagadnienia przyjęto, że całkowita ilość soli odprowadzanych w wodach kopalnianych trafia do cieków powierzchniowych. Wykorzystywana bowiem do celów przemysłowych przez kopalnie i inne zakłady przemysłowe słabo zmineralizowana woda odprowadzana jest w postaci ścieku do rzeki. Zakłada się, że ewentualnie powstałe w ten sposób straty zawartych w wodach soli są raczej niewielkie i mieszczą się w granicach dokładności, z jaką problem ten został opracowany. W obliczeniach poczyniono jeszcze jedno uproszczenie, przyjęto mianowicie, że pierwotna mineralizacja wód rzecznych (przed doprowadzeniem do nich wód kopalnianych) wynosiła około 0,2 g/l. Taką bowiem mineralizację wykazały analizy wód rzecznych Soły i Skawy, do których nie odprowadza się ścieków przemysłowych.

#### ZASOLENIE CIEKÓW W ŚWIETLE WYKONYWANYCH OB LICZEŃ

Przeprowadzone obliczenia wykazały, że górnośląskie kopalnie węgielne odprowadzają łącznie 618 m<sup>3</sup>/min wód, a wraz z nimi około 1731 kg/min różnych soli. Rozkład odprowadzanych soli w dorzeczach Odry



i Wisły nie jest jednakowy. W zlewni Odry, na obszarze której znajdują się 33 kopalnie, co stanowi 43% kopalń węglowych, odprowadzanych jest około 158 m<sup>3</sup>/min wód kopalnianych, tj. około 26% ich ogólnej ilości odprowadzanej w Zagłębiu, a ilość soli odprowadzanych z kopalń tego dorzecza wynosi 1112 kg/min, co daje około 64% całkowitej ilości odprowadzanych soli z kopalń (fig. 2).

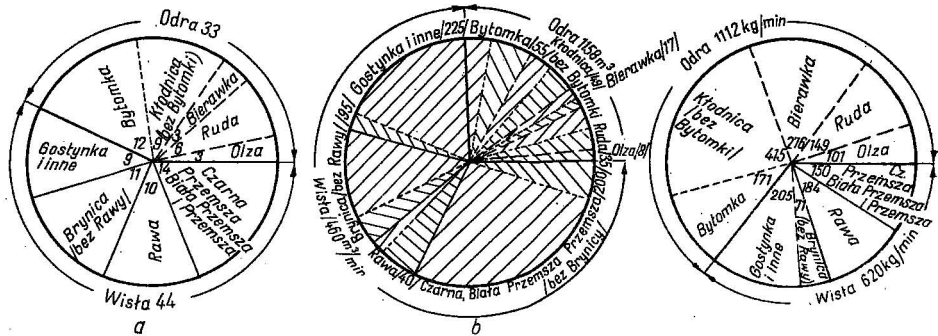


Fig. 2. Zasolenie cieków powierzchniowych  
Salinity of surface flow

a — ilość kopalń w dorzeczach Odry i Wisły; b — ilość odprowadzanych wód kopalnianych w dorzeczach Odry i Wisły w m<sup>3</sup>/min; c — ilość odprowadzanych soli w wodach kopalnianych w dorzeczach Odry i Wisły w kg/min  
a — amount of mines in the Odra and Vistula river basins; b — quantity of mine waters drained off in the Odra and Vistula river basins in m<sup>3</sup>/min; c — quantity of transported salts in mine waters within the Odra and Vistula river basins, in kg/min

Widać stąd, że większość znajdujących się tu kopalń pompuje wody silnie zmineralizowane. Najwięcej soli odbiera Kłodnica łącznie z największym jej dopływem — Bytomką. Na drugim miejscu znajduje się Bierawka, dalej Ruda i Olza. Zasolenie więc rzek dorzecza Odry i samej Odry jest w tej chwili najistotniejszym problemem w Zagłębiu.

Dorzecze Wisły przedstawia się pod tym względem znacznie lepiej. Znajdujące się tu kopalnie pompują przeważnie wody słodkie i słabo zmineralizowane. Nieliczne tylko z nich odprowadzają większe ilości soli. Kopalniami tymi są: S-2, Z, K-2, W, K-J. Znajduje to swój wyraz w zasoleniu rzek.

W tabeli 2 dla rzek obu dorzeczy podane są wielkości zasolenia pochodzącego z odprowadzanych w wodach kopalnianych soli. Zasolenie to potraktowane zostało jako przyrost ewentualnego zasolenia pochodzącego z innych źródeł.

W świetle wykonanych obliczeń widać, że do najbardziej zasolonych cieków powierzchniowych w Zagłębiu należą: Kłodnica koło Gliwic i Bierawka. Przy stanach średnio niskich tych rzek ilość zawartych w ich wodach soli może wzrosnąć do 6÷7 g/l. Przyrost zasolenia wynosić będzie od 0,3 — przy stanach średnich — do około 1,2 g/l — przy stanach średnio niskich (liczone na wodowskazie w Koźlu).

Lepiej przedstawia się sytuacja w dorzeczu Wisły. Największym przyrostem mineralizacji charakteryzuje się tu Rawa, która w tej chwili pozbawiona swoich naturalnych źródeł zbiera wyłącznie ścieki przemy-

Ilości soli odprowadzanych z wodami kopalnianymi do poszczególnych rzek i zasolenie ich wód

Tabela 2

L. p.	Nazwa dorzecza	Nazwa cieku	Wodowskaz	Przepływ w m <sup>3</sup> /min		Ilość soli kg/min	Przyrost zasolenia cieku g/l (kg/m <sup>3</sup> )		Uwagi
				średnio-niski	średni		stan śred-nioniski	stan średni	
1	Wisła	Brynica	Sosnowiec	47,0	90,0	70,8	1,69	0,79	Bez czterech kopalń kruszcowych
2	Wisła	Rawa	Szopienice	72,0	108,0	183,8	2,55	1,70	Po przyjęciu wód Rawy
3	Wisła	Brynica	Szabelnia	144,0	204,0	254,6	1,77	1,25	
4	Wisła	Czarna	Radocha	72,0	222,0	16,1	0,22	0,07	Po przyjęciu wód Brynicy
5	Wisła	Przemsza Czarna	—	—	426,0	348,1	—	0,82	
6	Wisła	Przemsza	Jęzor	504,0	870,0	414,2	0,82	0,48	Po przyjęciu wód Białej Przemszy
7	Wisła	Przemsza	Jeleń	540,0	981,0	414,2	0,77	0,45	Bez dwóch kopalń kruszcowych
8	Wisła	Przemsza	Chełmek	582,0	966,0	414,2	0,71	0,43	
9	Wisła	Wisła	Nowy Bieruń	132,0	1122,0	205,5	1,56	0,18	Po przyjęciu wód Gostynki
10	Wisła	Wisła	Pustynia	858,0	2064,0	619,5	0,72	0,30	Po przyjęciu wód Przemszy
11	Wisła	Wisła	Dwory	1218,0	3294,0	619,5	0,51	0,19	Po przyjęciu wód Soły
12	Wisła	Wisła	Smolice	1440,0	4296,0	619,5	0,43	0,14	Po przyjęciu wód Skawy
13	Odra	Bytomka	—	—	108,0*	171,3	1,59		*Pomiar 10.I.1957r. przy ujściu do Kłodnicy
14	Odra	Kłodnica	Gliwice	72,0	204,0	586,2	8,14	2,87	Po przyjęciu wód Bytomki
15	Odra	Kłodnica	Lenartowice	90,0	324,0	586,2	6,51	1,81	Po przyjęciu wód Dramy
16	Odra	Bierawka	Bierawa	37,2	144,0	275,6	7,40	1,91	Po przyjęciu wód Kłodnicy
17	Odra	Ruda	Kuźnia Racib.	20,5	105,0	149,3	7,23	1,40	
18	Odra	Odra	Koźle	912,0	3960,0	1112,5	1,21	0,28	Po przyjęciu wód Kłodnicy
19	Odra	Odra	Krapkowice	1104,4	4320,0	1112,5	1,01	0,28	
20	Odra	Odra	Opole	1146,0	4440,0	1112,5	0,97	0,25	

słowe i komunalne. Przyrost mineralizacji wynosi tu 1,7 g/l — przy stanach średnich i 2,5 g/l — przy stanach średnio niskich.

Rzecz charakterystyczna, że silnie zanieczyszczona mechanicznie i organicznie Czarna Przemsza powyżej ujścia Brynicy (wodowskaz Radocha) charakteryzuje się znikomym zasoleniem wód. Wynika to z faktu że w tej części biegu przyjmuje ona wody kopalniane dwóch zaledwie kopalń — G-2 i S-3, z których właściwie tylko ta ostatnia odprowadza podwyższoną ilość soli. Wskazuje to, że na zasolenie wód tej rzeki, jak również przypuszczalnie pozostałych, decydujący wpływ mają odprowadzane wody kopalniane.

Sytuacja w Czarnej Przemszy radykalnie zmienia się po przyjęciu wód Brynicy. Przyrost jej zasolenia na krótkim odcinku do ujścia Białej Przemszy jest najwyższy i wynosi 0,82 g/l. Po przyjęciu wód tej ostatniej stężenie soli kopalnianych w wodzie Przemszy obniża się prawie dwukrotnie. Na dalszych wodowskazach do ujścia Przemszy ilość ich zmniejsza się już tylko w niewielkim stopniu.

Wody Wisły przed przyjęciem wód Przemszy cechuje niewielki przyrost zasolenia, przy stanie średnim około 0,18 g/l (wodowskaz Nowy Bieruń), pochodzący z kilku kopalń odprowadzających wody zmineralizowane (Z, J-2, B, S-2).

Poniżej ujścia Przemszy (wodowskaz Pustynia) przyrost zasolenia wód Wisły jest najwyższy i wynosi przy stanach średnich 0,30 g/l. Już jednak po przyjęciu wód Soły stężenie soli w wodach Wisły znacznie się obniża i jest prawie takie same jak przed przyjęciem wód Przemszy. W niższym biegu Wisły przyrost zasolenia maleje tylko w niewielkim stopniu (tab. 2).

#### ZASOLENIE CIEKÓW W ŚWIETLE ANALIZ CHEMICZNYCH ICH WÓD

Przytoczone w poprzednim rozdziale dane otrzymano z obliczeń ilości odprowadzanych soli i objętości wód w rzekach. Zmniejszanie się zasolenia wód rzeki w takim ujęciu następuje tylko wskutek rozcieńczenia roztworu soli przez mniej zmineralizowane dopływy. Takie potraktowanie zagadnienia, aczkolwiek daje wiele ciekawych danych, jest bardzo uproszczone i nie charakteryzuje procesów zachodzących przy mieszaniu się wód rzecznych o różnym składzie chemicznym. Również operowanie pojęciem ogólnego zasolenia nie daje wyobrażenia o charakterze chemicznym wód w poszczególnych rzekach.

Próby scharakteryzowania składu chemicznego wód podjęto poprzez jednorazowe opróbowanie wszystkich ważniejszych rzek w Zagłębiu. Wody dorzecza Wisły opróbowano 10.VII.1963 r. (tab. 3), a dorzecza Odry w dniu 24.VII.1963 r. (tab. 4). To jednorazowe opróbowanie nie pozwala na szczegółowe przedstawienie procesów zachodzących w rzekach, wystarcza jednak na ich zasygnalizowanie i krótkie scharakteryzowanie. Porównanie wielkości zasolenia cieków uzyskanych z obliczeń i analiz chemicznych jest do pewnego stopnia możliwe, ponieważ dotyczy tego samego mniej więcej okresu. Przypuszcza się, że ewentualne niewielkie różnice między nimi będą w granicach dokładności z jaką opracowano to zagadnienie.

Analizy chemiczne wód z rzek dorzecza Wisły  
(pobrane 10.VII.1953 r.)

Lp	Miejsce pobrania wody	pH	Minezalizacja g/l	Twardość węglanowa °n	Twardość ogólna °n	Kationy				Aniony					Wskaźniki			Skład solny			
						Ca <sup>++</sup>	Mg <sup>++</sup>	Na <sup>+</sup> +K <sup>+</sup>	NH <sub>4</sub> <sup>+</sup>	NO <sub>2</sub> <sup>'</sup>	NO <sub>3</sub> <sup>'</sup>	Cl <sup>'</sup>	SO <sub>4</sub> <sup>''</sup>	HCO <sub>3</sub> <sup>'</sup>	Na Cl	SO <sub>4</sub> HCO <sub>3</sub>	Ca Mg	sole	% mv	sole	% mv
1	Rawa — przed ujściem do Brynicy	7,3	2,5	11,4	52,8	180,56	119,29	493,75	36,0	—	—	1037,79	430,90	247,13	0,73	2,21	0,92	NaCl	55,5	Ca(HCO <sub>3</sub> ) <sub>2</sub>	7,2
						9,01	9,81	21,43	2,0	—	—	29,27	8,97	4,05				CaCl <sub>2</sub>	13,7	Mg(HCO <sub>3</sub> ) <sub>2</sub>	2,4
						21,3	23,2	50,8	4,7	—	—	69,2	21,2	9,6				MgSO <sub>4</sub>	21,2		
2	Brynica — Sosnowiec — przed ujściem Rawy	7,8	1,3	13,3	49,9	192,58	97,40	43,69	8,0	3,40	3,20	165,55	500,60	289,84	0,25	2,20	1,20	NaCl	11,7	CaSO <sub>4</sub>	12,1
						9,61	8,01	1,90	0,44	0,07	0,05	4,67	10,42	4,75				CaCl <sub>2</sub>	11,6	Ca(HCO <sub>3</sub> ) <sub>2</sub>	28,8
						48,2	40,1	9,5	2,2	0,4	0,3	23,3	52,2	23,8				MgSO <sub>4</sub>	40,1		
3	Czarna Przemsza — powyżej ujścia Brynicy	7,8	0,6	13,0	21,3	98,40	32,83	17,71	10,0	—	—	53,40	133,07	283,74	0,51	0,60	1,82	NaCl	14,8	CaSO <sub>4</sub>	0,8
						4,91	2,70	0,77	0,55	—	—	1,51	2,77	4,65				CaCl <sub>2</sub>	2,1	Ca(HCO <sub>3</sub> ) <sub>2</sub>	52,1
						55,0	30,2	8,7	6,1	—	—	16,9	31,0	52,1				MgSO <sub>4</sub>	30,2		
4	Czarna Przemsza — Mysłowice (most)	7,4	1,5	11,5	38,2	156,51	70,53	195,70	21,00	0,52	—	323,98	481,59	250,48	0,93	2,43	1,35	NaCl	39,3	CaSO <sub>4</sub>	15,9
						7,81	5,80	8,51	1,16	0,01	—	9,14	10,03	4,10				Na <sub>2</sub> SO <sub>4</sub>	2,3	Ca(HCO <sub>3</sub> ) <sub>2</sub>	17,6
						33,5	24,9	36,6	5,00	—	—	39,3	43,1	17,6				MgSO <sub>4</sub>	24,9		
5	Przemsza — Jezor	7,2	0,9	8,7	27,5	116,43	48,64	95,45	7,00	0,36	—	259,89	187,73	189,16	0,57	1,26	1,45	NaCl	31,6	Ca(HCO <sub>3</sub> ) <sub>2</sub>	20,9
						5,81	4,00	4,15	0,39	0,01	—	7,33	3,91	3,10				CaCl <sub>2</sub>	19,6	Mg(HCO <sub>3</sub> ) <sub>2</sub>	0,7
						40,5	27,9	28,9	2,7	0,1	—	51,1	27,2	21,6				MgSO <sub>4</sub>	27,2		
6	Przemsza — Jeleń	7,5	0,9	10,1	26,7	120,44	42,56	128,11	3,9	0,36	—	293,72	163,95	219,67	0,67	0,95	1,72	NaCl	40,6	Ca(HCO <sub>3</sub> ) <sub>2</sub>	22,9
						6,01	3,50	5,57	0,22	0,01	—	8,28	3,41	3,60				CaCl <sub>2</sub>	13,6	Mg(HCO <sub>3</sub> ) <sub>2</sub>	0,6
						39,3	22,9	36,4	4,2	0,1	—	54,1	22,3	23,5				MgSO <sub>4</sub>	22,3		
7	Przemsza — Chelmek	7,5	0,8	10,2	25,0	106,41	43,78	85,56	3,0	0,44	—	211,83	152,08	222,72	0,62	0,87	1,48	NaCl	30,4	Ca(HCO <sub>3</sub> ) <sub>2</sub>	25,3
						5,31	3,60	3,72	0,17	0,01	—	5,97	3,17	3,65				CaCl <sub>2</sub>	16,3	Mg(HCO <sub>3</sub> ) <sub>2</sub>	2,2
						41,5	28,1	29,1	1,3	0,1	—	46,6	24,8	28,5				MgSO <sub>4</sub>	24,8		
8	Wisła — Bieruń Nowy	7,4	0,4	4,6	8,7	46,09	9,73	33,35	2,56	—	—	72,56	47,53	100,68	0,70	0,60	2,87	NaCl	33,9	CaSO <sub>4</sub>	4,0
						2,30	0,80	1,45	0,14	—	—	2,05	0,99	1,65				CaCl <sub>2</sub>	9,8	Ca(HCO <sub>3</sub> ) <sub>2</sub>	35,2
						49,0	17,1	30,9	3,0	—	—	43,7	21,1	35,2				MgSO <sub>4</sub>	17,1		
9	Wisła — Pustynia	7,5	0,9	10,0	24,4	108,42	40,13	138,21	3,90	0,28	—	250,99	206,74	216,62	0,85	1,21	1,64	NaCl	41,7	CaSO <sub>4</sub>	6,7
						5,41	3,30	6,01	0,22	0,01	—	7,08	4,30	3,55				CaCl <sub>2</sub>	5,8	Ca(HCO <sub>3</sub> ) <sub>2</sub>	23,7
						36,2	22,1	40,2	1,5	—	—	47,5	28,8	23,7				MgSO <sub>4</sub>	22,1		
10	Soła — Kobiernice	8,0	0,2	4,8	5,9	36,07	3,65	12,19	—	—	2,66	9,38	30,10	103,73	—	—	—	NaCl	11,4	CaSO <sub>4</sub>	3,8
						1,80	0,30	0,53	—	—	0,04	0,26	0,63	1,70				Na <sub>2</sub> SO <sub>4</sub>	8,8	Ca(HCO <sub>3</sub> ) <sub>2</sub>	64,6
						68,4	11,4	20,2	—	—	1,5	9,9	23,9	64,6				MgSO <sub>4</sub>	11,4		
11	Wisła — Oświęcim	7,2	0,8	7,8	21,6	92,38	37,70	91,77	5,08	0,20	—	231,41	127,13	170,86	0,61	0,95	1,48	NaCl	35,6	Ca(HCO <sub>3</sub> ) <sub>2</sub>	19,6
						4,61	3,10	3,99	0,28	—	—	6,53	2,65	2,80				CaCl <sub>2</sub>	18,9	Mg(HCO <sub>3</sub> ) <sub>2</sub>	3,8
						38,5	25,9	33,3	2,3	—	—	54,5	22,1	23,4				MgSO <sub>4</sub>	22,1		
12	Skawa — Zator	8,0	0,2	5,7	8,1	36,07	13,38	1,38	—	—	2,42	9,87	28,52	125,09	—	—	—	NaCl	2,0	Ca(HCO <sub>3</sub> ) <sub>2</sub>	60,8
						1,80	1,10	0,06	—	—	0,04	0,28	0,59	2,05				CaCl <sub>2</sub>	8,9	Mg(HCO <sub>3</sub> ) <sub>2</sub>	8,4
						60,8	37,2	2,0	—	—	1,4	9,5	19,9	69,2				MgSO <sub>4</sub>	19,9		
13	Wisła — Okleśna	7,4	0,7	7,4	16,3	76,15	24,44	122,34	4,56	0,24	—	218,95	122,77	161,70	0,86	0,97	1,89	NaCl	48,9	CaSO <sub>4</sub>	4,8
						3,80	2,01	5,32	0,25	—	—	6,17	2,56	2,65				CaCl <sub>2</sub>	5,3	Ca(HCO <sub>3</sub> ) <sub>2</sub>	23,3
						33,4	17,7	46,7	2,2	—	—	54,2	22,5	23,3				MgSO <sub>4</sub>	17,7		

Analizy chemiczne wód rzek dorzecza Odry  
 (pobrane 24.VII.1963 r.)

Lp	Miejsce pobrania wody	pH	Minezalizacja g/l	Twardość węglanowa °n	Twardość ogólna °n	Kationy				Aniony					Wskaźniki			Skład solny			
						Ca <sup>++</sup>	Mg <sup>++</sup>	Na <sup>+</sup> +K <sup>+</sup>	NH <sub>4</sub> <sup>+</sup>	NO <sub>2</sub> <sup>-</sup>	NO <sub>3</sub> <sup>-</sup>	Cl <sup>-</sup>	SO <sub>4</sub> <sup>==</sup>	HCO <sub>3</sub> <sup>-</sup>	Na Cl	SO <sub>4</sub> HCO <sub>3</sub>	Ca Mg	sole	%mv	sole	%mv
1	Kłodnica — Makoszowy (most)	7,4	1,5	8,8	26,9	110,42	49,86	304,98	—	7,60	0,40	402,27	394,46	192,21	1,17	2,61	1,34	NaCl	50,3	CaSO <sub>4</sub>	10,8
						5,51	4,10	13,26	—	0,16	0,01	11,34	8,21	3,15				Na <sub>2</sub> SO <sub>4</sub>	7,7	Ca(HCO <sub>3</sub> ) <sub>2</sub>	13,8
						24,1	17,9	58,0	—	0,7	—	49,6	35,9	13,8				MgSO <sub>4</sub>	17,9		
2	Kochłówka przy ujściu Makoszowy	7,5	2,5	13,6	46,0	152,50	107,25	544,41	9,00	6,10	—	778,26	655,85	295,95	1,07	2,81	0,86	NaCl	54,5	CaSO <sub>4</sub>	6,8
						7,61	8,82	23,67	0,50	0,19	—	21,95	13,65	4,85				Na <sub>2</sub> SO <sub>4</sub>	5,1	Ca(HCO <sub>3</sub> ) <sub>2</sub>	13,9
						18,7	21,7	58,4	1,2	0,3	—	54,2	33,6	11,9				MgSO <sub>4</sub>	21,7		
3	Bytomka — Sośnica	7,3	2,9	18,2	49,7	196,59	96,19	623,07	47,0	—	—	959,92	665,36	396,63	1,0	2,13	1,24	NaCl	57,1	CaSO <sub>4</sub>	7,0
						9,81	7,91	27,1	2,61	—	—	27,1	13,85	6,50				Na <sub>2</sub> SO <sub>4</sub>	5,5	Ca(HCO <sub>3</sub> ) <sub>2</sub>	13,7
						20,7	16,7	57,1	5,5	—	—	57,1	29,2	13,7				MgSO <sub>4</sub>	16,7		
4	Kłodnica — Gliwice	7,4	3,8	16,1	56,1	216,63	111,99	922,76	26,5	—	—	1337,47	871,30	350,87	1,06	3,16	1,17	NaCl	61,3	CaSO <sub>4</sub>	8,2
						10,81	9,21	40,12	1,47	—	—	37,72	18,14	5,75				Na <sub>2</sub> SO <sub>4</sub>	6,3	Ca(HCO <sub>3</sub> ) <sub>2</sub>	9,3
						17,5	14,9	65,2	2,4	—	—	61,3	29,4	9,3				MgSO <sub>4</sub>	14,9		
5	Kłodnica — Kędzierzyn	7,5	2,3	12,5	42,1	170,54	79,16	534,52	2,50	14,0	0,95	915,39	375,45	271,54	0,90	1,76	1,31	NaCl	60,8	CaSO <sub>4</sub>	3,4
						85,1	6,51	23,24	0,14	0,3	0,02	25,81	7,82	4,54				CaCl <sub>2</sub>	9,2	Ca(HCO <sub>3</sub> ) <sub>2</sub>	1,6
						22,2	17,0	60,5	0,3	0,8	—	67,2	20,4	11,6				MgSO <sub>4</sub>	17,0		
6	Bierawka — Bierawa	7,3	4,4	7,29	27,2	92,38	62,02	1474,99	11,0	16,0	0,50	2400,99	181,39	158,65	0,95	1,45	0,90	NaCl	87,0	Mg(HCO <sub>3</sub> ) <sub>2</sub>	1,7
						4,61	5,10	64,13	0,61	0,35	0,01	67,71	3,78	2,60				CaCl <sub>2</sub>	4,4	Ca(HCO <sub>3</sub> ) <sub>2</sub>	1,8
						6,22	6,8	86,2	0,8	0,5	—	90,90	5,1	3,5				MgSO <sub>4</sub>	5,1		
7	Ruda — Kuźnia Raciborska (most)	7,3	1,8	5,33	21,3	80,16	43,90	533,14	—	0,20	0,63	954,59	94,26	115,94	0,86	1,03	1,11	NaCl	75,4	Mg(HCO <sub>3</sub> ) <sub>2</sub>	5,3
						4,00	3,61	23,18	—	—	0,01	26,59	1,96	1,90				CaCl <sub>2</sub>	12,0	Ca(HCO <sub>3</sub> ) <sub>2</sub>	0,9
						12,9	11,7	15,4	—	—	—	87,4	6,1	6,2				MgSO <sub>4</sub>	6,4		
8	Odra — Ciechowice (prom)	6,8	0,6	6,7	18,2	86,17	26,87	80,04	14,0	—	—	260,01	49,90	146,45	0,47	0,43	1,95	NaCl	39,6	Mg(HCO <sub>3</sub> ) <sub>2</sub>	10,8
						4,30	2,21	3,48	0,78	—	—	7,33	1,04	2,40				CaCl <sub>2</sub>	38,5	Ca(HCO <sub>3</sub> ) <sub>2</sub>	11,4
						39,9	20,5	32,4	7,2	—	—	68,1	9,7	22,2				MgSO <sub>4</sub>	9,7		
9	Odra — Koźle	7,1	1,2	8,4	18,5	86,17	28,09	275,77	16,6	0,64	—	471,87	153,67	183,06	0,90	1,06	1,87	NaCl	66,2	CaSO <sub>4</sub>	4,6
						4,30	2,31	11,99	0,92	0,01	—	13,31	3,20	3,00				CaCl <sub>2</sub>	2,0	Ca(HCO <sub>3</sub> ) <sub>2</sub>	15,4
						22,0	11,8	61,5	4,7	—	—	68,2	16,4	15,4				MgSO <sub>4</sub>	11,8		
10	Odra — Krapkowice	7,2	1,2	8,4	21,1	94,39	34,05	271,86	10,0	5,30	1,40	440,20	207,53	183,06	1,03	1,44	1,68	NaCl	62,2	CaSO <sub>4</sub>	7,5
						4,71	2,80	11,82	0,55	0,12	0,02	12,42	4,32	3,0				CaCl <sub>2</sub>	1,1	Ca(HCO <sub>3</sub> ) <sub>2</sub>	15,4
						23,7	14,1	59,5	2,7	0,6	0,1	62,5	21,7	15,1				MgSO <sub>4</sub>	14,1		
11	Odra — Groszowice	7,2	1,0	8,4	19,4	90,38	29,18	223,10	5,8	3,40	1,06	357,35	180,60	183,06	0,96	1,25	1,88	NaCl	59,2	CaSO <sub>4</sub>	8,1
						4,51	2,40	9,70	0,32	0,07	0,02	10,08	3,76	3,00				CaCl <sub>2</sub>	0,8	Ca(HCO <sub>3</sub> ) <sub>2</sub>	17,7
						26,6	14,2	57,3	1,9	0,4	0,1	59,5	22,3	17,7				MgSO <sub>4</sub>			

## DORZECZE WISŁY

W dniu opróbowania wód rzek dorzecza Wisły przepływ na nich był różny od średniego. Ilustruje to tab. 5. W ostatniej rubryce porównano ten przepływ z przepływem średnim.<sup>2</sup>

Tabela 5

## Pomiary przepływu wód w rzekach dorzecza Wisły

Rzeka	Wodowskaz	Przepływ w m <sup>3</sup> /min*		% średniego przepływu
		średni	10.VII. 1963 r.	
Rawa	Szopienice	108	114	105
Brynica	Sosnowiec	90	108	120
Brynica	Szabelnia	204	240	118
Czarna Przemsza	Radocha	222	132	59
Przemsza	Jęzor	870	792	91
Przemsza	Jeleń	918	930	101
Przemsza	Chełmek	966	1002	104
Wisła	Nowy Bieruń	1122	386	34
Wisła	Pustynia	2064	1740	84
Wisła	Dwory	3294	1962	60
Wisła	Smolice	4296	3336	78

\* Wielkości przepływów w dniu 10.VII.1963 r. rzek śląskich uzyskano w Państwowym Instytucie Hydrologiczno-Meteorologicznym.

W tab. 6 podano porównanie wcześniej obliczonego przyrostu zasolenia poszczególnych rzek wodami kopalnianymi z ich faktyczną mineralizacją uzyskaną z analiz chemicznych. Aby wyniki te były porównywalne, wprowadzono dwie poprawki. Pierwsza polega na dodaniu do teoretycznie wyliczonego zasolenia (tab. 2) przypuszczalnej początkowej mineralizacji wód rzeki przed jej zanieczyszczeniem, której wielkość przez analogię do wód Soły i Skawy przyjęto w wysokości 0,2 g/l. Druga poprawka redukuje będzie mineralizację wód uzyskaną z analiz chemicznych (tab. 3) do średnich przepływów w poszczególnych rzekach.

Po wprowadzeniu obydwu omówionych poprawek różnica między teoretycznie obliczonym przyrostem zasolenia, pochodzącym wyłącznie z kopalń węgla i to tylko z tych, które odprowadzają wody o mineralizacji powyżej 1 g/l, a mineralizacją całkowitą rzek uzyskaną z analiz chemicznych, jest w zasadzie nieduża. Wyjątek stanowi tu Rawa i Brynica przed przyjęciem wód Rawy. W pierwszym przypadku różnica wynosi 0,7, w drugim zaś 0,6 g/l. Składają się na nią przypuszczalnie prócz pewnych niedokładności w obliczeniach również inne przyczyny.

Rawa jest w tej chwili sztucznym ściekiem wszystkich wód przemysłowych i komunalnych z najbardziej zaludnionej i uprzemysłowionej

<sup>2</sup> Wszystkie dane o wielkości przepływu średniego w rzekach wzięto z pracy J. Funzeta (1959); stanowią one średnie za okres 1947-1955. r.



Tabela 6

Porównanie wielkości zasolenia wód rzek dorzecza Wisły uzyskanego z pomiarów i obliczeń

Rzeka	Wodowskaz	Przyrost zasolenia, średni przepływ +0,2 g/l	Mineralizacja wód z analiz zredukowana do przepływów średnich g/l	Różnica 4—3 g/l
Rawa	Szopienice	1,9	2,6	0,7
Brynica	Sosnowiec	1,0	1,6	0,6
Brynica	Szabelnia	1,3	—	—
Czarna Przemsza	Radocha	0,3	0,4	0,1
Przemsza	Jezor	0,7	0,8	0,1
Przemsza	Jeleń	0,7	0,9	0,2
Przemsza	Chełmek	0,6	0,8	0,2
Wisła	Nowy Bieruń	0,4	0,2	0,2
Wisła	Pustynia	0,5	0,7	0,2
Wisła	Dwory	0,4	0,5	0,1
Wisła	Smolice	0,3	0,5	0,1

części Śląska, stąd też ta różnica jest w dużym stopniu usprawiedliwiona. Co się tyczy Brynicy przed ujściem Rawy, to różnica ta pochodzi przypuszczalnie z odprowadzanych do niej wód kopalnianych czterech kopalń kruszców, które nie zostały uwzględnione w obliczeniach. Wody tych kopalń charakteryzują się podwyższoną zawartością jonu  $SO_4^{2-}$  i jonów  $Ca^{2+}$  i  $Mg^{2+}$ . Ponadto do Brynicy odprowadza wody 6 kopalń węgla, których mineralizacja nie przekracza 1 g/l, nie uwzględnionych w obliczeniach.

We wszystkich innych przypadkach na różnicę w mineralizacji wód składać się mogą zarówno niedokładności wynikające z obliczeń zasolenia pochodzącego ze ścieków przemysłowych i komunalnych, jak również w pewnym stopniu nieuwzględnienie w obliczeniach wód kopalnianych o mineralizacji poniżej 1 g/l. Tym też należałoby tłumaczyć nieco większą różnicę w mineralizacji wód Przemszy na wodowskaziu Jeleń i Chełmek. Pochodzi ona przypuszczalnie między innymi z dopływu dużych ilości wód o mineralizacji poniżej 1 g/l z kopalń jaworznickich i kopalń kruszcowych rejonu Chrzanowa, Trzebini i Olkusza.

Niezrozumiała jest jedynie mniejsza od wyliczonego teoretycznie przyrostu zasolenia mineralizacja wody Wisły w Bieruniu (analiza chemiczna).

Widać stąd, że największy wpływ na zasolenie rzek mają odprowadzane wody kopalniane. Najbardziej zmineralizowane wody w dorzeczu Wisły prowadzi Rawa. Wody jej w decydującym stopniu kształtują charakter chemiczny nie tylko wód Brynicy przy ujściu, ale również Czarnej Przemszy i Przemszy. Czarna Przemsza najbardziej zmineralizowane wody prowadzi na odcinku od ujścia Brynicy do ujścia Białej



Przemszy. W dolnym jej biegu mineralizacja stopniowo maleje. Odbywa się to głównie wskutek rozcieńczenia wód Przemszy wodami słabiej zmineralizowanych dopływów. Równocześnie jednak w miarę mieszania się wód o różnym składzie zmienia się również charakter chemiczny wód w rzekach. Zmiany te przedstawiono na fig. 3.

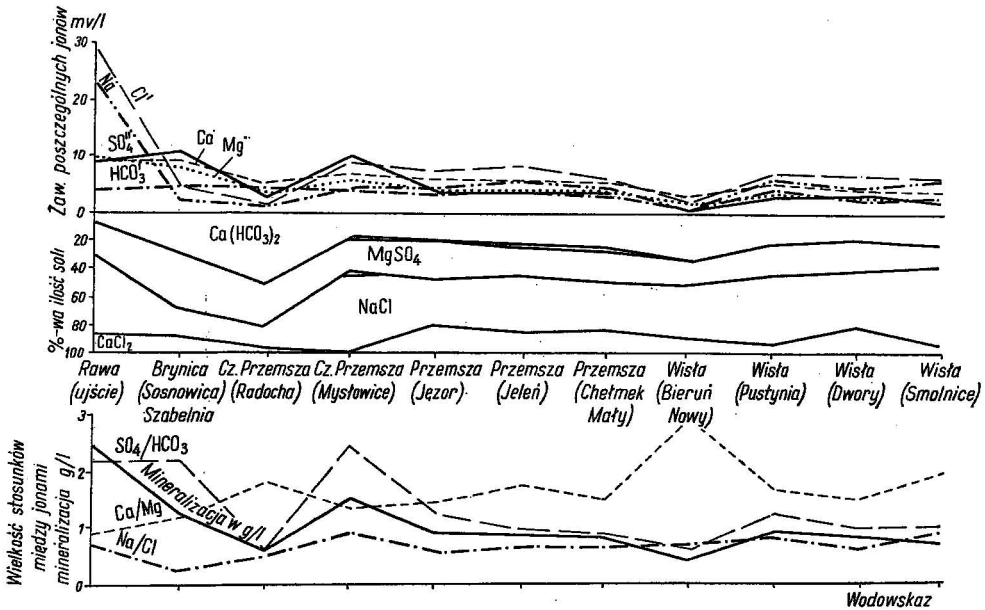


Fig. 3. Dorzecze Wisły — skład chemiczny wód w dniu 10 lipca 1963 r.  
Vistula river basin — chemical composition of waters measured on July, 10, 1963

Cechą charakterystyczną składu solnego wód dorzecza Wisły jest występowanie w nich pewnych ilości  $CaCl_2$ . Związek ten, typowy dla wód podziemnych, jest mało trwały w warunkach powierzchniowych i mówi o pewnym niedoborze jonu  $Na^+$ .

W miarę trwania przepływu znajdujących się w rzekach wód kopalnianych następuje stopniowe zmniejszanie się zawartości w wodach soli  $Ca(HCO_3)_2$  i  $MgSO_4$ , wzrasta natomiast udział soli  $NaCl$ . Wydaje się, że zawartość soli  $MgSO_4$  zmniejsza się w stopniu szybszym niż  $Ca(HCO_3)_2$ . Widać to również w zmniejszaniu się stosunku  $SO_4/HCO_3$  i zwiększaniu się stosunku  $Ca/Mg$ .

Spadek zawartości jonu  $SO_4^{2-}$  w wodach tłumaczyć można procesem redukcji siarczanów, przebiegającym w środowisku redukcyjnym. W wodach omawianych rzek środowisko takie istnieje na skutek dopływu dużej ilości substancji organicznych z fekalnych ścieków komunalnych. W wyniku redukcji siarczanów powstaje siarkowodór ulatniający się w powietrze, nadający charakterystyczny, nieprzyjemny zapach niektórym rzekom w Zagłębiu, oraz wodorowęglany, które powodują pojawienie się w wodach soli  $Mg(HCO_3)_2$  kosztem  $MgSO_4$ . Węglany tak magnezu, jak

i wapnia jako najmniej rozpuszczalne sole ulegają przypuszczalnie częściowo wytrąceniu.

Widać stąd, że mineralizacja wód rzek w miarę przepływu może obniżać się nie tylko wskutek rozcieńczenia, ale również w wyniku zachodzących w wodach procesów chemicznych (redukcja siarczanów, wytrącenie).

#### DORZECZE ODRY

Wody rzek dorzecza Odry badane były w dniu 24. VII. 1963 r. Przepływ wód w poszczególnych miejscach wodowskazowych w dniu tym, w porównaniu ze średnim wieloletnim przepływem, kształtował się jak przedstawiono w tabeli 7.

Tabela 7

Pomiary przepływu wód dorzecza Odry

Rzeka	Wodowskaz	Przepływ w m <sup>3</sup> /min		% średniego przepływu
		średni	24.VII.1963	
Kłodnica	Gliwice	204	162	79
Bierawka	Bierawa	144	72	50
Ruda	Kuźnia Raci- borska	105	84	80
Odra	Koźle	brak danych		
Odra	Krapkowice	brak danych		
Odra	Opole	brak danych		

Tabela 8

Porównanie wielkości zasolenia wód rzek dorzecza Odry uzyskanego z pomiarów i obliczeń

Rzeka	Wodowskaz	Przyrost zasolenia, średni przepływ +0,2 g/l	Mineralizacja wód z analiz chemicznych zredukowana do przepływu średniego g/l	Różnica 4—3 g/l
Kłodnica	Gliwice	3,1	3,1	0,0
Bierawka	Bierawa	2,1	2,2	0,1
Ruda	Kuźnia Raci- borska	1,6	1,5	-0,1
Odra	Koźle	0,6	1,2*	
Odra	Krapkowice	0,5	1,2*	
Odra	Opole	0,5	1,0*	

\* Mineralizacja faktyczna z analizy chemicznej (24.VII.1963) nie zredukowana do przepływu średniego.

W tabeli 8 podano porównanie obliczonego teoretycznie przyrostu zasolenia rzek wskutek dopływu wód kopalnianych z mineralizacją określoną na podstawie analiz chemicznych. Również w tym przypadku uw-

zgodniono dwie poprawki. Poprawkę 0,2 g/l dla wód wyjściowych dodano do teoretycznie obliczonego zasolenia (tab. 2), a faktyczną mineralizacja wód uzyskana z analiz chemicznych (tab. 4) została natomiast zredukowana do przepływu średniego w rzekach.

Niewielkie różnice między wartościami obliczonymi teoretycznie a danymi z analiz chemicznych wynikają przypuszczalnie z błędów obliczenia.

Z danych przedstawionych w tabeli 8 widać, że najbardziej zasolone wody prowadzi największy ciek powierzchniowy dorzecza Odry — Kłodnica (wodowskaz Gliwice), następnie Bierawka i Ruda.

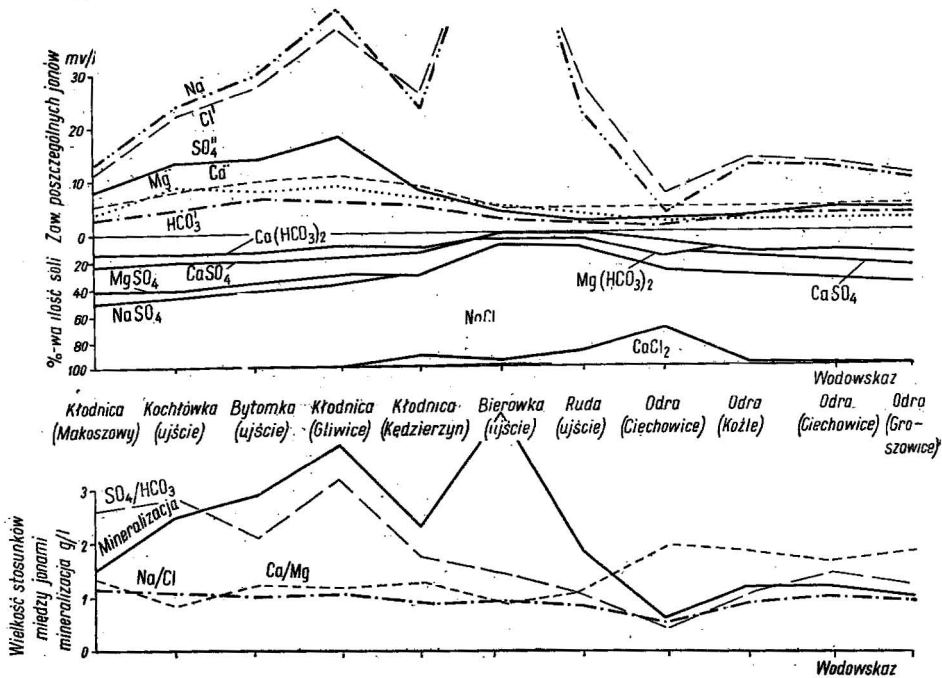


Fig. 4. Dorzecze Odry — skład chemiczny w dniu 24 lipca 1963 r.

Odra river basin — chemical composition of waters measures on July, 24, 1963

Wody rzek dorzecza Odry różnią się w dość dużym stopniu od wód rzek dorzecza Wisły. W dwóch dopływach Kłodnicy — Kochłówek i Bytomce oraz w samej Kłodnicy do Gliwic prócz chlorku sodu, który we wszystkich soli w wodzie przeważa w sposób bezwzględny, występuje również siarczan sodu (fig. 4). Mówi to o pewnej przewadze jonu  $\text{Na}^+$  nad jodem  $\text{Cl}^-$ . Ma to częściowe uzasadnienie w składzie wód podziemnych kopalń znajdujących się w zlewni tych rzek. Prócz siarczanów sodu występują tu jeszcze siarczany magnezu (najliczniejszy spośród siarczanów) i siarczany wapnia. Charakterystyczna jest ponadto niska zawartość węglanów (jako  $\text{Ca}/\text{HCO}_3/2$ ).

Wody Kłodnicy w Kędzierzynie różnią się już pod względem chemicznym od wód w górnym biegu rzeki. Pojawia się tu chlorek wapnia, co świadczy o pewnym niedoborze jonu  $\text{Na}^+$  w stosunku do  $\text{Cl}^-$ .

Wody Bierawki i Rudy, zwłaszcza tej pierwszej, są dość odmienne od wód Kochłówek, Bytomki i Kłodnicy. W porównaniu do tamtych rzek cechuje je bardzo duża zawartość NaCl i stosunkowo niska ilość pozostałych soli, głównie  $\text{Ca}(\text{HCO}_3)_2$ , występującej w ilościach śladowych. Wody te zawierają już  $\text{CaCl}_2$ . Charakter składu chemicznego wód tych rzek znajduje swe uzasadnienie w składzie wód kopalnianych. Kopalnie odprowadzające wody do Bierawki mają bardzo słone wody (K-1, D), w których stosunek jonów Na/Cl < 1 powoduje występowanie soli  $\text{CaCl}_2$ . Podobnie jest z wodami kopalnianymi odprowadzanymi do Rudy. Wody tych kopalń mają niższą mineralizację, ale również niższy stosunek Na/Cl.

Wody Odry przed przyjęciem pierwszych górnośląskich dopływów (Ruda, Bierawka, Kłodnica) są już znacznie zasolone. Analiza wód Odry pobranych w dniu 24. VII. 1963 r. wykazała, że w Ciechowicach ma ona już mineralizację 0,6 g/l. i dużą zawartość NaCl i  $\text{CaCl}_2$ , niską ilość siarczanów ( $\text{MgSO}_4$ ) oraz podwyższoną koncentrację wodorowęglanów ( $\text{Ca}(\text{HCO}_3)_2$  i  $\text{Mg}(\text{HCO}_3)_2$ ). Główny wpływ na wody Odry na tym odcinku mają wody odprowadzane z kopalń czechosłowackiej części Zagłębia (jedynie kilka kopalń polskich odprowadza tu swoje wody). Charakter chemiczny wód Odry jest do pewnego stopnia odzwierciedleniem składu chemicznego wód kopalnianych kopalń czechosłowackich. Wody tych kopalń mają niższą mineralizację (alkaliczno-słone) i niską zawartość siarczanów. Stosunek Na/Cl jest często bardzo niski.

Wody Odry ulegają gwałtownej zmianie po przyjęciu wód górnośląskich rzek, zawierających wody 33 kopalń i niosących około 1112 kg/min soli. Mineralizacja ich wzrasta dwukrotnie (w Koźlu), zmiana ulega również ich skład solny. Zwiększa się udział soli NaCl, maleje natomiast zawartość  $\text{CaCl}_2$ . Wzrasta dość silnie ilość siarczanowych soli ( $\text{MgSO}_4$ ,  $\text{CaSO}_4$ ) oraz w mniejszym stopniu  $\text{Ca}(\text{HCO}_3)_2$ . Dalej, aż do Opola, wody Odry ulegają już minimalnym zmianom zarówno co do ogólnej mineralizacji, jak i składu chemicznego (fig. 4).

Procesy redukcji siarczanów zachodzą we wszystkich rzekach śląskich dorzecza Odry. Widać to wyraźnie na przykładzie Kłodnicy, w której ilość siarczanów systematycznie maleje z biegiem rzeki. Widoczny jest również pewien spadek zawartości w wodach jonu  $\text{HCO}_3^-$ . Świadczy to o istnieniu redukcyjnego środowiska w rzekach Zagłębia, prawdopodobnie wskutek doprowadzenia do nich substancji organicznej w ściekach komunalnych. W wodach Odry zachodzi proces odwrotny, tzn. względnie zwiększania się udziału soli siarczanowych i przypuszczalnie wodorowęglowych.

#### PODSUMOWANIE

1. Wpływ wód kopalnianych na mineralizację i skład chemiczny rzek Zagłębia jest bardzo duży i właściwie decyduje o ich zasoleniu i składzie chemicznym. Ścieki przemysłowe z fabryk i komunalne wywierają przeważnie niewielki wpływ na zasolenie rzek. Powodują one głównie zanieczyszczenie mechaniczne i organiczne, zmieniając z reguły naturalne środowisko chemiczne w rzekach.

2. Największe zasolenie wykazują rzeki dorzecza Odry. Do rzek o największym zasoleniu w Zagłębiu należą (przepliw średni): Kłod-

nica (Gliwice) — 3,1 g/l, Rawa — 2,6 g/l, Bierawka — 2,2 g/l, Brynica — 2,2 g/l, Brynica (Sosnowiec — powyżej ujścia Rawy) — 1,6 g/l, Ruda — 1,5 g/l, Przemsza (od Jezora do ujścia) — 0,8 g/l. Czarna Przemsza na krótkim odcinku od ujścia Brynicy do ujścia Białej Przemszy ma o wiele wyższą mineralizację.

3. Wody Wisły poniżej ujścia Przemszy w porównaniu do wód Odry poniżej ujścia rzek śląskich są blisko dwukrotnie mniej zmineralizowane. Mineralizacja wód Wisły przewyższa tu tylko w niewielkim stopniu zasolenie wód Odry przed przyjęciem wód śląskich (Ciechowice). W rzekach dorzecza Wisły udział soli NaCl jest mniejszy i nie przekracza w zasadzie 50% zawartych w wodzie soli. Wyjątek stanowią tu tylko Rawa i Czarna Przemsza na krótkim odcinku — od ujścia Brynicy do ujścia Białej Przemszy, gdzie przeważa w wodach NaCl, a ich skład zbliżony jest do wód rzek dorzecza Odry. W rzekach dorzecza Wisły w dużych ilościach występują węglany, głównie wapnia, i siarczany, zwłaszcza magnezu. Dla wszystkich tych rzek charakterystyczny jest dość duży udział soli  $\text{CaCl}_2$  (do 20%). Wody rzek dorzecza Odry charakteryzują się przeważnie zawartością soli NaCl powyżej 50% (w wodach Bierawki do 87% ogólnej ilości soli). Charakterystyczna jest tu niewielka ilość węglanów wapnia i dość duża koncentracja jonu  $\text{SO}_4^{2-}$ , tworzącego połączenia z jonami  $\text{Ca}^{2+}$ ,  $\text{Mg}^{2+}$ , a nawet  $\text{Na}^+$ . Sól  $\text{CaCl}_2$  występuje tylko w niewielkich ilościach i nie we wszystkich rzekach.

4. Różna intensywność przebiegu procesów chemicznych (odsiarczanie, wytrącanie) zależy będzie również od stanu wód w rzece. Przy stanach niskich, gdy koncentracja soli w wodzie jest większa, procesy te przebiegać będą intensywniej niż przy wysokich stanach wód (duże rozcieńczenie).

Niedobór jonu  $\text{Na}^+$  w stosunku do  $\text{Cl}^-$  (pojawienie się soli  $\text{CaCl}_2$ ) można tłumaczyć w pewnym stopniu składem chemicznym odprowadzanych wód kopalnianych. Wody te, gdy są silnie zmineralizowane, cechuje stosunek  $\text{Na}/\text{Cl} < 1$ , który spada czasami poniżej 0,87. Mniej zmineralizowane wody mają jednak z reguły przewagę sodu nad chlorem. Spodziewać by się więc należało, że wody rzek powinny mieć stosunek  $\text{Na}/\text{Cl}$  wyższy od najniższej jego wartości dla wód podziemnych (w Zagłębiu do 0,72). Tymczasem stosunek ten w rzekach spada czasami poniżej 0,50; a w Brynicy nawet do 0,25. Ten obniżony wskaźnik nie może być tylko wynikiem dopływu do rzek wód słodkich ( $\text{HCO}_3^-$ - $\text{SO}_4^{2-}$ - $\text{Ca}$ - $\text{Mg}$ ). Wydaje się, że jon ten musi wchodzić w związki, które nie zostały oznaczone w wykonanych analizach. Jest on przypuszczalnie pochłaniany przez zawarte w wodach koloidy (np. krzemowe i glinowe).

5. Główne zasolenie rzek w dorzeczu Odry pochodzi od wód kilku zaledwie kopalń. Osobne ujście tych wód i odprowadzenie do jakiegoś zbiornika retencyjnego wydatnie obniżyłoby zasolenie niektórych rzek; zwłaszcza Bierawki, Rudy, Kłodnicy i samej Odry. Główne zasolenie rzek w zlewni Wisły pochodzi w przeważającej części od dużej koncentracji soli w Rawie, która prowadzi silnie zmineralizowane wody kopalń z zachodniej części dorzecza. Podwyższone zasolenie cechuje też wody Brynicy powyżej ujścia Rawy. Wpływ wód Rawy na zasolenie Brynicy i Przemszy jest ogromny. Skierowanie tych wód do zbiornika retencyj-

nego wpłynęłoby w znacznym stopniu na zmniejszenie się mineralizacji wód Przemyszy poniżej ujścia Brynicy, a tym samym na znaczne obniżenie się ilości soli w wodach Wisły.

6. Najkorzystniejsza lokalizacja takich zbiorników byłaby w przypadku dorzecza Odry w rejonie Knuruwa, w przypadku dorzecza Wisły natomiast w okolicach Szopienic — Sosnowca.

Oddział Górnośląski Instytutu Geologicznego  
Sosnowiec, ul. Białego 5

Nadesłano dnia 23 czerwca 1965 r.

### PIŚMIENNICTWO

- CZAPLIŃSKI R. (1963) — Chemizm odpływowych wód górnośląskich. Kwart. geol., 7, p. 454—469, nr 3. Warszawa.
- KLECZKOWSKI A., WILK Z. (1964) — Charakterystyka hydrogeologiczna nowego okręgu węglowego we wschodniej części Zagłębia Śląsko-krakowskiego. Mat. XXXVII Zjazdu Pol. Tow. Geol., p. 186—205. Katowice.
- KRAJEWSKI R. (1962) — Kierunki prac hydrogeologiczno-inżynierskich w ochronie zasobów wód powierzchniowych i podziemnych przed zasoleniem. PAN, Komitet Inżynierii i Gospodarki Wodnej, p. 20—25. Warszawa.
- OLCZAKOWSKI W. (1962) — Wpływ górnictwa węglowego oraz kopalnictwa miedzi i cynku na zasolenie rzek. PAN, Komitet Inżynierii i Gospodarki Wodnej, p. 30—34. Warszawa.
- OLCZAKOWSKI W. (1963) — Odsalanie wód dołowych w Rybnickim Okręgu Węglowym. Gosp. wodna, 2, p. 49—52. Warszawa.
- PAŁYS J. (1964) — Problemy hydrochemiczne w Górnośląskim Zagłębiu Węglowym. Prz. geol., 12, p. 81—82, nr 2. Warszawa.
- PUNZET J. (1959) — Bilans wodny Górnośląskiego Okręgu Przemysłowego. Pr. Państw. Inst. Hydr.-Met., 49. Warszawa.

ЯН ПАЛЫС

### ЗАСОЛЕНИЕ ПОВЕРХНОСТНЫХ ВОДОТОКОВ ВСЛЕДСТВИЕ ОТВОДА ОТРАБОТАННЫХ ВОД В ВЕРХНЕЙ СИЛЕЗИИ

#### Резюме

Основной причиной засоления рек Верхней Силезии являются шахты. Другие промышленные предприятия и городские сточные воды приводят лишь к большому физическому и органическому их загрязнению.

К рекам с максимальным засолением относятся (при среднем расходе реки): Клодница (3,1 г/л), Рава (2,6 г/л), Беравка (2,2 г/л), Брыница (1,6 г/л), Руда (1,5 г/л), Пшемша (0,8 г/л). Указанные реки впадают в Одру и Вислу и в значительной степени засоляют их воды в верхнем течении. В числе ионов, содержащихся в водах, встречаются  $Cl^-$ ,  $Na^+$ ,  $SO_4^{2-}$ ,  $HCO_3^-$ ,  $Mg^{2+}$ ,  $Ca^{2+}$ , которые образуют соли  $NaCl$ ,  $MgSO_4$ ,  $Ca(HCO_3)_2$  и реже  $NaSO_4$ ,  $CaCl_2$ ,  $CaSO_4$ ,  $Mg(HCO_3)_2$ .

Химический состав шахтных вод после смешивания их с речными водами подвергается различным изменениям. К процессам, происходящим при смешивании этих вод можно, в основном, отнести обессеривание и осаждение некоторых солей. Процессы обессеривания происходят в результате восстановительной среды, которая возникает в реках путем обогащения их вод органическими веществами, приносимыми промышленными и городскими сточными водами. В результате восстановления сульфатов выделяется  $H_2S$ , придающий специфический запах некоторым рекам, а также ион  $HCO_3^-$ , который образует с содержащимися в воде ионами  $Ca^{++}$  и  $Mg^{++}$  труднорастворимые соли, выделяющиеся в виде осадка.

Вышеуказанные процессы приводят к понижению содержания иона  $SO_4^{--}$ , а также карбонатов кальция и магния, т.е. к понижению минерализации.

Ион  $Na^+$ , по всей вероятности, поглощается частично присутствующими в воде гелями.

Наиболее устойчивым и неизменяющимся ионом является хлор, концентрация которого может быть понижена в воде в результате разбавления.

Jan PAŁYS

### SALINITY OF SURFACE FLOWS DUE TO DRAINAGE OF SEWAGE WATERS IN THE UPPER SILESIA AREA

#### Summary

Mines are main cause of river salinity in the Upper Silesian area. Other industrial objects and municipal sewages are responsible for a great physical and organic pollution only.

The following are rivers characterized by greatest salinity (under conditions of mean flow of the rivers): Kłodnica — 3,1 g/l, Rawa — 2,6 g/l, Bierawka — 2,2 g/l, Brynica — 1,6 g/l, Ruda — 1,5 g/l, Przemsza — 0,8 g/l. These rivers, discharging themselves into the Odra and Vistula Rivers, increase the salt contents of these latter mainly in their upper course. Among ions occurring in the waters the following ones were distinguished:  $Cl^-$ ,  $Na^+$ ,  $SO_4^{--}$ ,  $HCO_3^-$ ,  $Mg^{++}$ ,  $Ca^{++}$ ; they constitute such salts as  $NaCl$ ,  $MgSO_4$ ,  $Ca(HCO_3)_2$  and rarely  $NaSO_4$ ,  $CaCl_2$ ,  $CaSO_4$  and  $Mg(HCO_3)_2$ .

Mine waters mixed with river waters undergo various changes of chemical composition. To the processes taking place during mixing of these waters can, first of all, be referred the process of desulphurization and precipitation of certain salts. The processes of desulphurization take place due to reduction medium developed in the rivers as a result of enrichment of their waters in organic substances brought by industrial and municipal sewages. As a result of reduction of sulphates  $H_2S$  comes out giving specific smell to some rivers and ion  $HCO_3^-$  is formed giving, together with  $Ca^{++}$  and  $Mg^{++}$  ions occurring in water, hardly soluble salts precipitating into the sediment.

The processes mentioned above lead to a decrease of  $SO_4^{--}$  ion contents, to the loss of calcium carbonate and magnesium carbonate, i.e. to a decrease of mineralization.

Ion  $Na^+$  is probably partly absorbed by gels occurring in waters.

To the most stable and invariable ions belongs chlorine; a decrease of its concentration in water can take place only due to dilution.