

ANDRZEJ HAŁADUS*, RYSZARD KULMA*

Badania modelowe zmian stosunków wodnych w warunkach likwidacji górnictwa rud cynku i ołowiu w rejonie olkuskim

Słowa kluczowe

Hydrogeologia, odwadnianie kopalń, modelowanie procesów filtracji

Streszczenie

W rejonie olkuskim występują bardzo złożone warunki hydrogeologiczne. Kompleks wodonośny tworzą utwory typu porowego lub szczelinowo-krasowego, należące do czwartorzędowego, jurajskiego, triasowego i paleozoicznego piętra wodonośnego. Wzajemna ich więź ma miejsce poprzez różnego rodzaju kontakty hydrauliczne. Naturalne warunki hydrogeologiczne zostały silnie przeobrażone, zwłaszcza przez intensywny drenaż górniczy osiągający maksymalnie wydajność ponad 350 m³/min. W wyniku odwadniania powstał rozległy lej depresji o powierzchni kilkuset km².

Przewidywana do końca 2012 roku likwidacja kopalń rud cynku i ołowiu w rejonie olkuskim spowoduje zarówno ilościowe, jak i jakościowe regionalne zmiany stosunków wodnych. Wymusiło to także konieczność nowego spojrzenia na problematykę zaopatrzenia tego rejonu w wodę.

W pracy przedstawiono prognozy hydrogeologiczne uwzględniające zmiany stosunków wodnych w rejonie olkuskim w warunkach likwidacji zakładów górniczych oraz możliwości zaopatrzenia w wodę. Prognozy zrealizowano w oparciu o badania na modelu obejmującym obszar filtracji o powierzchni około 937 km². Model składa się z dwóch warstw wodonośnych, tj. górnej — obejmującej utwory czwartorzędowo-jurajskie i dolnej — czwartorzędowo-triasowo-dewońskie, rozdzielonych serią osadów słabo przepuszczalnych retyko-kajpru.

* Dr inż., Zakład Hydrogeologii i Ochrony Wód AGH, Kraków.

Wprowadzenie

Trwający kilkadziesiąt lat intensywny drenaż utworów triasu w rejonie olkuskim, głównie przez górnictwo rud cynku i ołowiu, spowodował bardzo duże zmiany w stosunkach wodnych tego obszaru, obejmujące także piętra wodonośne czwartorzędu, jury i paleozoiku. W zbiorniku wód podziemnych obejmującym utwory triasu powstał lej depresji o powierzchni kilkuset km² i maksymalnym obniżeniu około 140 m.

W rejonie olkuskim odwadnianie koncentruje się na zlikwidowanej kopalni Bolesław i czynnej kopalni Olkusz-Pomorzany podzielonej na dwie części, tj. Rejon Olkusz i Rejon Pomorzany. Ponadto w obrębie złoża Olkusz udostępniono złożo Olkusz-Podpoziom, włączone w system odwadniania Rejonu Pomorzany.

Owadnianie górotworu wymusiło konieczność budowy tzw. rurociągu grupowego i kilkunastu wodociągów lokalnych w celu zaopatrzenia w wodę rejonu olkuskiego.

Postępujący proces likwidacji górnictwa w rejonie olkuskim wymusza konieczność wykonania prognoz hydrogeologicznych uwzględniających przyszłe zmiany stosunków wodnych oraz wskazujących na możliwości zaopatrzenia w wodę dobrej jakości.

Prognozy hydrogeologiczne opracowane zostały w oparciu o wyniki badań wykonanych na dwuwarstwowym modelu cyfrowym. Dotychczasowe wieloletnie doświadczenia autorów wskazują, że mimo bardzo złożonych warunków hydrogeologicznych uzyskane prognozy przy właściwie sformułowanym i zweryfikowanym modelu są wiarygodne.

1. Charakterystyka warunków hydrogeologicznych

Warunki hydrogeologiczne w rejonie olkusko-zawierciańskim zostały opisane w licznych publikacjach (Wilk, Rożkowski, red., 1980; Haładus 1988; Motyka 1988; Adamczyk, Haładus 1998; Szczepański i in. 1998; Adamczyk i in. 1999), dlatego poprzestano tylko na skrótowym ich przedstawieniu.

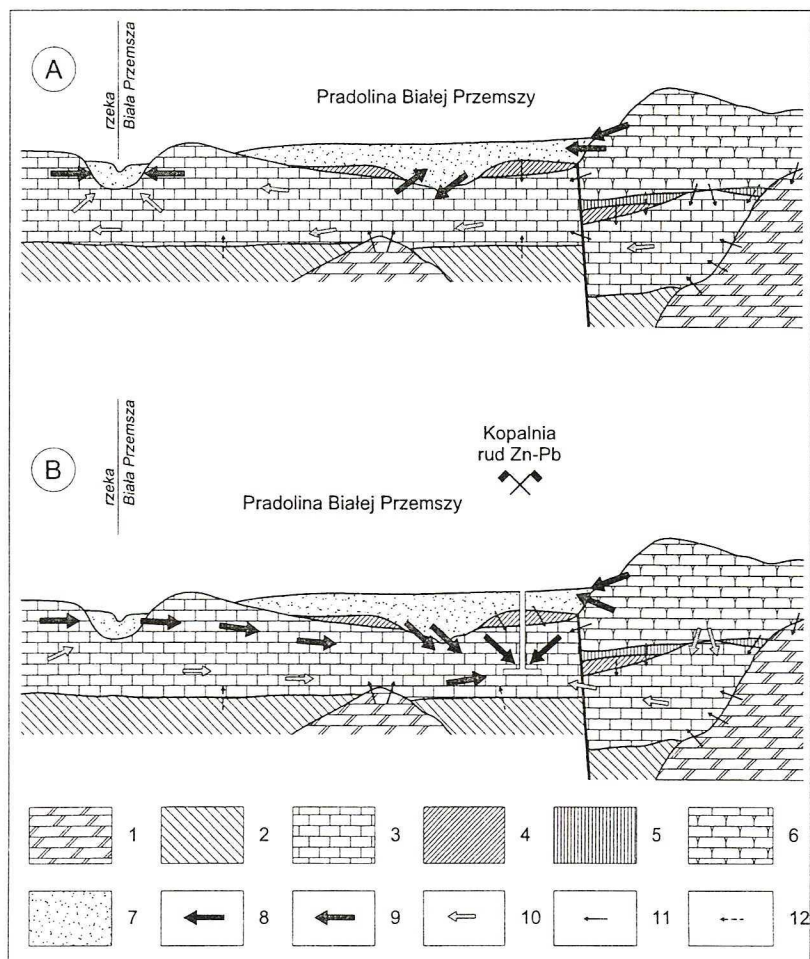
Na sfałdowanych i pociętych uskokami utworach paleozoicznych leżą niezgodnie osady pokrywy permo-mezozoicznej, pocięte uskokami związanymi z alpejskimi ruchami górotwórczymi. Zagłębienia erozyjne w utworach mezozoicznych są wypełnione osadami czwartorzędowymi. Taki układ i różnorodność litostratygraficzna występujących skał jest powodem, że drogi przepływu wód podziemnych są bardzo skomplikowane (rys. 1).

W rozpatrywanym obszarze występują wodonośne piętra: paleozoiczne (dewońskie i karbońskie), triasowe, jurajskie i czwartorzędowe.

Piętro dewońskie tworzą spękanе i skrasowiałe dolomity oraz wapienie. Praktycznie rzecz biorąc są one przykryte utworami jury i triasu.

Piętro karbońskie we wschodniej części rejonu olkuskiego tworzą spękanе i w niewielkim stopniu skrasowiałe wapienie dolnego karbonu. W części zachodniej zlewni, pod grubą pokrywą osadów czwartorzędowych występują wodonośne piaskowce górnego karbonu. Są to skały porowate i pocięte licznymi szczelinami.

Piętro triasowe, obok piętra jurajskiego, jest głównym zbiornikiem wód podziemnych wydzielonym jako GZWP nr 454 Olkusz-Zawiercie (Kleczkowski 1990). Triasowe piętro wodonośne składa się na ogół z dwu połączonych poziomów wodonośnych, tj. retu i wa-



Rys. 1. Schemat krążenia wód podziemnych w rejonie olkuskim (Motyka, Wilk 1980)

A — warunki naturalne; B — warunki zakłócone działalnością górnictwa i ujęć wód podziemnych

1 — dewon, seria węglanowa, 2 — perm, zlepieńce, gliny, 3 — trias, ret i wapien muszlowy, seria węglanowa, 4 — trias, kajper, seria ilasta, 5 — jura, margle, 6 — jura, wapienie, 7 — czwartorzęd, piaski rumosze, 8 — intensywna wymiana wody, 9 — bardzo łatwa wymiana wody, 10 — łatwa wymiana wody, 11 — utrudniona wymiana wody, 12 — bardzo utrudniona i wolna wymiana wody

Fig. 1. Scheme of groundwater circulation in the Olkusz area (after Motyka & Wilk 1980)

A — natural conditions; B — conditions disturbed by mining operations and groundwater intakes

1 — Devonian, carbonate series, 2 — Permian, conglomerates, clays, 3 — Triassic, Roeth and Muchelkalk, carbonate series, 4 — Triassic, Keuper, clay series, 5 — Jurassic, marls, 6 — Jurassic, limestones, 7 — Quaternary, sands, rubble, 8 — intensive water exchange, 9 — very easy water exchange, 10 — easy water exchange, 11 — impeded water exchange, 12 — strongly impeded and slow water exchange

pienia muszlowego. W obu wodonośne są skały węglanowe: dolomity i wapienie. Woda podziemna przepływa siecią szczelin i kanałów krasowych, a przestrzeń porowa spełnia rolę magazynu wody. Przepuszczalność wapieni i dolomitów triasu jest bardzo zróżnicowana zarówno w pionie, jak i w poziomie. Współczynnik filtracji skał wodonośnych mieści się w przedziale od $1,6 \times 10^{-7}$ m/s do $1,4 \times 10^{-2}$ m/s (Haładus 1988). Średnie wartości tego parametru hydrogeologicznego wynoszą około $6,5 \times 10^{-5}$ m/s (Motyka, Wilk 1980). Miąższość utworów piętra triasowego mieści się w przedziale od 0 do 140 m, przy czym najczęściej oscyluje między 90—100 m.

Piętro jurajskie jest niejednorodne pod względem litologicznym. W górnej części budują go skaliste i płytowe wapienie górnej jury, czyli malmu (poziom wapienny), tworzące główny zbiornik wód podziemnych GZWP nr 326 Częstochowa E. W części dolnej są to piaskowce i zlepienie jury środkowej, tj. doggeru (poziom piaskowcowy). Piętro jurajskie jest rozwinięte na wschodzie i północy rejonu olkusko-zawierciańskiego. Dominujące znaczenie ma poziom wapienny, a podrzędnie piaskowcowy. Drogami przepływu wody w wapieniach skalistych nieulawionych są głównie szczeliny pionowe oraz kanały krasowe. W wapieniach skalistych ławicowych oraz w wapieniach płytowych sieć spekań i kanałów krasowych jest uzupełniana oddzielnosciami międzyławicowymi. Średnia wartość współczynnika filtracji wapieni jurajskich na tym obszarze wynosi $1,6 \times 10^{-5}$ m/s.

Piętro czwartorzędowe jest zbudowane głównie z różnoziarnistych piasków, w obrębie których występują wkładki żwirów i rumoszy. Są to przede wszystkim osady rzeczno-lodowcowe, częściowo przewiane, wypełniające doliny współczesnych rzek i starszych zagłębień erozyjnych. W tych rejonach odgrywają one istotną rolę. Największą miąższość, dochodzącą do 70 m, wodonośne osady czwartorzędowe osiągają w pradolinie Przemszy oraz w łączących się z nią mniejszych dolinkach kopalnych. Wartość współczynnika filtracji wynosi najczęściej $2,7 \times 10^{-4}$ m/s (Motyka, Witczak 1975).

Regionalnym obszarem zasilania w rejonie olkusko-zawierciańskim jest pasmo wzgórz Wyżyny Krakowsko-Częstochowskiej (rzędne terenu 400—500 m n.p.m.) zbudowane z wodonośnych utworów jury, a podstawę drenażu stanowią doliny rzek płynących przez obszar Wyżyny Śląskiej, których koryta położone są na rzędnych 250—300 m n.p.m. (Haładus 1988; Motyka 1988) Regionalny przepływ strumienia wód podziemnych odbywa się z północnego wschodu i wschodu ku południowemu zachodowi i zachodowi. Jest on modyfikowany przez lokalne podstawy drenażu (naturalne i antropogeniczne), nieciągłości geologiczne i niejednorodności ośrodka filtracji. Istotnymi elementami kształtowania warunków przepływu wód podziemnych są ich związki hydrauliczne z wodami powierzchniowymi, tektonika, struktury pustek w obrębie osadów węglanowych, kontakty hydrauliczne między piętrami i poziomami wodonośnymi oraz ujęcia wodne i wyrobiska górnicze olkuskich kopalń rud cynku i ołowiu.

Warunki hydrogeologiczne na obszarze występowania złoża zostały bardzo zmienione pod wpływem intensywnego drenażu górniczego oraz poboru wody przez pracujące ujęcia (rys. 1). Bezpośrednim drenażem objęte są węglanowe osady triasu, odwadniane wyro-

biskami podziemnymi kopalń rud cynku i ołowiu oraz otworami studziennymi, a także piaski czwartorzędowe — drenowane na wielką skalę przez system rowów i kanałów w odkrywkowej Kopalni Piasku Szczakowa.

Istnienie bezpośredniej więzi hydraulicznej piętra triasowego i czwartorzędowego stwierdzono w południowej i południowo-zachodniej części rejonu olkuskiego, gdzie węglanowe utwory triasu odsłaniają się na powierzchni terenu lub występują bezpośrednio pod utworami czwartorzędu. W tym rejonie, na skutek drenażu piętra triasowego, piętro wodonośne czwartorzędu zostało prawie w całości osuszone.

2. Badania modelowe

2.1. Weryfikacja modelu

Model matematyczny warunków hydrogeologicznych rejonu olkuskiego od chwili powstania (Haładus 1988) jest stale doskonalony (Adamczyk, Haładus 1998; Szczepański i in. 1998), tak aby możliwie najwierniej odtwarzać rzeczywiste rozkłady ciśnień i przepływy filtracyjne w utworach wodonośnych. Do rozwiązania postawionego zadania badawczego wykorzystano specjalnie opracowany w 1998 r. program z biblioteki HYDRYLIB (Szymanko i in. 1982), w którym uwzględniono możliwość odwzorowania kierunkowych zmian przepuszczalności górotworu i jego osuszania w całym profilu.

Modelowany obszar filtracji, aby zminimalizować oddziaływanie zewnętrznych jego granic, miał zasięg znacznie wykraczający poza rejon eksploatacji rud cynku i ołowiu. Obliczeniami symulacyjnymi objęto fragment zlewni Białej Przemszy po zasięg występowania utworów węglanowych triasu, a w części północnej, północno-zachodniej i zachodniej także fragment zlewni Czarnej Przemszy. Południowa, południowo-wschodnia i wschodnia część obszaru badań obejmuje częściowo zlewnię Rudawy i Prądnika.

Bezpośrednimi badaniami na modelu hydrogeologicznym objęty został obszar około 937 km² podzielony na prostokątne bloki obliczeniowe o wymiarach: 300 × 300 m, 600 × 600 m, 300 × 600 m i 600 × 300 m. Pierwszą modelowaną warstwę czwartorzędowo-jurajską utworzyło 2550 bloków obliczeniowych, a warstwę drugą, czwartorzędowo-triasowo-dewońską — 3965 bloków.

W celu identyfikacji modelu przyjęto następujący reżim warunków hydrogeologicznych (tab. 1):

- w kopalni Bolesław najniższa rzędna odwadniania wyrobisk górniczych wynosiła +249,0 m n.p.m.,
- w części północnej Rejonu Olkusz kopalni Olkusz-Pomorzany symulowano odwadnianie górotworu na rzędnej +238 m n.p.m., natomiast w jego części południowej, tj. w obrębie złoża Olkusz-Podpoziom — na rzędnej +180 m n.p.m.,
- w Rejonie Pomorzany kopalni Olkusz-Pomorzany przyjęto odwadnianie wyrobisk górniczych na poziomie +180 m n.p.m.,

TABELA I

Schemat zrealizowanych badań modelowych

TABLE I

Scheme of completed modelling studies

Wariant	Kopalnia Bolesław					Kopalnia Olkusz-Pomorzany									
						Rejon Olkusz						Rejon Pomorzany			
												Rejon zach., wsch.	Rejon pół- nocny	Zato- pienie	
	Poziom odwodnienia wyrobisk górniczych [m n.p.m.]														
	+249	+265	+307,2	+313	zato- pienie	+238	+314,3	zato- pienie	Podpoziom			+180		zato- pienie	
+180									+155	zato- pienie					
stan wyta- rowany	+					+			+			+			
1		+				+			+	+		+	+		
2			+			+					+			+	
3				+			+				+			+	
4					+			+			+			+	

- układ zwierciadła wód podziemnych oraz wielkości poboru wody przez ujęcia głębinowe przyjęto według stanu z I kwartału 2001 r.,
- infiltrację wód nadosadowych ze stawów odpadów poflotacyjnych do górotworu symulowano z wydajnością 5,2 m³/min.

W rozpatrywanym stanie wyjściowym (I kwartał 2001 r.) kierunki przepływów wód podziemnych w piętrze czwartorzędowo-jurajskim były zróżnicowane, z przewagą południowego — w północnej części rejonu olkuskiego, oraz północno-zachodniego i zachodniego — w części południowej. Pośredni drenaż górniczy poprzez różnego rodzaju kontakty hydrauliczne powoduje obniżenie zwierciadła wody w piętrze czwartorzędowo-jurajskim do rzędnych około +290 m n.p.m. — w Rejonie Pomorzany i około +310 m n.p.m. — w części obszaru stanowiącej Olkusz-Podpoziom. W północnej części rejonu olkuskiego drenaż tego piętra poprzez Białą Przemszę i jej dopływy znacząco modyfikuje układ hydrodynamiczny (Haładus, Kulma 2003).

Położenie zwierciadła wód podziemnych w piętrze czwartorzędowo-triasowo-dewońskim przedstawia sobą rozległy lej depresji osiągający maksymalne obniżenia: około 140 m — w Rejonie Pomorzany (maksymalna rzędna odwadniania dochodzi do +175 m n.p.m.), ponad 90 m — w Rejonie Olkusz (poziom odwadniania +238 m n.p.m.) i około 70 m — w kopalni Bolesław (rzędna odwadniania +249 m n.p.m.).

Odwzorowanie na modelu bardzo złożonych warunków hydrogeologicznych rejonu olkusko-zawierciańskiego zostało osiągnięte na drodze schematyzacji warstw wodonośnych, cieków powierzchniowych i systemów drenażowych kopalń. Uzyskane na etapie weryfikacji modelu obrazy pól filtracyjnych wskazują na dużą zgodność z rzeczywistymi pomiarami zwierciadła wody, wykonanymi w I kwartale 2001 r. Różnice między wielkościami obserwowanymi i uzyskanymi na modelu zawierały się na ogół w granicach od 0,0 do $\pm 2,0$ m dla warstwy 1 (błąd średni wynosił ok. 0,6 m) oraz od 0,0 do $\pm 3,0$ m dla warstwy 2 (błąd średni ok. 0,4 m). Średnie odchylenia standardowe wynosiły odpowiednio 1,9 i 1,7 m (Haładus, Kulma 2003).

Uzyskane na modelu dopływy do wyrobisk górniczych również wykazują dużą zgodność z pomiarami kopalnianymi (tab. 2—4). Różnice pomiędzy nimi wynosiły: $-0,01\%$ dla Rejonu Pomorzany, $-0,46\%$ dla Rejonu Olkusz i $-2,43\%$ dla kopalni Bolesław, a $-0,18\%$ — w odniesieniu do całkowitego dopływu wody do systemów odwadniających.

Pobór wody przez ujęcia głębinowe symulowano na modelu warunkami II rodzaju. W rejonie oluskim eksploatują one głównie triasowe piętro wodonośne. Z obu modelowanych warstw odbierały łącznie około $23\ 000\ \text{m}^3/\text{d}$ (ok. $16,0\ \text{m}^3/\text{min}$).

Potwierdzeniem poprawności przyjętej dla celów modelowania schematyzacji skomplikowanych warunków hydrogeologicznych oraz wykonanej weryfikacji modelu jest bardzo duża dokładność odwzorowania powierzchni piezometrycznych i dopływów do kopalń.

2.2. Wyniki obliczeń prognostycznych

Na modelu cyfrowym warunków hydrogeologicznych rejonu olkuskiego zrealizowano cztery warianty obliczeń prognostycznych w warunkach filtracji ustalonej (tab. 1).

Zgodnie ze stanem rozpoznania warunków wodnych (z 2001 r.), w rozwiązaniach symulacyjnych uwzględniono możliwości drenażu górotworu przez południową część sztolni Czartoryskiej, prawie cały odcinek sztolni Południowej i końcowy fragment sztolni Ponikowskiej. We wszystkich wariantach prognostycznych wielkości poboru przez ujęcia wód podziemnych nie ulegały zmianie i były symulowane według stanu z I kwartału 2001 r.

Wariant 1 — stan hydrodynamiczny prognozowany na koniec 2012 r.

Wariant ten obrazuje docelowy stan rozwoju górnictwa rud cynku i ołowiu w rejonie oluskim, który jest planowany na koniec 2012 r. Przyjęte zostały następujące założenia:

- w kopalni Bolesław funkcjonuje głębinowe ujęcie wody zlokalizowane w szybie Mieczysław. Eksploatacja wód kopalnianych odbywa się z wydajnością około $4,5\ \text{m}^3/\text{min}$ przy dopuszczalnej rzędnej depresji $+265\ \text{m n.p.m.}$ (tab. 2). W związku z tym w przekopie Dąbrówka symulowano istnienie tamy wodnej na rzędnej około $+255\ \text{m n.p.m.}$ Ponadto w sztolni Południowej, w rejonie szybu Południowego, wykonana jest tama wodna na rzędnej około $+303\ \text{m n.p.m.}$,
- w Rejonie Olkusz utrzymywane jest odwadnianie tak jak obecnie (2001 r.), tj. na poziomie $+238\ \text{m n.p.m.}$ (tab. 3). W obrębie złoża Olkusz-Podpoziom minimalna rzędna odwadniania wynosi $+155,0\ \text{m n.p.m.}$,

TABELA 2

Dopływy do wyrobisk górniczych kopalni Bolesław na podstawie badań modelowych [$\text{m}^3\text{d}^{-1}/\text{m}^3\text{min}^{-1}$]

TABLE 2

Inflows to the workings of the Bolesław Mine based upon modelling [$\text{m}^3\text{d}^{-1}/\text{m}^3\text{min}^{-1}$]

Sposób uzyskania danych	Poziom odwodnienia [m n.p.m.]	Całkowity dopływ
Pomiary rzeczywiste, średnie dopływy zmierzone w I kwartale 2001 r.	+249,0*	<u>12770</u> 8,87
Wynik symulacji — stan odtworzony z I kwartału 2001 r.	+249,0*	<u>13080</u> 9,08
Obliczenia prognostyczne — wariant 1	+265,0	<u>6580</u> 4,57
Obliczenia prognostyczne — wariant 2	+307,2	<u>6480</u> 4,50
Obliczenia prognostyczne — wariant 3	+313,0	<u>6540</u> 4,54
Obliczenia prognostyczne — wariant 4	Kopalnia zatopiona	

* Najniższy poziom odwadniania

TABELA 3

Dopływy do wyrobisk górniczych Rejonu Olkusz na podstawie badań modelowych [$\text{m}^3\text{d}^{-1}/\text{m}^3\text{min}^{-1}$]

TABLE 3

Inflows to the workings of the Rejonu Olkusz based upon modelling [$\text{m}^3\text{d}^{-1}/\text{m}^3\text{min}^{-1}$]

Sposób uzyskania danych	Poziom odwadniania (depresji) [m n.p.m.]	Rejon kopalni				Dopływ całkowity
		zachodni	południowy	centralny	wschodni	
Pomiary rzeczywiste wielkości z I kwartału 2001 r.	+238,0	<u>2840</u> 1,97	<u>3120</u> 2,17	<u>11520</u> 8,0	<u>41790</u> 29,02	<u>59270</u> 41,16
Wynik symulacji stan odtworzony z I kwartału 2001 r.	+238,0	<u>2910</u> 2,02	<u>3180</u> 2,21	<u>11300</u> 7,85	<u>42150</u> 29,27	<u>59540</u> 41,35
Obliczenia prognostyczne wariant 1	+238,0	— -	— -	<u>7260</u> 5,04	<u>34270</u> 23,80	<u>41530</u> 28,84
Obliczenia prognostyczne wariant 2	+238,0	— -	<u>11610</u> 8,06	<u>39150</u> 27,19	<u>57790</u> 40,13	<u>108550</u> 75,38
Obliczenia prognostyczne wariant 3	+314,3	— -	<u>7100</u> 4,93	<u>3020</u> 2,10	<u>28760</u> 19,97	<u>38880</u> 27,00
Obliczenia prognostyczne wariant 4	Kopalnia zatopiona					

- w Rejonie Pomorzany zrealizowano dodatkowo (w stosunku do stanu obecnego) udostępnienie północnej części złoża. Nastąpi przedłużenie wyrobisk w kierunku północnym o około 600 m.,
- stawy odpadów po flotacyjnych są nieczynne, brak zatem infiltracji wód nadosadowych do górotworu.

Uzyskane na modelu hydrogeologicznym dopływy do Rejonu Pomorzany wynoszą 270,71 m³/min. Przewidywany wzrost, w stosunku do ilości wód odbieranych w I kwartale 2001 r., jest spowodowany głównie dopływem do wyrobisk udostępniających złożo Olkusz-Podpoziom, który osiągnął natężenie 29,25 m³/min (tab. 4). Do wyrobisk górniczych Rejonu Olkusz dopływać powinno 28,84 m³/min (tab. 3). Wody odbierane będą głównie w części wschodniej kopalni (23,8 m³/min), a pozostała ilość (5,04 m³/min) — w części centralnej. Wyrobiska górnicze na zachodzie i południu kopalni Olkusz zostały osuszone w wyniku drenażu wyrobisk odwadniających złożo Olkusz-Podpoziom.

Pobór wody z ujęcia głębinowego zlokalizowanego w szybie Mieczysław przy rzędnej depresji +265,0 m n.p.m. wyniesie 4,57 m³/min (tab. 2).

Łącznie z kopalni Bolesław i kopalni Olkusz-Pomorzany odbierać się będzie 304,12 m³/min (tab. 5), a więc tylko około 3,0 m³/min (o ok. 1%) więcej niż w I kwartale 2001 r.

TABELA 4

Dopływy do wyrobisk górniczych Rejonu Pomorzany na podstawie badań modelowych [m³d⁻¹/m³min⁻¹]

TABLE 4

Inflows to the workings of the Pomorzany Mine based upon modelling [m³d⁻¹/m³min⁻¹]

Sposób uzyskania danych	Rejon kopalni										Dopływ całkowity
	Pp1	Pp2	Pp3	Pp4	PG*	$\Sigma(P_{p1} - P_{p4})$	Pp5	Pp6	Mieszko poz. +236	Przekop połudn. (OPP)	
Pomiary rzeczywiste wielkości z I kwartału 2001 r.	<u>3460</u> 2,40	<u>11810</u> 8,20	<u>4560</u> 3,17	<u>179670</u> 124,77	<u>330</u> 0,23	<u>199830</u> 138,77	<u>14830</u> 10,30	<u>123310</u> 85,63	<u>7200</u> 5,00	<u>16460</u> 11,43	<u>361630</u> 251,13
Wyniki symulacji — stan odtworzony z I kwartału 2001 r.	<u>3610</u> 2,51	<u>12120</u> 8,42	<u>4500</u> 3,12	<u>180060</u> 125,04	<u>0,00</u> 0,00	<u>200290</u> 139,09	<u>14540</u> 10,10	<u>123210</u> 85,56	<u>7110</u> 4,94	<u>16700</u> 11,60	<u>361850</u> 251,29
Obliczenia prognostyczne — wariant 1	<u>3920</u> 2,72	<u>11170</u> 7,76	<u>4200</u> 2,92	<u>182810</u> 126,95	<u>0,0</u> 0,0	<u>202100</u> 140,35	<u>14270</u> 9,91	<u>124560</u> 86,50	<u>6770</u> 4,70	<u>42120</u> 29,25	<u>389820</u> 270,71
Obliczenia prognostyczne — wariant 2	Kopalnia zatopiona										

* Na modelu nie uwzględniono dopływów do wyrobisk PG

TABELA 5

Dopływy do wyrobisk górniczych kopalni Bolesław i Olkusz-Pomorzany [$\text{m}^3\text{d}^{-1}/\text{m}^3\text{min}^{-1}$]

TABLE 5

Inflows to the workings of the Bolesław and Olkusz-Pomorzany [$\text{m}^3\text{d}^{-1}/\text{m}^3\text{min}^{-1}$]

Wariant prognostyczny*	Kopalnia Bolesław	Kopalnia Olkusz-Pomorzany		Uwagi
		Rejon Olkusz	Rejon Pomorzany	
1	<u>6580</u> 4,57	<u>41530</u> 28,84	<u>389820</u> 270,71	Spadek dopływów do Rejonu Olkusz i wzrost dopływów do Rejonu Pomorzany związany jest z udostępnieniem złoża Olkusz-Podpoziom
2	<u>6480</u> 4,50	<u>108550</u> 75,38	Kopalnia całkowicie zatopiona	Część zachodnia kopalni Olkusz zatopiona. System pompowania stacjonarny
3	<u>6540</u> 4,54	<u>38880</u> 27,00		Część zachodnia kopalni Olkusz zatopiona. Pobór wody za pomocą pomp głębinowych
4	Kopalnie całkowicie zatopione			

* We wszystkich wariantach prognostycznych pobór wody z ujęć studziennych w rejonie olkuskim wynosił około $23\,000\text{ m}^3/\text{d}$ (ok. $16\text{ m}^3/\text{min}$)

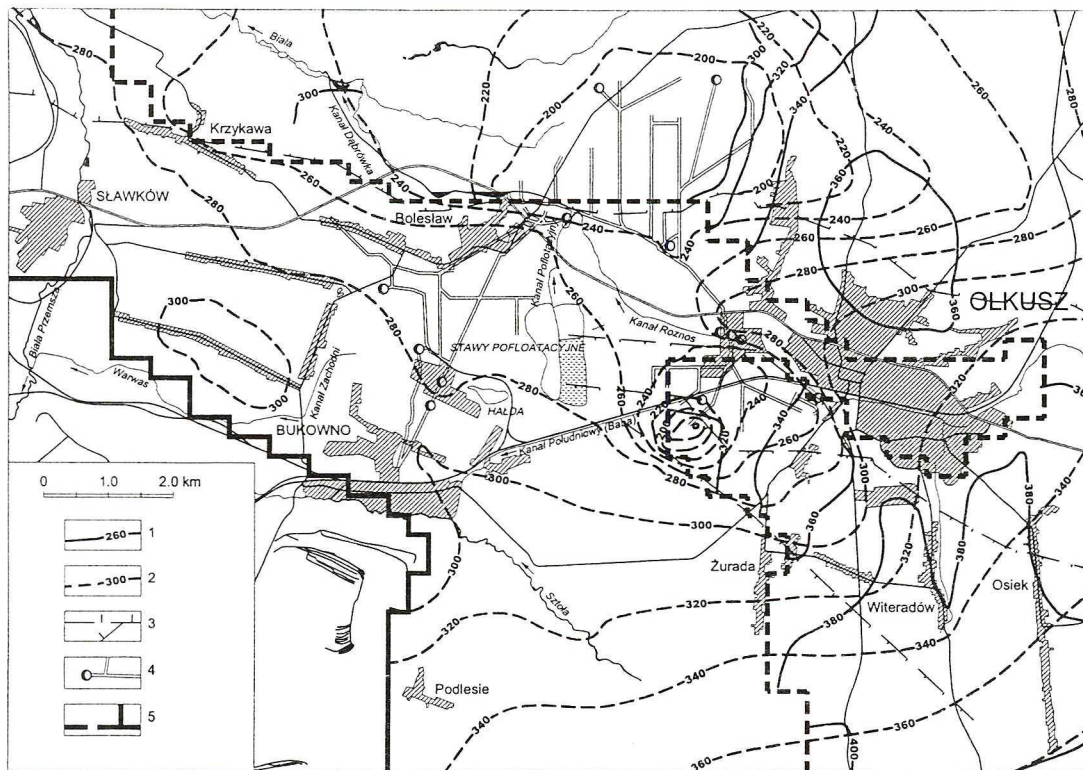
Przewidywany rozwój eksploatacji złoża praktycznie nie wpływa na układ zwierciadła wody w piętrze czwartorzędowo-jurajskim (rys. 2). Wyraźne zmiany nastąpią w piętrze czwartorzędowo-triasowo-dewońskim i będą miały jedynie lokalny zasięg. Przyczyna ich powstania jest związana głównie z eksploatacją złoża Olkusz-Podpoziom oraz zmianą stacjonarnego systemu odwadniania kopalni Bolesław na odwadnianie pompami głębinowymi. Zmiany te prowadzą do powstania w rejonie złoża Olkusz-Podpoziom głębszego leja depresji, w obrębie którego rzędne zwierciadła wody sięgają $+155\text{ m n.p.m.}$ Nie powodują natomiast skutków hydrodynamicznych w Rejonie Pomorzany, gdzie wydłużony w kierunku północnym przekop polowy nr 4 tylko nieznacznie modyfikuje układ zwierciadła wód podziemnych.

W rejonie kopalni Bolesław zwierciadło wód podziemnych powinno podnieść się lokalnie o około 20 m.

Wariant 2 — prognoza hydrodynamiczna po likwidacji Rejonu Pomorzany i utrzymaniu odwadniania w Rejonie Olkusz

Wariant ten odpowiada etapowi zaawansowanych prac likwidacyjnych w kopalni Olkusz-Pomorzany. Przewiduje się:

- wyłączenie odwadniania wyrobisk górniczych Rejonu Pomorzany, a tym samym ich całkowite zatopienie (tab. 1),



Rys. 2. Fragment prognozowanej mapy zwierciadła w piętrach wodonośnych rejonu olkuskiego na podstawie badań modelowych. Docelowy stan odwadniania kopalń (ok. 2012 r.)

1 i 2 — hydroizohipsy piętra wodonośnego w m n.p.m.: czwartorzędowo-jurajskiego (1), czwartorzędowo-triasowo-dewońskiego (2), 3 — główne uskoki,
4 — główne wyrobiska górnicze kopalń rud Zn-Pb, 5 — granice modelu

Fig. 2. Fragment of the prognosed hydroisohypses map of groundwater horizons in the Olkusz area based upon modelling. Final stage of mine drainage, about the year 2012

1 and 2 — hydroisohypses of groundwater tables in meters above sea level: Quaternary-Jurassic (1) and Quaternary-Triassic-Devonian (2), 3 — main faults,
4 — main workings of Zn-Pb ore mines, 5 — boundaries of hydrogeological model

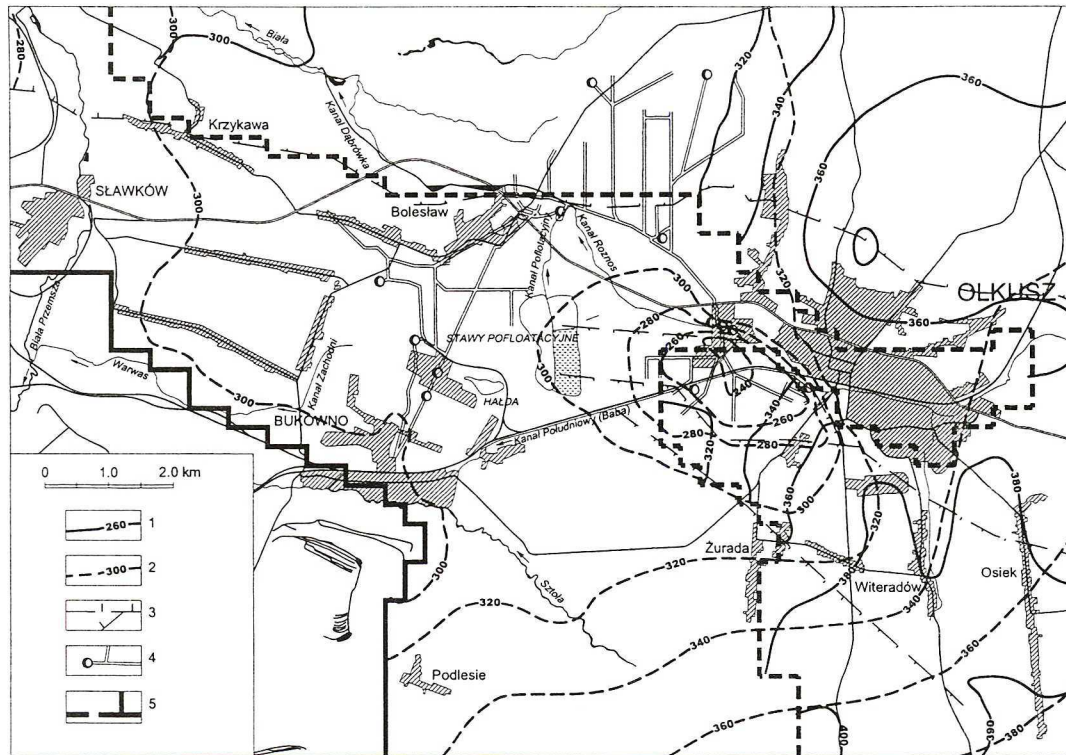
- w Rejonie Olkusz zatopienie części zachodniej kopalni i wyrobisk w obrębie złoża Olkusz-Podpoziom. Wyrobiska górnicze zachodniej części kopalni Olkusz zostaną odcięte tamą wodną. Odwadnianie na obecnym poziomie (+238 m n.p.m.) utrzymano w pozostałej części wyrobisk górniczych dzięki stacji pomp stacjonarnych, funkcjonującej przy szybie Bronisław,
- w szybie Mieczysław byłej kopalni Bolesław utrzymywano rzędną odwadniania na poziomie +307,2 m n.p.m. w celu zapewnienia poboru wody z wydajnością około 4,5 m³/min,
- górotwór drenują także południowe fragmenty sztolni Czartoryskiej i Południowej oraz północny odcinek sztolni Południowej połączony z szybem Mieczysław.

Z badań modelowych wynika, że stacjonarny system pomp powinien odprowadzać wody kopalniane z Rejonu Olkusz z wydajnością około 75,38 m³/min (tab. 3 i 5). Najwięcej wody będą drenować wyrobiska górnicze we wschodniej (40,13 m³/min) i centralnej (27,19 m³/min) części kopalni. Do południowej części kopalni powinno dopływać znacznie mniej wody, bo około 8,06 m³/min. Ujęcie głębinowe zabudowane w szybie Mieczysław będzie odbierać wody kopalniane z wydajnością 4,50 m³/min (tab. 2). Dopływ do południowych odcinków sztolni Południowej i Czartoryskiej wyniesie 2,43 m³/min. Łącznie, wyrobiska górnicze w Rejonie Olkusz, ujęcie w szybie Mieczysław i sztolnie drenują górotwór z wydajnością 82,31 m³/min.

W czwartorzędowo-jurajskim piętrze wodonośnym nastąpi podniesienie zwierciadła wody o kilka do kilkunastu metrów (rys. 3). W Rejonie Pomorzany (rejon okien hydrogeologicznych) osuszone obecnie (2001 r.) partie piasków czwartorzędowych zostaną nawodnione, osiągając miąższość nawet kilkadziesiąt metrów. Rzędne zwierciadła wody dochodzić mogą w tym rejonie do około +315 m n.p.m. Obserwować się będzie odbudowę osuszonego koryta rzeki Białej oraz innych cieków. Na modelu uwzględniono także odwadnianie obszaru przez uszczelnione koryto kanału Dąbrówka przyjmując, że rozładowanie ciśnień może nastąpić na powierzchni terenu. Jest to potencjalny rejon podtopień, choć nie wykluczone, że mogą one lokalnie wystąpić także w innych częściach obszaru górniczego Pomorzany. Uzależnione to jest od możliwości i drożności systemu odwodnieniowego zarówno naturalnego, jak i sztucznego.

Zasadnicze zmiany układu hydrodynamicznego dotyczą piętra czwartorzędowo-triasowo-dewońskiego (rys. 3). W obrębie byłego obszaru górniczego Olkusz istnieć będzie nadal wyraźny ośrodek drenażu, z tym że zmniejszy się jego głębokość (minimalna rzędna zwierciadła wody wyniesie ok. +240 m n.p.m.), a centrum przesunięte zostanie w kierunku północno-wschodnim. W rejonie złoża Olkusz-Podpoziom zwierciadło wód podziemnych osiągnie rzędną około +275 do +280 m n.p.m., podnosząc się maksymalnie (w stosunku do stanu poprzedniego — rys. 2) o ponad 120 m. W zachodniej części kopalni Olkusz zwierciadło wody osiągnie rzędną około +270 m n.p.m.

Likwidacja wyrobisk górniczych Rejonu Pomorzany spowoduje praktycznie zanik leja depresji na tym obszarze, a jego miejsce zajmie ukierunkowany ze wschodu na zachód regularny przepływ strumienia filtracyjnego. Wzrost wysokości zwierciadła wody, w sto-



Rys. 3. Fragment prognozowanej mapy zwierciadła w piętrach wodonośnych rejonu olkuskiego na podstawie badań modelowych. Stan zaawansowanej likwidacji kopalni Olkusz-Pomorzany

1 i 2 — hydroizohipsy piętra wodonośnego w m n.p.m.: czwartorzędowo-jurajskiego (1), czwartorzędowo-triasowo-dewońskiego (2), 3 — główne uskoki, 4 — główne wyrobiska górnicze kopalń rud Zn-Pb, 5 — granice modelu

Fig. 3. Fragment of the prognozed hydroisohypsers map of groundwater horizons in the Olkusz area based upon modelling. Advanced stage of the Pomorzany-Olkusz mine closure

1 and 2 — hydroisohypsers of groundwater tables in meters above sea level: Quaternary-Jurassic (1) and Quaternary-Triassic-Devonian (2), 3 — main faults, 4 — main workings of Zn-Pb ore mines, 5 — boundaries of hydrogeological model

sunku do stanu z I kwartału 2001 r., w tej części obszaru może dochodzić do 140 m. Wysokości hydrauliczne w rejonie byłych wyrobisk górniczych mieszczą się w przedziale +312 do +319 m n.p.m., a w obrębie okien hydrogeologicznych są zbliżone do położenia zwierciadła w wodonośnych utworach czwartorzędu. Te strefy kontaktów hydraulicznych są miejscem rozładowania ciśnień w piętrze triasowym.

W rejonie kopalni Bolesław rzędne zwierciadła wody dochodzą do około +307 m n.p.m. Możliwe jest wystąpienie podtopień w rejonie kanału Zachodniego. Praktycznie cały górny odcinek koryta Sztoly, aż do połączenia z kanałem Południowym, powinien drenować czwartorzędowo-triasowe piętro wodonośne.

Wariant 3 — prognoza hydrodynamiczna po likwidacji Rejonów Pomorzany i Olkusz przy utrzymaniu poboru wody z szybu Bronisław

W wariantcie tym przewiduje się likwidację olkuskich kopalń rud Zn-Pb z możliwością wykorzystania dwóch szybów jako głębinowych ujęć wodnych. Zrealizowane zostały następujące założenia:

- nastąpi zatopienie wyrobisk górniczych w Rejonie Pomorzany i Olkusz-Podpoziom oraz w zachodniej części Rejonu Olkusz (tab. 1),
- w szybie Bronisław (lub Stefan) funkcjonować będzie ujęcie głębinowe o wydajności 27,0 m³/min (zgodnie z pozwoleniem wodnoprawnym WPiK Olkusz na pobór wody kopalnianej z kanału Południowego), co na modelu uzyskano przy rzędnej zwierciadła wody +314,3 m n.p.m. (tab. 3),
- górotwór będzie odwadniany przez końcowy odcinek sztolni Ponikowskiej oraz fragmenty sztolni Czartoryskiej i Południowej,
- w szybie Mieczysław byłej kopalni Bolesław nadal czynne jest ujęcie głębinowe o poborze wody wynoszącym 4,54 m³/min (tab. 2). Rzędna depresji zwierciadła wody wyniesie +313,0 m n.p.m.

Uzyskane na modelu dopływy wód kopalnianych do południowych odcinków sztolni Czartoryskiej i Południowej wynoszą 3,50 m³/min. Końcowy odcinek sztolni Ponikowskiej powinien drenować górotwór z wydajnością 3,68 m³/min. Łącznie ujęcia głębinowe w szybie Mieczysław i Bronisław (Stefan) oraz sztolnie powinny zatem odbierać wody kopalniane z natężeniem 38,72 m³/min.

W czwartorzędowo-jurajskim piętrze wodonośnym wzrost położenia zwierciadła wody (w stosunku do stanu z wariantu 2) ma charakter lokalny i w rejonie kopalni Olkusz na ogół nie przekracza kilku metrów. Zagrożone podtopieniem będą tereny w rejonie kopalni Pomorzany.

Większe zmiany w rozkładzie ciśnień będą obserwowane w czwartorzędowo-triasowo-dewońskim piętrze wodonośnym na obszarze wyrobisk górniczych kopalni Olkusz. Wzrost wysokości położenia zwierciadła wody może dochodzić nawet do około 75 m (w stosunku do stanu poprzedniego — rys. 3) i osiągnąć rzędną około +314 m n.p.m.

Wyniki obliczeń symulacyjnych wskazują na konieczność dodatkowego odwadniania terenu w rejonie kanału Roznos i na dolnym odcinku kanału Południowego (Baby). Ponieważ są one uszczelnione, może to w przyszłości prowadzić do podtopień w tych rejonach.

Dalszy niewielki (do kilku metrów) wzrost ciśnień piezometrycznych będzie się obserwować w rejonie kopalni Bolesław, gdzie osiągną one wysokości +312 do +315 m n.p.m. Może nastąpić również dalsze rozszerzenie się strefy podtopień w rejonie Wodącej. Kilku-metrowe przyrosty ciśnień będzie się obserwować w rejonie obszaru górniczego Pomorzany.

Wariant 4 — prognoza hydrodynamiczna stanu końcowego po całkowitej likwidacji kopalń rud Zn-Pb

W wariancie tym przedstawiono docelowy stan zwierciadła wód podziemnych (rys. 4) w obu piętrach wodonośnych po zakończeniu prac likwidacyjnych w kopalni Olkusz-Pomorzany. Wyniki obliczeń symulacyjnych określają docelową odbudowę ciśnień w rejonie olkuskim, praktycznie do warunków pseudonaturalnych. Jedynymi sztucznymi elementami drenażu pozostaną studnie głębinowe oraz fragmenty sztolni Południowej, Czartoryskiej i Ponikowskiej.

Ujęcia wód podziemnych na obszarze badań (gminy Olkusz, Klucze, Bukowno i Bolesław) osiągają sumaryczną wydajność $2,35 \text{ m}^3/\text{min}$. Sztolnie Południowa i Czartoryska drenują górotwór z natężeniem $4,08 \text{ m}^3/\text{min}$, a końcowy odcinek sztolni Ponikowskiej — z wydatkiem $5,76 \text{ m}^3/\text{min}$. Łączny odbiór wód podziemnych wyniesie $9,84 \text{ m}^3/\text{min}$.

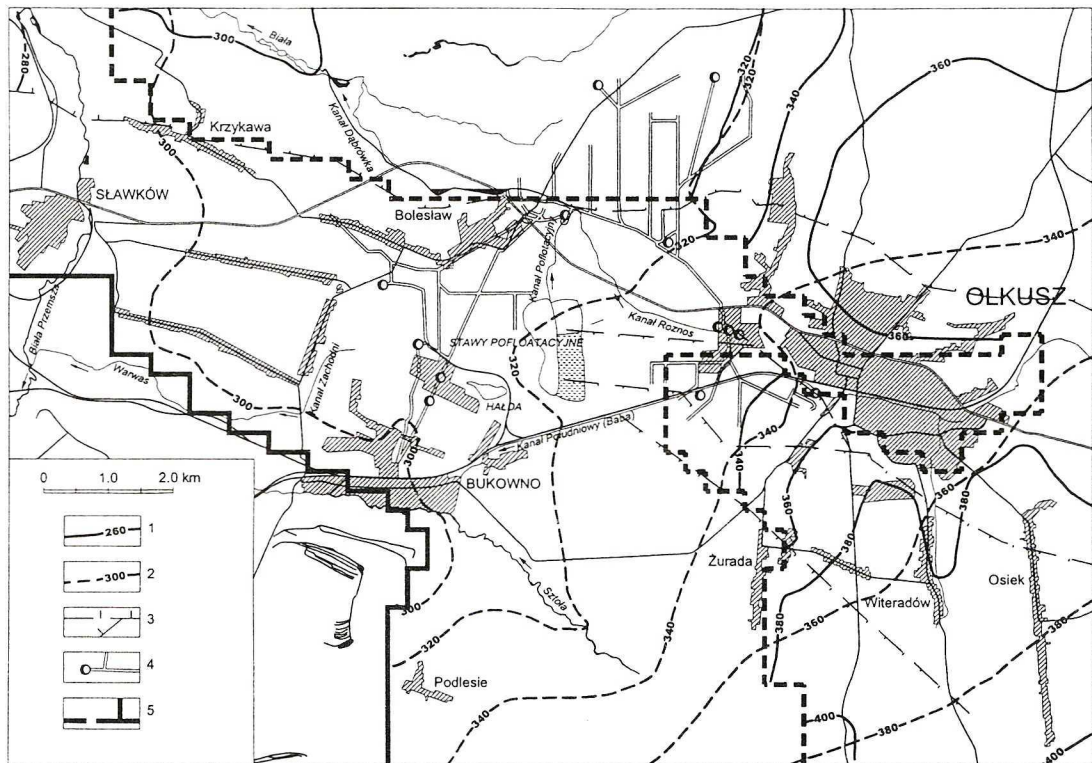
W piętrze czwartorzędowo-jurajskim (rys. 4) nastąpi dalsze kilkumetrowe podniesienie rzędnych zwierciadła wody w rejonie kopalni Olkusz (w stosunku do stanu z wariantu 3). Spowoduje to odbudowę górnego i środkowego odcinka rzeki Baby (kanału Południowego).

W kompleksie czwartorzędowo-triasowo-dewońskim maksymalny przyrost wysokości hydraulicznych na obszarze kopalni Olkusz (w stosunku do stanu z wariantu 3) powinien wynosić od kilkunastu do ponad 30 m, osiągając rzędne od około +330 m n.p.m. w części zachodniej kopalni do około +350 m n.p.m. w części wschodniej. Kilkumetrowy wzrost położenia zwierciadła wody powinien być obserwowany w rejonie kopalni Bolesław, do rzędnych +313—+320 m n.p.m. Niewielkie przyrosty ciśnień piezometrycznych, praktycznie nie przekraczające 1,0 m, mogą wystąpić w rejonie kopalni Pomorzany.

W wariancie tym symulowano dalszą odbudowę kanału Południowego w części środkowej. Ponieważ kanał jest uszczelniony, może to skutkować dalszymi podtopieniami w tym rejonie. Podobnie jak poprzednio (w wariancie 3), można się spodziewać podtopień w rejonie Wodącej i kanału Roznos, a także kanału Poflotacyjnego.

Podsumowanie

Badania modelowe zrealizowano w celu określenia zmian stosunków wodnych, jakie będą skutkiem likwidacji górnictwa rud cynku i ołowiu w rejonie olkuskim. Sprawdzono również możliwości zaopatrzenia w wodę tego rejonu w oparciu o wodę dołową pozyskiwaną ze zlikwidowanej kopalni Olkusz. Do obliczeń symulacyjnych wykorzystana została wersja programów cyfrowych z biblioteki HYDRYLIB. Badaniami modelowymi



Rys. 4. Fragment prognozowanej mapy zwierciadła w piętrach wodonośnych rejonu olkuskiego na podstawie badań modelowych. Stan końcowy po całkowitej likwidacji kopalń rud Zn-Pb

1 i 2 — hydroizohipsy piętra wodonośnego w m n.p.m.: czwartorzędowo-jurajskiego (1), czwartorzędowo-triasowo-dewońskiego (2), 3 — główne uskoki, 4 — główne wyrobiska górnicze kopalń rud Zn-Pb, 5 — granice modelu

Fig. 4. Fragment of the prognosed hydroisohypses map of groundwater horizons in the Olkusz area based upon modelling. Final stage after complete closure of Zn-Pb ore mines

1 and 2 — hydroisohypses of groundwater tables in meters above sea level: Quaternary-Jurassic (1) and Quaternary-Triassic-Devonian (2), 3 — main faults, 4 — main workings of Zn-Pb ore mines, 5 — boundaries of hydrogeological model

objęto obszar filtracji wykraczający poza zasięg leja depresji. Model ma charakter dwuwarstwowy i stanowi go:

- warstwa górna, tj. czwartorzędowo-jurajska,
- warstwa dolna, tj. czwartorzędowo-triasowo-dewońskim.

Model matematyczny warunków hydrogeologicznych rejonu olkuskiego został zweryfikowany w oparciu o dopływy wody do kopalń, wielkości poboru przez ujęcia głębinowe oraz rozkład ciśnień piezometrycznych według stanu zarejestrowanego w I kwartale 2001 r. Na modelu uzyskano dużą zgodność dopływów i zmierzonych ciśnień, co świadczy o jego wiarygodności. Tak przygotowany model stał się podstawą do przeprowadzenia symulacyjnych rozwiązań prognostycznych, które zrealizowano w czterech wariantach.

Wariant 1 — odzwierciedla docelowy stan rozwoju górnictwa rud Zn-Pb w rejonie olkuskim, planowany na koniec 2012 r. W kopalni Bolesław w szybie Mieczysław funkcjonować będzie ujęcie głębinowe pobierające wodę z wydajnością około $4,5 \text{ m}^3/\text{min}$. Wyróbiska górnicze Rejonu Olkusz drenować będą wody kopalniane z wydajnością $28,84 \text{ m}^3/\text{min}$. W Rejonie Pomorzany udostępniono złożę w części północnej, a sumaryczny dopływ wyniesie $270,71 \text{ m}^3/\text{min}$, w tym $29,25 \text{ m}^3/\text{min}$ stanowią wody dopływające do wyrobisk w rejonie złoża Olkusz-Podpoziom.

Znaczące obniżenie wysokości zwierciadła wód podziemnych powinno wystąpić w piętrze czwartorzędowo-triasowo-dewońskim w rejonie złoża Olkusz-Podpoziom.

Wariant 2 — zrealizowano w nim zatopienie wyrobisk górniczych Rejonu Pomorzany, Olkusz-Podpoziom i zachodniej części kopalni Olkusz. W pozostałej części kopalni Olkusz odwodnienie utrzymywane będzie na dotychczasowym (z 2001 r.) poziomie za pomocą systemu pomp stacjonarnych, które osiągną wydajność $75,38 \text{ m}^3/\text{min}$. Z szybu Mieczysław (kopalnia Bolesław) pompowane będą wody kopalniane z natężeniem $4,5 \text{ m}^3/\text{min}$.

Największe przyrosty ciśnień piezometrycznych powinny wystąpić w Rejonie Pomorzany zarówno w obrębie piętra czwartorzędowo-jurajskiego, jak i czwartorzędowo-triasowo-dewońskiego. Obszar ten może lokalnie zostać podtopiony.

Wariant 3 — zakłada wykorzystanie szybu Bronisław (Rejon Olkusz), z którego za pomocą pomp głębinowych odbierane będzie $27,0 \text{ m}^3/\text{min}$ wód kopalnianych — zgodnie z pozwoleniem wodnoprawnym PWiK w Olkuszu. Pobór wody z szybu Mieczysław, podobnie jak w wariantach 1 i 2, wyniesie około $4,5 \text{ m}^3/\text{min}$. Wyróbiska Rejonu Pomorzany, Olkusz-Podpoziom i zachodniej części kopalni Olkusz będą zatopione. Odwadnianie górotworu odbywać się będzie przez niektóre odcinki sztolni Czarторыskiej, Południowej i Ponikowskiej.

W stosunku do stanu z wariantu 2 nastąpi przyrost obszarów podtopionych w Rejonie Pomorzany oraz w rejonie kopalni Bolesław.

Wariant 4 — przewiduje sytuację, w której wyróbiska górnicze wszystkich kopalń zostaną całkowicie zatopione. Górotwór drenować będą, tak jak w wariantach 1 i 2, niektóre odcinki sztolni Czarторыskiej, Południowej i Ponikowskiej. Bez zakłóceń pracować będą ujęcia studzienne osiągające wydajność około $16 \text{ m}^3/\text{min}$, podobnie jak w wariantach poprzednich.

Nastąpi odbudowa ciśnień piezometrycznych w rejonie olkuskim praktycznie do warunków pseudonaturalnych. Mogą wystąpić lokalne podtopienia w rejonie kopalni Olkusz-Pomorzany i kopalni Bolesław.

W rozwiązaniach prognostycznych, zgodnie z aktualnym stanem rozpoznania hydrogeologicznego, symulowano możliwość odwodnienia obszaru filtracji przez fragmenty dawnych sztolni. Jest jednak możliwe, że drożność tych wyrobisk jest większa niż zakładano, co może skutkować intensywniejszym drenażem górotworu i nieco niższymi wysokościami ciśnień piezometrycznych niż prognozowane. W konsekwencji może to wpłynąć na zmniejszenie potencjalnych obszarów podtopień.

LITERATURA

- Adamczyk A.F., Haładus A., 1998 — Prognoza dopływu wód do kopalni Olkusz-Pomorzany. Mat. niepubl., Arch. ZGH Bolesław.
- Adamczyk A.F., Haładus A., Wnuk R., 1999 — Uwarunkowania hydrogeologiczne udostępnienia złóż Olkusz-podpoziom i Klucze. Mat. Konf.: Stan aktualny perspektywy górnictwa rud Zn-Pb w Polsce, Trzebinia-Olkusz.
- Haładus A., 1988 — Modelowanie analogowe intensywnego drenażu utworów triasu w SE części monokliny śląsko-krakowskiej. Praca doktorska, Bibl. Gł. AGH, Kraków.
- Haładus A., Kulma R., 2003 — Schematyzacja złożonych warunków hydrogeologicznych dla prognozowania dopływów do kopalni na przykładzie rejonu olkuskiego. Geol. Sur. Min. t. 19, z. 12, Kraków.
- Motyka J., 1998 — Węglanowe osady triasu w olkusko-zawierciańskim rejonie rudnym jako środowisko wód podziemnych. Zesz. Nauk. AGH, Geologia z. 36, Kraków.
- Motyka J. i in., 2001 — Opracowanie koncepcji likwidacji olkuskich kopalń rud cynku i ołowiu w ujęciu wariantowym. Mat. niepubl., Arch. ZGH Bolesław.
- Motyka J., Witczak S., 1975 — Zasięg drenażu jednej z kopalń piasku podsadzkowego w warunkach zasilania poziomu wodonośnego przez rzekę. Zesz. Nauk. AGH, Geologia z. 24, Kraków.
- Rózkowski A., Wilk Z. (red.), 1980 — Warunki hydrogeologiczne złóż rud cynku i ołowiu regionu śląsko-krakowskiego. Prace Inst. Geol., Wyd. Geol., Warszawa.
- Szczepański A., Adamczyk A., Haładus A., 1998 — Dokumentacja hydrogeologiczna kopalni rud Zn-Pb Olkusz-Pomorzany obejmująca złoża Pomorzany, Olkusz, Mazaniec i Olkusz-Podpoziom. Mat. niepubl., Arch. ZGH Bolesław.
- Szymanko J. (red.) i in., 1982 — Biblioteka programów obliczeniowych HYDRYLIB Centralnego Urzędu Geologii, 1—7. Wydawnictwa Geologiczne, Warszawa.

**MODELLING OF CHANGES IN THE AQUATIC ENVIRONMENT OF THE OLKUSZ AREA DURING
THE CLOSURE OF MINING ACTIVITY**

Key words

Hydrogeology, mine drainage, filtration modelling

Abstract

The Olkusz area is characterized by very complicated hydrogeological conditions. The Quaternary, Jurassic, Triassic and Palaeozoic groundwater horizons represent porous or fracture-karstic types. The groundwater horizons are in permanent hydraulic contact. Natural hydrogeological conditions were highly disturbed, mostly by intensive mine drainage, which reached peak discharge of 350 m³/min and resulted in the formation of depression cone covering several hundreds of square kilometers.

The closure of zinc and lead ore mining activity in the Olkusz region, scheduled to be completed before 2012, will give rise to both qualitative and quantitative, regional changes in the aquatic environment. Hence, a new concept is necessary of water supply in the area.

The paper presents hydrogeological prognoses which consider the changes in aquatic environment of the Olkusz area during mine closure and the presumed water supply. The prognoses were based upon modelling of filtration area extending over 937 km². The model considers two groundwater horizons: upper, which includes Quaternary-Jurassic strata and lower, which embraces Quaternary-Triassic-Devonian sediments, both separated by low-permeable, Rhoethian-Keuper beds.