

LEJ DEPRESYJNY W REJONIE CZĘSTOCHOWSKO-KŁOBUCKIEGO ZESPOŁU KOPALNĀ RUD ŹELAZA

UKD 556.343:556.38.04:551.762.2:622.341.1'5(438 – 13 rejon częstochowsko-kłobucki)

Eksploatacja syderytowych rud żelaza z utworów doggerskich w rejonie częstochowsko-kłobuckim wiąże się z koniecznością odwadniania tzw. warstw kościeliskich (aalenu i bajosu), występujących w spągu wyrobisk kopalnianych. Spowodowało to powstanie rozległego rejonowego leja depresyjnego. Dla potrzeb praktycznych (znajomości wielkości i zasięgu obszaru osuszenia, prowadzenia racjonalnego i ekonomicznie uzasadnionego odwodnienia) kopalnictwo we własnym zakresie prowadziło obserwacje poziomu dynamicznego wód w warstwach kościeliskich, w specjalnie do tego celu przystosowanych otworach wiertniczych.

W związku z utworzeniem ogólnokrajowej sieci stacjonarnych obserwacji hydrogeologicznych (6), w 1974 r. Instytut Geologiczny przejął całość problematyki obserwacji i badań wód podziemnych w częstochowsko-kłobuckim rejonie kopalnianym. Zorganizowana została na tym terenie tzw. sieć specjalna punktów obserwacyjnych, w skład której wchodzi: 3 punkty do obserwacji wód piętra czwartorzędowego, 1 punkt do obserwacji wód piętra kredowego, 10 punktów do obserwacji wód poziomu malmskiego, 23 punkty do obserwacji wód poziomu doggerskiego i 1 punkt do obserwacji wód poziomu liasowego (ryc. 1). Obserwacje prowadzone są systematycznie, raz w tygodniu, i mają na celu: śledzenie zasięgu i wielkości leja depresyjnego, umożliwienie uchwycenia mechanizmu zmian i wahań zwierciadła wód podziemnych, określenie relacji pomiędzy poszczególnymi poziomami wodonośnymi oraz śledzenie dynamiki zmian leja depresyjnego.

W ostatnich latach, w związku z sukcesywną likwidacją kopalń wystąpiła wyjątkowa sposobność dokładnego śledzenia powolnego zapełniania się wodą osuszonej przestrzeni w obrębie leja depresyjnego w warstwach kościeliskich. Szczegółowa analiza tego zjawiska pozwoli m. in. bliżej poznać dynamikę ruchu wód podziemnych w danych warunkach środowiskowych, określić morfologię i rozprzestrzenienie leja depresyjnego, a także charakter jego zmian, uchwycić mechanizm wahań i zmian zwierciadła wód podziemnych w silnie zakłóconych warunkach naturalnych. W efekcie można będzie np. podjąć próbę sporządzenia modelu matematycznego, który służyłby do opracowania prognoz hydrogeologicznych dla podobnych obszarów o silnie naruszonych warunkach naturalnych. Jak widać, poznanie powyższej problematyki ma istotne znaczenie zarówno teoretyczne, jak i praktyczne.

W niniejszym artykule przedstawiono wyniki analizy danych z obserwacji stacjonarnych przeprowadzonych w okresie 1975–1978 r. Materiał, którym dysponowano

(52 pomiary w ciągu roku dla każdego punktu obserwacyjnego), poddano odpowiedniej obróbce statystycznej i zobrazowano w formie graficznej i tabelarycznej. W efekcie pozwoliło to na sformułowanie pewnych wniosków i uogólnień w zakresie wyżej ukazanej problematyki.

Obszar badanego leja depresyjnego obejmuje pas terenu na styku Wyżyny Śląskiej i Wyżyny Krakowsko-Częstochowskiej (ryc. 2). Od południowego zachodu i od zachodu ogranicza go rzeka Liswarta i wychodnie warstw kościeliskich; granicę północno-wschodnią wyznacza linia długości około 10 km między miastami: Kłobuckiem – Częstochową – Żarkami.

BUDOWA GEOLOGICZNA

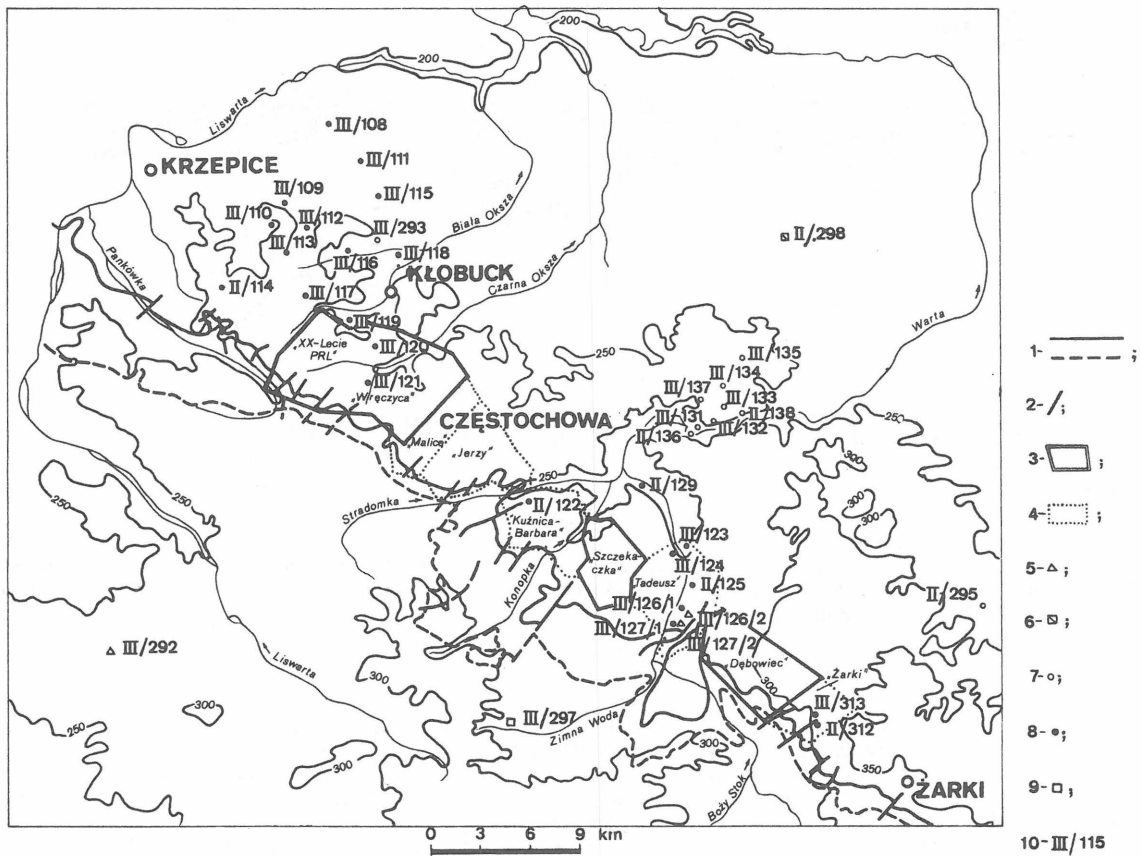
Częstochowsko-kłobucki rejon rudonośny stanowi brzeżną część rozległej monokliny występującej od Zawiercia do Wielunia, zbudowanej z utworów jurajskich przykrytych osadami czwartorzędowymi. Utwory podczwartorzędowe poprzecinane licznymi uskokami, łagodnie zapadają w kierunku północno-wschodnim pod kątem około 5° (10). Schematyczny przekrój geologiczny omawianego rejonu ilustruje ryc. 3.

Osady czwartorzędowe reprezentowane są przez gliny zwałowe poprzedzielane seriami piaszczysto-żwirowymi zlodowacenia krakowskiego i środkowopolskiego. Ich miąższość jest bardzo zmienna, a generalnie wzrasta w kierunku południowo-zachodnim. W strefie utworów kościeliskich omawiane osady charakteryzują się przeważnie wykształceniem piaszczysto-żwirowym (8).

Utwory malmu reprezentowane są przez spękane i skrasowiałe wapienie, wyraźnie zarysowujące się w morfologii badanego obszaru, w jego północno-wschodnim pasie. Miąższość tej serii jest różna, w granicach od 18 do 200 m (7).

Dogger stanowią piaszczysto-margliste utwory keloweju, ily wezulu i batonu oraz piaski i piaskowce aalenu i bajosu. Stropowe partie jury środkowej (kelowej) tworzą około 10 m miąższości piaskowce wapienste i wapienie piaszczyste, które są z reguły silnie spękane. Poniżej występujące ilaste serie wezulu i batonu mają łączną miąższość około 180 m. Wyróżnia się w nich trzy poziomy syderytowe: spągowy – eksploatowany przez kopalnie, środkowy i stropowy. Na uwagę zasługują utwory piaszczysto-ilaste, o miąższości około 15 m, oddzielające rudny poziom spągowy od poziomu środkowego.

Partie spągowe doggeru reprezentowane są przez piaski i piaskowce (aalenu i bajosu) z wkładkami piaskowców syderytowych i szamozytowych, tzw. warstw kościeliskie.

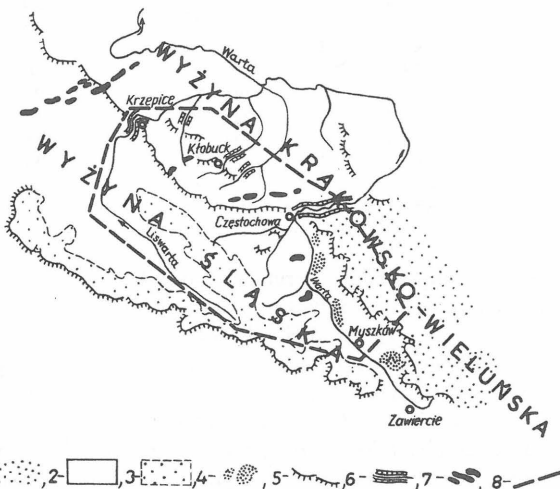


Ryc. 1. Mapa dokumentacyjna.

Fig. 1. Documentation map.

1 – wychodne warstw kościeliskich, 2 – uskoki, 3 – kopalnie eksploatowane, 4 – kopalnie nieeksploatowane; otwory sieci stacjonarnych obserwacji hydrogeologicznych Instytutu Geologicznego: 5 – piętra czwartorzędowego, 6 – piętra kredowego, 7 – poziomu malmskiego, 8 – poziomu doggerskiego, 9 – poziomu liasowego; 10 – rząd i numer punktu obserwacyjnego wg numeracji przyjętej w sieci ogólnokrajowej.

1 – outcrops of Kościelisko Beds, 2 – faults, 3 – active mines, 4 – abandoned mines; points of hydrogeological stationary network of Geological Institute: 5 – Quaternary stage, 6 – Cretaceous stage, 7 – Malm horizon, 8 – Dogger horizon, 9 – Lias horizon; 10 – ordinate and number of observation post in numbering used in the national network.



Ryc. 2. Szkic geomorfologiczny.

1 – obszary wyżynne o rzeźbie krasowej z ostańcami i jaskiniami (jurajskie), 2 – wyżynne równiny akumulacyjne (plejstoceny), 3 – progi triasowe i jurajskie, 4 – większe zgrupowania piasków, 5 – progi denudacyjne, 6 – przełomy, 7 – fragmenty moren czołowych, 8 – granica obszaru badań.

Fig. 2. Geomorphological sketch map.

1 – upland areas (Jurassic) with karst relief with mogotes and caves, 2 – upland accumulative plains (Pleistocene), 3 – Triassic and Jurassic thresholds, 4 – major accumulations of sands, 5 – denudational thresholds, 6 – gorges, 7 – fragments of front moraines, 8 – boundary of the studied area.

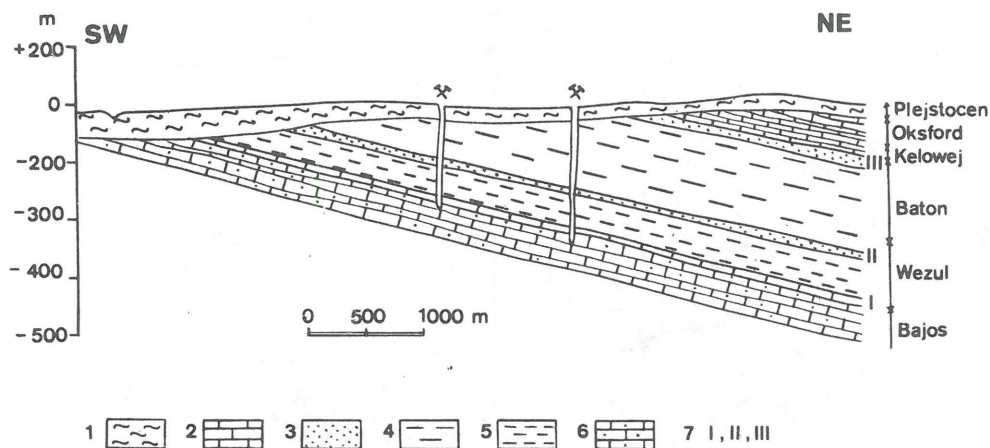
W części górnej tych warstw dominują piaski i piaskowce drobnoziarniste i gruboziarniste z lepiszczem ilastym, ku spągowi przechodzą w średnioziarniste i gruboziarniste z niewielką domieszką frakcji ilastej. Miąższość tej serii waha się najczęściej w granicach 30–40 m, niekiedy tylko dochodzi do 60 m (2).

Najstarsza jura reprezentowana jest przez utwory retyko-liasu. Są to tzw. warstwy łysieckie, wykształcone najczęściej

w postaci żwirów z wkładkami piaskowców, rzadziej łupków (1).

STOSUNKI HYDROGEOLOGICZNE

Opisane wyżej czwartorzędowe utwory piaszczyste oraz spękanе piaskowce i wapienie jurajskie są zbiornikami wód podziemnych na badanym terenie. Dla potrzeb problematyki



Ryc. 3. Schematyczny przekrój geologiczny, wg. R. Krajewskiego (5).

Fig. 3. Sketch geological cross-section after R. Krajewski (5).

1 – gliny i piaski, 2 – wapienie, 3 – piaski, 4 – kompleks ilasto-mułowcowy, 5 – łupki ilaste (rudne), 6 – piaskowce (kościeliskie), 7 – pokłady rud syderytowych: I – dolny, II – środkowy, III – górny.

1 – tills and sands, 2 – limestones, 3 – sands, 4 – clay-siltstone complex, 4 – clay (ore) shales, 6 – sandstones (Kościelisko sandstones), 7 – sideritic ore layers: I – lower, II – middle, III – upper.

Tabela I

WARTOŚCI CHARAKTERYZUJĄCE ZMIENNOŚĆ ZWIERCADŁA WODY
W WYBRANYCH OTWORACH OBSERWACYJNYCH, 1975 r.

Nr otworu	Wartość średnia α (m n.p.m.)	Empir. odchyl. standar. σ	Współczynnik zmienności δ	Wartość minimalna (m n.p.m.)	Wartość maksymalna (m n.p.m.)	Amplituda A (m)
III/108	224,15	0,11	0,0005	223,99	224,33	0,34
III/109	230,79	0,13	0,0006	230,48	230,93	0,45
III/110	238,83	0,13	0,0005	238,68	239,07	0,39
III/111	226,39	0,03	0,0001	226,32	226,45	0,13
III/112	242,84	0,08	0,0003	242,56	242,93	0,37
III/113	216,72	0,22	0,0010	216,21	217,22	1,01
II/114	234,02	0,20	0,0008	233,70	234,35	0,65
III/115	218,50	0,31	0,0014	217,60	218,82	1,22
III/116	205,48	0,26	0,0013	204,97	206,35	1,38
III/117	209,12	0,27	0,0013	208,46	209,74	1,28
III/118	191,95	0,35	0,0018	191,39	192,49	1,10
III/119	182,34	0,93	0,0051	181,64	187,94	6,30
III/120	184,06	0,59	0,0032	182,24	186,19	3,95
III/121	208,34	0,16	0,0008	208,12	208,62	0,50
III/122	198,71	1,72	0,0087	195,00	200,70	5,70
III/123	195,94	1,37	0,0070	193,18	198,25	5,07
III/124	226,55	0,46	0,0020	225,93	227,38	1,45
II/125	196,64	1,78	0,0091	192,68	198,63	5,95
III/126/1	211,74	1,66	0,0078	208,33	214,39	6,06
III/127/1	241,63	0,23	0,0010	240,71	242,69	1,98
II/129	188,42	1,66	0,0088	185,55	192,77	7,22

artykułu, bliżej omówione zostaną stosunki hydrogeologiczne w obrębie utworów czwartorzędowych i warstw kościeliskich, gdyż tylko one decydują o zawodnieniu kopalń rud żelaza. Pozostałe poziomy wodonośne (malm-ski, liasowy i częściowo doggerski) są izolowane utworami nieprzepuszczalnymi i nie zaznacza się w nich oddziaływanie kopalnictwa (9).

Piaszczysto-żwirowe utwory czwartorzędowe, szczególnie w strefie wschodni warstw kościeliskich charakteryzują się dobrą wodonośnością. Zwierciadło wód ma przeważnie charakter swobodny, a zasilanie odbywa się bezpośrednio opadami atmosferycznymi.

W strefie wschodni spękań piaskowców kościeliskich, o szerokości od 2 do 7 km (ryc. 1) występuje wspólne piętro wodonośne czwartorzędowo-jurajskie. Opady atmosferyczne infiltrują tu poprzez piaszczysty czwartorzęd, a przy braku jakiegokolwiek izolacji zasilają bezpośrednio wodonośnik kościeliski. Warunki takie sprawiają, że w kopal-

niach oddalonych od tej strefy o około 4–6 km, większe ilości opadów atmosferycznych szybko są odczuwalne, co daje swój wyraz w ilości odpompowywanych wód (4).

Wodonośnik, będący w centrum zainteresowania kopalnictwa, tworzą piaski i piaskowce aalenu i bajosu, tzw. warstwy kościeliskie. Podściela on eksploatowany spągowy poziom rudonośny. Miejscami piaskowce kościeliskie tworzą wspólny horyzont wodonośny z piaskami i żwirami liasu, reprezentującymi stropowe partie warstw łysieckich.

Wodonośnik kościeliski rozprzestrzenia się w formie warstwy o miąższości w granicach 30–40 m, poprzecinanej uskokiemi i zapadającej monoklinalnie w kierunku północno-wschodnim. Zasilany jest on w strefie wschodni wodami z opadów atmosferycznych poprzez przepuszczalne utwory czwartorzędowe oraz częściowo wodami rzek przepływających przez tę strefę, np. Stradomki i Pankówki (ryc. 1). W strefie kontaktu utworów czwartorzędowych z warstwami kościeliskimi wody podziemne mają zwierciadło

WARTOŚCI CHARAKTERYZUJĄCE ZMIENNOŚĆ ZWIERCIADŁA WODY
W WYBRANYCH OTWORACH OBSERWACYJNYCH, 1976 r.

Nr otworu	Wartość średnia α (m n.p.m.)	Empir. odchyl. standar. σ	Współczynnik zmienności δ	Wartość minimalna (m n.p.m.)	Wartość maksymalna (m n.p.m.)	Amplituda A (m)
III/108	224,50	0,06	0,0003	224,35	224,68	0,33
III/109	230,65	0,29	0,0013	230,22	231,18	0,96
III/110	238,58	0,14	0,0006	238,35	238,82	0,47
III/111	226,47	0,06	0,0003	226,34	226,49	0,15
III/112	242,42	0,06	0,0002	242,30	242,56	0,26
III/113	215,82	0,56	0,0026	215,09	216,58	1,49
II/114	230,45	4,56	0,0198	223,07	234,23	11,16
III/115	216,56	0,81	0,0035	215,15	217,83	2,68
III/116	203,61	1,11	0,0055	201,73	205,13	3,40
III/117	208,18	1,32	0,0063	205,57	208,85	3,28
III/118	188,30	2,05	0,0109	185,64	191,74	6,10
III/119	180,95	1,54	0,0085	178,12	181,99	3,87
III/120	184,05	0,11	0,0006	183,82	184,22	0,40
III/122	202,43	1,02	0,0050	200,70	203,90	3,20
III/123	200,63	1,48	0,0074	198,26	203,23	4,97
III/124	228,37	0,59	0,0026	227,28	229,48	2,20
II/125	201,85	2,48	0,0123	198,55	206,15	7,60
III/126/1	212,23	1,04	0,0049	211,00	214,29	3,29
III/127/1	241,96	0,19	0,0008	241,43	242,53	1,10
II/129	201,49	0,86	0,0043	199,09	202,99	3,90

Tabela III

WARTOŚCI CHARAKTERYZUJĄCE ZMIENNOŚĆ ZWIERCIADŁA WODY
W WYBRANYCH OTWORACH OBSERWACYJNYCH, 1977 r.

Nr otworu	Wartość średnia α (m n.p.m.)	Empir. odchyl. standar. σ	Współczynnik zmienności δ	Wartość minimalna (m n.p.m.)	Wartość maksymalna (m n.p.m.)	Amplituda A (m)
III/108	224,59	0,09	0,0004	224,45	224,77	0,32
III/109	229,82	0,37	0,0016	229,13	230,45	1,32
III/110	238,64	0,21	0,0009	238,35	238,95	0,60
III/111	226,44	0,04	0,0002	226,32	226,49	0,18
III/112	242,29	0,09	0,0004	242,08	242,42	0,34
III/113	214,92	0,11	0,0005	214,68	215,10	0,42
II/114	221,19	2,46	0,0111	218,25	223,65	5,40
III/115	213,63	0,87	0,0041	211,95	215,15	3,20
III/116	201,19	0,21	0,0010	200,66	201,66	1,00
III/117	205,35	0,19	0,0009	205,01	205,69	0,68
III/118	185,81	0,83	0,0045	184,38	188,79	4,41
III/119	179,82	0,39	0,0022	178,82	180,44	1,62
III/120	184,52	0,17	0,0009	184,12	184,73	0,61
III/122	204,09	0,48	0,0024	203,60	205,40	1,80
III/123	205,34	1,06	0,0052	203,29	207,04	3,75
III/124	230,59	0,65	0,0028	229,23	231,38	2,15
II/125	209,30	1,35	0,0065	206,45	210,95	4,50
III/126/1	216,70	1,35	0,0062	213,98	218,78	4,80
III/127/1	242,88	0,76	0,0031	241,98	245,13	3,15
II/129	200,88	1,28	0,0064	198,79	203,69	4,90

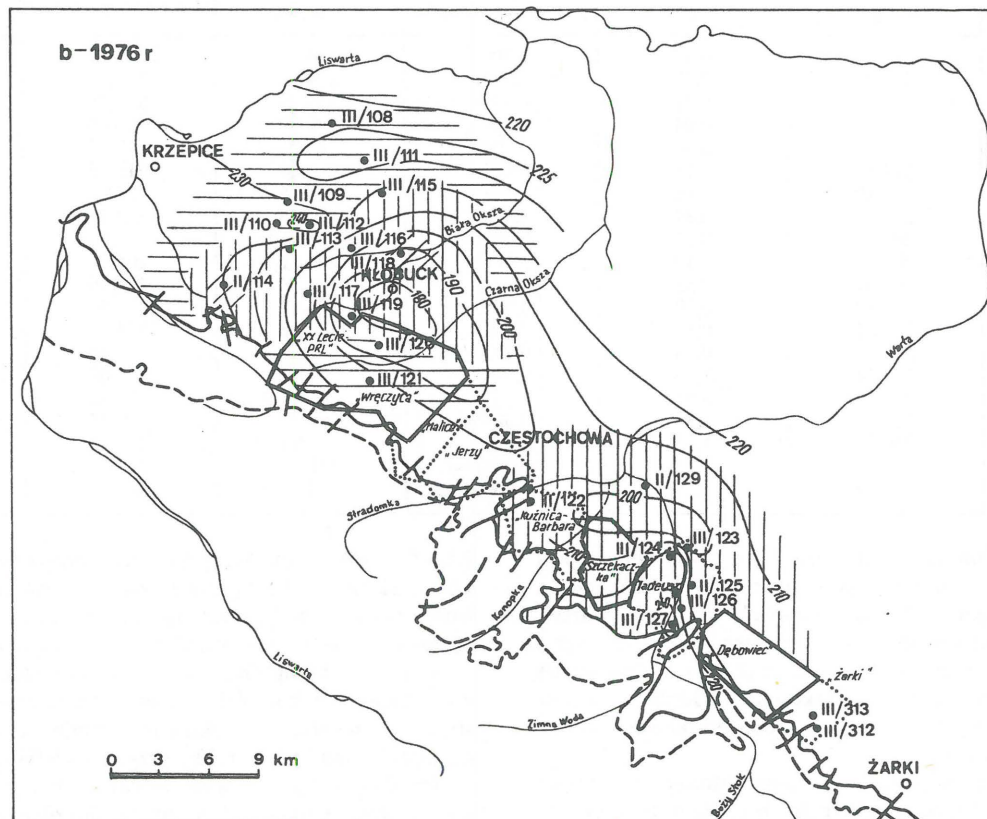
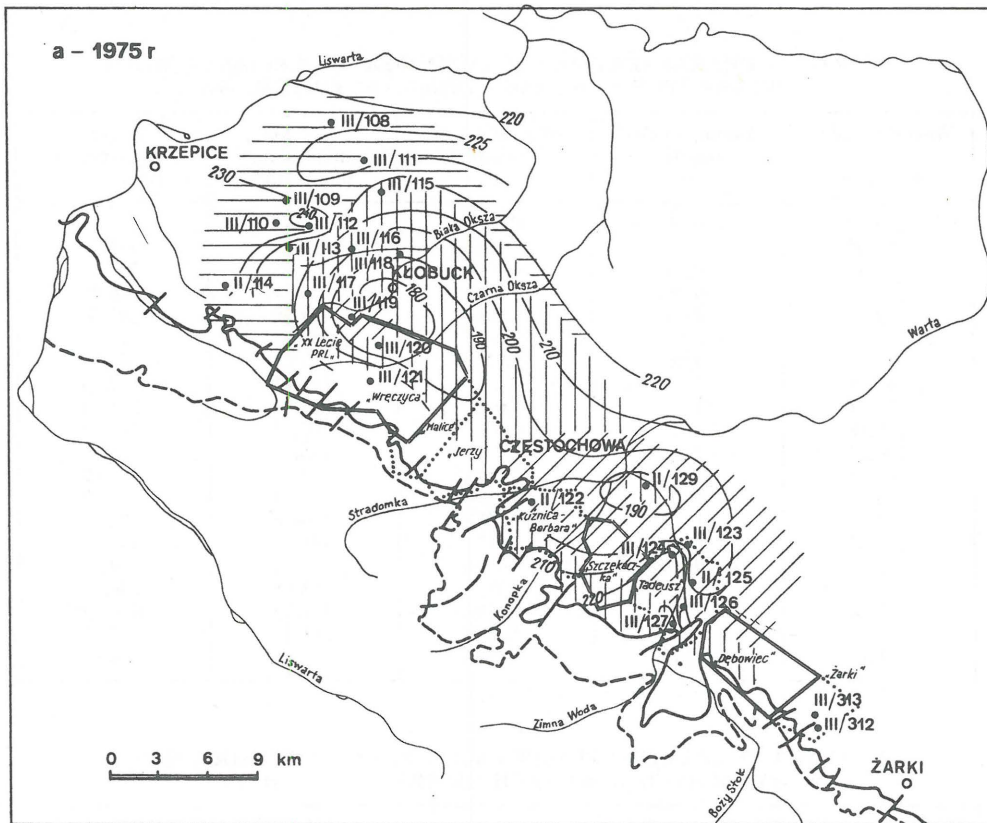
swobodne, natomiast dalej poza linią wychodni stropu warstw, w kierunku ich zapadania następuje oddzielenie wód czwartorzędowych od jurajskich, a wody warstw kościeliskich przyjmują charakter naporowy. Warunki takie wytwarza nieprzepuszczalna seria iłów rudonośnych (wezulu i batonu) leżąca na piaskowcach. Od spągu wodonośnic ograniczają słabo przepuszczalne piaskowce i wodoszczelne iły liasu.

Obserwowana w pionie zmienność litologiczna wodonośnych warstw kościeliskich znajduje swoje odzwierciedlenie w warunkach hydrogeologicznych. Najbardziej wymowne są wartości współczynników filtracji. W partiach stropowych są one rzędu $1,0 - 2,5 \times 10^{-5}$ m/s. Na wychodniach, pod utworami czwartorzędowymi, wartości współczynników filtracji są znacznie większe, rzędu $7,0 - 9,0 \times 10^{-5}$ m/s. W środkowych partiach warstw kościeliskich, około 20–30 m od spągu iłów rudonośnych, wartości współczynników filtracji są przeważnie w przedziale

$2,5 - 5,0 \times 10^{-5}$ m/s. W spągu, przy przejściu piaskowców kościeliskich w ilastą serię warstw łysieckich, utwory wodonośne są w różnym stopniu zailone, stąd możliwe są duże rozpiętości wartości współczynników filtracji.

Z całego kompleksu warstw kościeliskich najbardziej wodonośny jest kompleks na głębokości 15–25 m od ich stropu. W tej strefie uzyskuje się wydajności dość znaczne, niekiedy ponad $100 \text{ m}^3/\text{h}$ przy niewielkich depresjach.

Prędkość migracji wód w całym kompleksie warstw kościeliskich zależy od stopnia ich zdyslokowania. Im bliżej powierzchni tym więcej spotyka się spękań i uskoków, które nie są szczelnie zaciśnięte lub nie są wypełnione utworami ilastymi, co stwarza doskonałe możliwości szybkiego zasilania wodami poprzez utwory czwartorzędowe. A zatem poza zmiennością litologiczną również zaburzenia tektoniczne wpływają na zróżnicowane wydajności uzyskiwane z zawodnionych warstw kościeliskich.

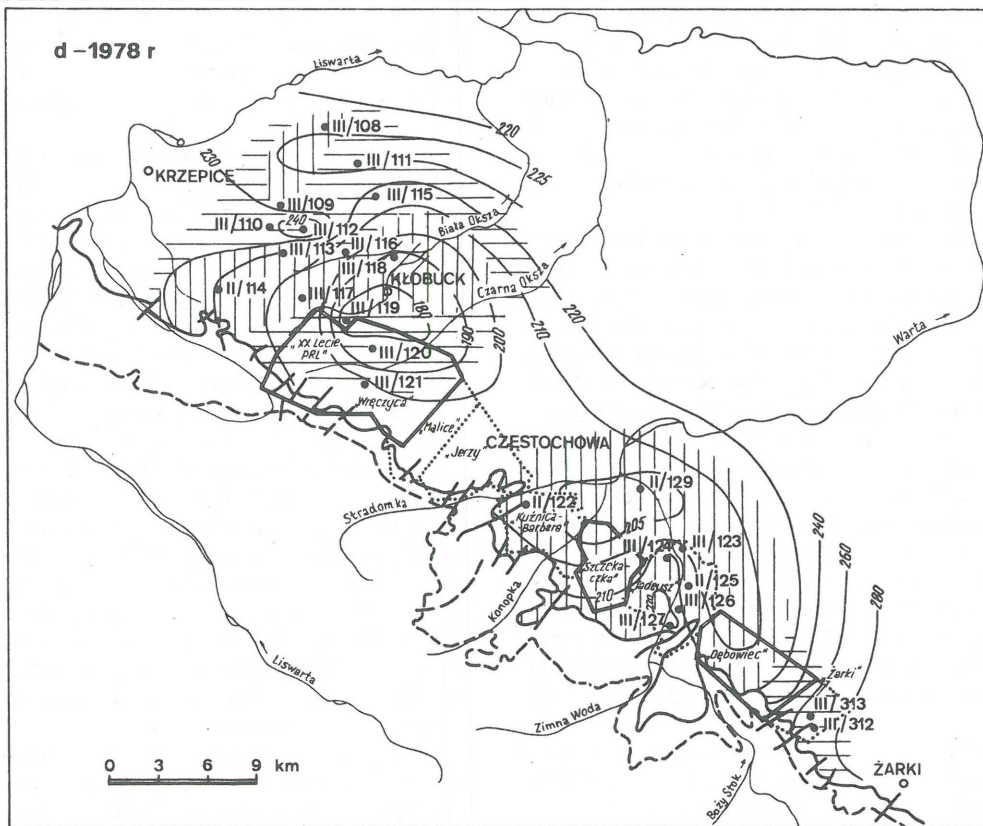
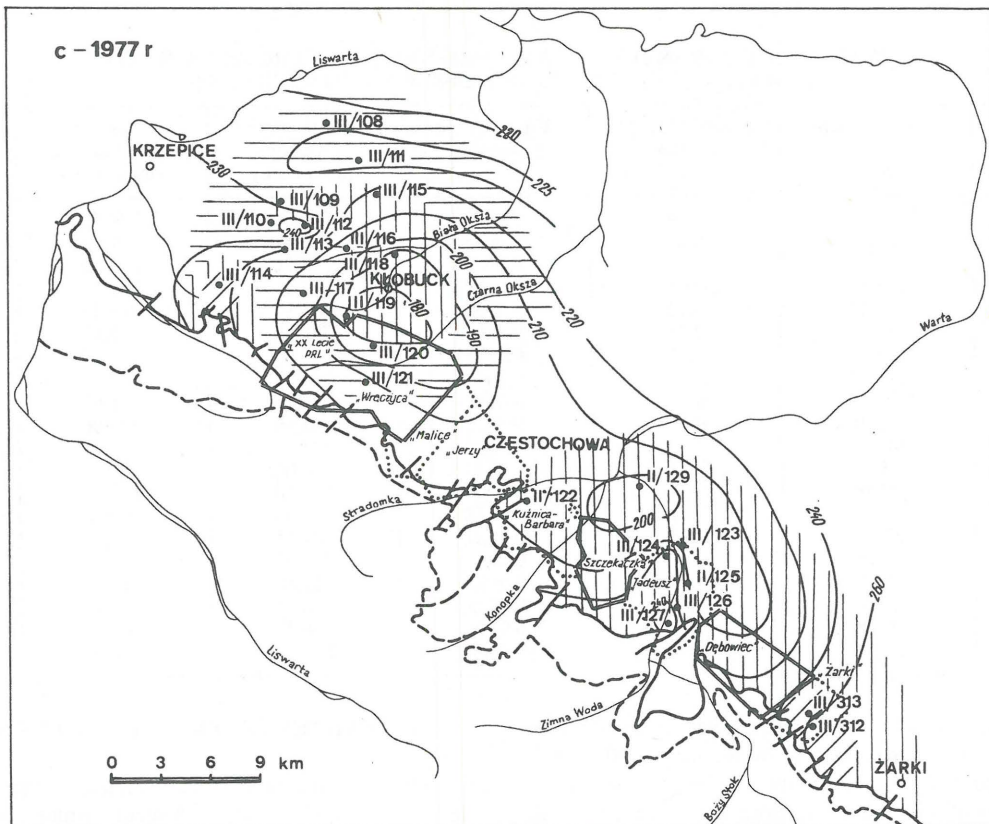


Ryc. 4a-d. Zwierciadło dynamiczne wód w warstwach kościeliskich, w poszczególnych latach.

Fig. 4a-d. Time changes of dynamic water-table in the Kościelisko Beds in individual years.

1 - wychodnie warstw kościeliskich, 2 - uskoki, 3 - kopalnie eksploatowane, 4 - kopalnie nieeksploatowane, 5 - otwory obserwacyjne, 6 - hydroizohipsy - stan średni roczny, w m n.p.m.; maksymalne roczne amplitudy wahań, w m: 7 - ponad 5, 8 - 1-5, 9 - poniżej 1.

1 - outcrops of Kościelisko Beds, 2 - faults, 3 - active mines, 4 - abandoned mines, 5 - observation posts, 6 - hydroisohypses - mean annual level in m a.s.l.; maximum annual amplitudes of oscillations in m: 7 - over 5, 8 - 1-5, 9 - below 1.



1 - - - - ; 2 / ; 3 ▽ ; 4 □ ; 5 • III/123 ; 6 -240- ; 7 // ; 8 ||| ; 9 = ;

WPLYW KOPALNICTWA NA ZMIANĘ WARUNKÓW HYDROGEOLOGICZNYCH OMAWIANEGO OBSZARU

W rejonie częstochowsko-kłobuckim tylko nieliczne studnie czerpią wodę z warstw kościeliskich dla zaopatrzenia

drobnych zakładów przemysłowych i szkół. Pobór ten szacuje się na około 2200 m³/d. Są to niewielkie ilości wód i w skali rejonu nie mające większego znaczenia.

Decydujący wpływ na zmianę stosunków hydrogeologicznych w obrębie warstw kościeliskich i w utworach czwartorzędowych (w strefie wychodni doggeru) wywierają

WARTOŚCI CHARAKTERYZUJĄCE ZMIENNOŚĆ ZWIERCIADŁA WODY
W WYBRANYCH OTWORACH OBSERWACYJNYCH, 1978 r.

Nr otworu	Wartość średnia α (m n.p.m.)	Empir. odchyl. standar. σ	Współczynnik zmienności δ	Wartość minimalna (m n.p.m.)	Wartość maksymalna (m n.p.m.)	Amplituda A (m)
III/108	224,40	0,04	0,0002	224,32	224,46	0,14
III/109	228,78	0,29	0,0013	228,18	229,20	1,02
III/110	239,17	0,13	0,0005	238,96	239,36	0,40
III/111	226,33	0,03	0,0001	226,21	226,37	0,16
III/112	242,25	0,12	0,0005	241,95	242,39	0,44
III/113	215,13	0,34	0,0016	214,68	215,88	1,20
II/114	219,52	1,70	0,0077	218,07	222,75	4,68
III/115	211,58	0,22	0,0010	211,39	212,17	0,78
III/116	200,99	0,25	0,0012	200,68	201,61	0,93
III/117	205,46	0,37	0,0018	204,94	206,06	1,12
III/118	187,23	2,13	0,0114	183,46	190,32	6,86
III/119	179,84	0,08	0,0004	179,66	179,95	0,29
III/120	185,06	0,37	0,0020	184,68	185,62	0,94
III/122	206,47	0,71	0,0034	205,40	207,80	2,40
III/123	208,49	0,78	0,0037	207,15	210,02	2,87
III/124	232,03	0,30	0,0013	231,35	232,60	1,25
II/125	215,19	0,76	0,0035	213,88	216,98	3,10
III/126/1	220,47	0,84	0,0038	218,94	221,79	2,85
III/127/1	245,90	0,49	0,0020	244,83	246,43	1,60
II/129	201,04	0,61	0,0030	199,89	202,39	2,50

kopalnie rud żelaza (4). Niemal od połowy lat siedemdziesiątych eksploatację rud żelaza prowadzono w 10 kopalniach. W marcu 1974 r. od kopalni „Tedeusz” rozpoczęto sukcesywną likwidację wydobywania i zatapianie kopalni. W następnej kolejności uległy likwidacji kopalnie: „Żarki IV” w 1976, „Barbara”, „Kuznica”, „Jerzy” i „Malice” w 1977 r. W 1979 r. zaprzestano eksploatacji rud żelaza w kopalni „Szczekaczka” i zaadaptowano ją na muzeum górnictwa, z tego powodu w dalszym ciągu jest ona odwadniana. Czynne są jeszcze tylko trzy kopalnie: „XX-lecia PRL”, „Wręczyca” i „Dębowiec”, a ich likwidacja przewidziana jest na lata 1980–1981 (ryc. 1).

Dla celów odwodnieniowych każda z kopalni ma system chodników, poprowadzonych na głębokości od kilku do 15 m od spągu eksploatowanych ilów rudonośnych. Tymi chodnikami woda sływa po upadzie do komór, a następnie otworami wypompowywana jest na zewnątrz.

Według klasyfikacji kopalni zależnie od ilości dopływających do nich wód, kopalnia „Żarki IV” zaliczana jest do średniozawodnionych, kopalnia „Jerzy” i „Dębowiec” – do bardzo zawodnionych; pozostałe kopalnie zaliczane są do zawodnionych. Średnio w skali rocznej, już po wyłączeniu z eksploatacji kopalni „Tedeusz”, wypompowywano ogółem ze wszystkich kopalni około 170 000–180 000 m³/d wód. W wyniku takich odwodnień w obrębie wodonośca kościeliskiego i częściowo czwartorzędowego wytworzył się duży rejonowy lej depresyjny obejmujący powierzchnię ok. 800 km². Średnio z 1 km² powierzchni leja depresyjnego wypompowywuje się około 215–225 m³/d wody.

Pierwotny rozkład ciśnień wód podziemnych w warstwach kościeliskich nie jest znany. Na ogół wody sływają po upadzie z obszaru zasilania (wychodni doggeru) w kierunku północno-wschodnim. W pierwszej fazie eksploatacji złóż rud żelaza wydobywanie płytszych partii skał stało się przyczyną wzrostu ciśnienia wód w piaskowcach kościeliskich i zwiększenia dopływu do kopalni. Z czasem, w miarę odsuwania się od wychodni, zmalały wpływy opadów atmosferycznych i lokalnej infiltracji rzecznej, a przez to wytworzyły się bardziej stabilne warunki odwodnieniowe. Lej depresyjny pogłębiał się i rozszerzał przesuwając się stopniowo ku północnemu wschodowi.

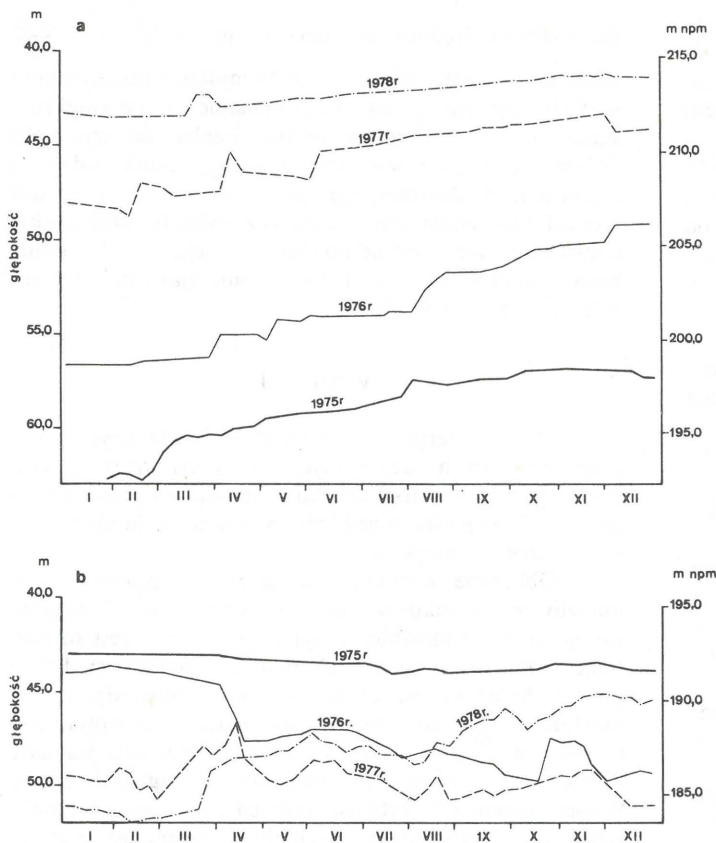
CHARAKTERYSTYKA LEJA DEPRESYJNEGO

Do scharakteryzowania kształtu, zasięgu i morfologii leja depresyjnego oraz uchwycenia zmian zwierciadła wód podziemnych w latach 1975–1978 wykorzystano materiały z obserwacji stacjonarnych. Wyniki odpowiednich obliczeń statystycznych zestawione są w tab. I–IV, a przestrzenną interpretację tych danych zobrazowano na mapach (ryc. 4a–d).

Lej depresyjny w utworach kościeliskich rozciąga się od okolic Żarek na południowym wschodzie do okolic Krzepic na północnym zachodzie, tj. na długości około 50 km. Szerokość leja waha się w granicach 15–17 km (ryc. 4a–d). W jego morfologii zaznaczają się wyraźnie dwa obniżenia, jedno w okolicach Kłobucka, drugie – w rejonie Częstochowy. W części NW dno leja wyznacza hydroizohipsa 180 m npm (wartość średnia roczna), której przebieg w okresie lat 1975–1978 niemal nie ulegał zmianie. Tę część leja od północy i północnego wschodu ogranicza hydroizohipsa 225 m npm.

W części środkowej, w strefie oddziaływania kopalni „Malice” i „Jerzy” depresja rejonowa wyraźnie ulega spłyceciu – poziom dynamiczny nie osiągnął tu wartości średniej rocznej, niższej od 200 m npm. Dalej w kierunku SE lej w obrębie utworów kościeliskich ponownie pogłębia się: w 1975 r. osiągnął najniższą wartość średnią roczną 190 m npm (ryc. 4a). W tej części leja, ze względu na brak punktów obserwacyjnych zlokalizowanych w kierunku na SE trudno wyznaczyć hydroizohipsę ograniczającą zasięg depresji rejonowej.

Mając na uwadze silne zaburzenia tektoniczne warstw kościeliskich (ryc. 1) należy przypuszczać, że morfologia leja depresyjnego jest w rzeczywistości bardziej urozmaicona niż to zostało przedstawione na mapach (ryc. 4a–d). Możliwość bardziej szczegółowego zobrazowania były ograniczone zbyt małą ilością punktów obserwacyjnych. Badania i obserwacje wykazały, że wody podziemne w poszczególnych blokach warstw kościeliskich mają niekiedy utrudniony kontakt. W wyniku tego dochodzi do kilkudziesięciometrowego zróżnicowania poziomu dynamicznego w obrębie leja depresyjnego na niewielkich odległościach. Np.: między punktami obserwacyjnymi nr



Ryc. 5. Wykresy wahań zwierciadła wód w warstwach kościeliskich.

a – punkt obserwacyjny nr II/125 na terenie kopalni nieeksploatowanej od 1974 r., b – punkt obserwacyjny nr III/118 – na terenie kopalni eksploatowanej.

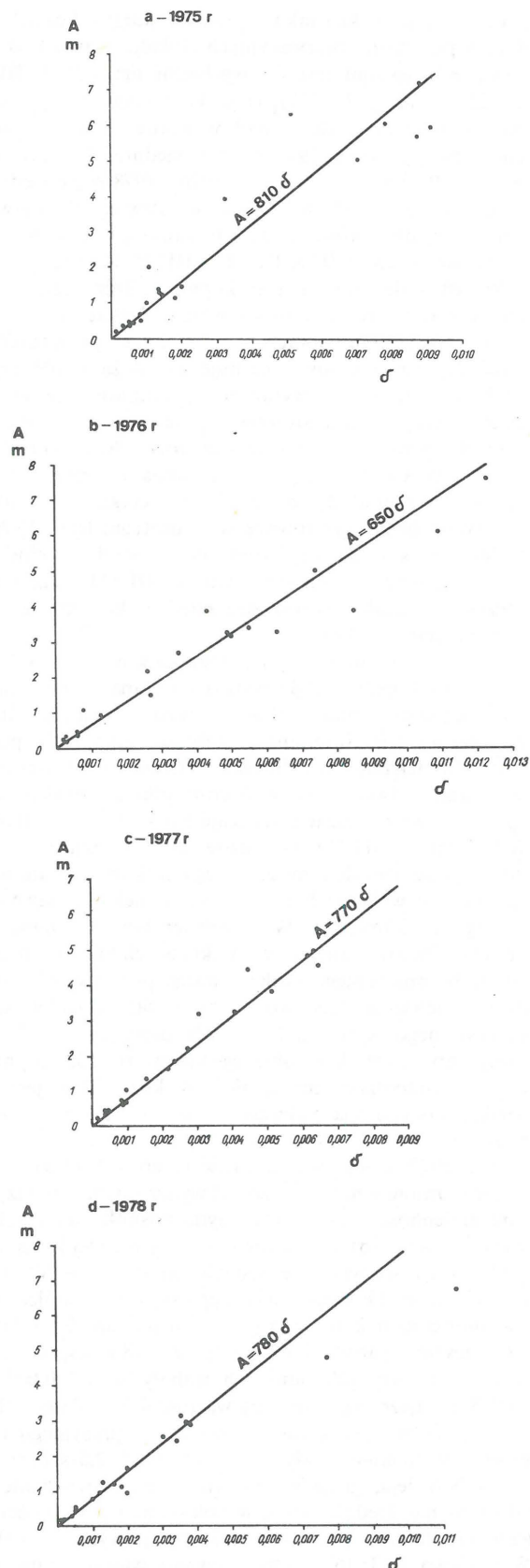
Fig. 5. Water-table oscillations in the Kościelisko Beds.

a – observation post no. II/125 in area of mine abandoned since 1974, b – observation post no. III/118, in area of active mine.

III/123 i III/124 odległymi od siebie o około 700 m, w 1975 r. różnica średnich rocznych poziomów wód wynosiła 30,6 m (tab. I). Podobne zjawisko obserwuje się w rejonie punktu obserwacyjnego nr III/112 i III/127 (ryc. 4a–d).

Wraz z sukcesywną likwidacją kopalń obraz depresji rejonowej z 1975 r. zaczął się zmieniać (ryc. 4a–d). W części SE dno leja stopniowo podnosiło się, jednocześnie przesuując się ku zachodowi, tj. w rejon kopalni „Szczykaczka”, która jest stale odwadniana (muzeum kopalnictwa). W części środkowej depresji rejonowej poziom dynamiczny podnosząc się osiągnął w 1978 r. wartość średnią roczną około 210 m npm. W omawianym okresie 1975–1978 r. NW część leja prawie nie uległa zmianie. Niewielkie tylko spłykanie leja rozpoczęło się od strony kopalni „Malice” i „Jerzy”, które wyłączone zostały z eksploatacji w 1977 r.

Proces zapełniania się leja depresyjnego jest ściśle zależny od lokalnych warunków litologicznych i zaangażowania tektonicznego zawodnionych warstw kościeliskich. Z tego powodu podnoszenie się zwierciadła wody w poszczególnych punktach obserwacyjnych jest zróżnicowane: średni roczny poziom wzrasta od 2 do 13 m (tab. I–IV, ryc. 5). Np. w dwóch blisko siebie zlokalizowanych punktach obserwacyjnych (III/123 i III/124) na terenie kopalni „Tadeusz”, w omawianym okresie poziom wód podniósł się odpowiednio o 12,6 i 5,4 m. Ogólnie jednak największe przerosty poziomu wody obserwuje się w centrum leja



Ryc. 6a–d. Zależność maksymalnej rocznej amplitudy wahań wód w warstwach kościeliskich (A) w obrębie leja depresyjnego od współczynnika zmienności (δ) w poszczególnych latach.

Fig. 6. Dependence of the maximum annual amplitude of oscillations of water-table in the Kościelisko Beds (A) situated within the extent of depressional cone, on variability coefficient (δ) in individual years.

i maleją one w kierunku wschodni warstw kościeliskich. Np. w punktach obserwacyjnych zlokalizowanych na przekroju od centrum leja do wschodni nr: II/129, III/123, II/125, III/126₁, III/127₁ (ryc. 1) w ciągu 1976 r. średni roczny poziom wody wzrósł w porównaniu ze średnim rocznym poziomem 1975 r. odpowiednio o: 13,07; 4,69; 5,21; 0,49; 0,33 m, a w latach 1976–1978 odpowiednio o: 12,62; 12,55; 18,55; 8,73; 4,27 m. Pewne odstępstwa od generalnej obserwowanej zasady zauważa się w punktach obserwacyjnych: II/129, III/123 i III/125. Są one wynikiem zakłóceń stale odwadnianej kopalni „Szczekaczka” oraz zróżnicowania tektonicznego warstw kościeliskich.

Zwierciadło dynamiczne w obrębie poszczególnych stref depresji rejonowej cechuje się dużą i różnorodną ruchliwością, której wyrazem są amplitudy zmian. W celu lepszego zobrazowania i scharakteryzowania tego zjawiska przeprowadzono analizę rozkładu amplitud (ryc. 4a–d). W strefie stałego odwadniania w części NW leja największe amplitudy, ponad 5 m, w ciągu całego okresu obserwacyjnego rejestrowane są w centrum leja. Wyraźnie maleją one ku jego peryferiom. Np. w strefie wododziałowej, w punkcie obserwacyjnym nr III/111 maksymalne roczne amplitudy (A) wynoszą zaledwie kilkanaście centymetrów (tab. I–IV).

Od 1976 r., w związku z rozpoczęciem sukcesywnego zatapiania kopalń, zaszła wyraźna zmiana zachowania się zwierciadła dynamicznego. Jak obrazuje mapa (ryc. 4b–d) w centrum leja dominujące stały się amplitudy poniżej 5 m. Zmniejszenie ruchliwości zwierciadła dynamicznego w strefach odwadniania w porównaniu do zwierciadła w strefach jego stabilizacji obrazuje również wykres (ryc. 5). W punkcie nr III/118 zlokalizowanym w obniżeniu części NW leja poziom dynamiczny ulega częstym i gwałtownym zmianom o wahaniami rzędu 3 m, a niekiedy nawet 5 m w ciągu 1–3 miesięcy. W przeciwieństwie do powyższego obrazu obserwowanego w punktach zlokalizowanych w strefie bezpośredniego oddziaływania pompowania stwierdzono niewielką ruchliwość zwierciadła wody w strefie sukcesywnego wypełniania się leja depresyjnego. Poziom wody, np. w punkcie obserwacyjnym II/125, stopniowo wzrasta natomiast zmienność krótkoczasowa jest niewielka, dochodząca najczęściej do 1,0–1,5 m w ciągu miesiąca.

W sposób ilościowy ruchliwość zwierciadła dynamicznego spróbowano scharakteryzować wyliczonymi współczynnikami zmienności (δ) (3), wyrażonymi stosunkiem odchylenia standardowego (σ) do wartości średniej rocznej zwierciadła wody w warstwach kościeliskich (α) (tab. I–IV). O ile w 1975 r. w SE części leja depresyjnego współczynniki zmienności zamykały się w granicach od 0,0010 do 0,0091, a najczęściej wynosiły 0,007, to np. w 1978 r. współczynniki te w poszczególnych punktach wahały się od 0,0013 do 0,0038, a najczęściej stanowiły wartość 0,003. Zatem obserwujemy, że w okresie zapełniania leja depresyjnego ruchliwość zwierciadła wody zmalała ponad 2,5-krotnie. W części NW leja, gdzie w dalszym ciągu prowadzone jest odwadnianie, średnioroczne współczynniki zmienności ulegają niewielkim zmianom, najczęściej wynoszą 0,0016. Wyjątkowo w 1976 r. obserwowano większą zmienność wywołaną nierytmicznym odwadnianiem. Średnioroczny współczynnik zmienności wynosił 0,0037.

Pomiędzy powyższymi dwoma parametrami (tzn. amplitudą i współczynnikiem zmienności), charakteryzującymi ruchliwość zwierciadła dynamicznego na omawianym obszarze, stwierdzono współproportyjną zależność funkcyjną: $A = a\delta$ (ryc. 6a–d). Używając zamiast współczynnika zmienności (δ) stosunek odchylenia standardowego (σ)

do wartości średniej (α) uzyskujemy wzór: $A = \frac{a \cdot \sigma}{\alpha}$,

gdzie: a – współczynnik regresji. W myśl powyższej formuły w strefie depresji rejonowej maksymalne roczne amplitudy wahań (A) są odwrotnie proporcjonalne do wysokości zwierciadła wody, a w m npm w każdym punkcie depresji rejonowej. W centrum leja, gdzie jest najniższa wartość rzędnej zwierciadła dynamicznego amplitudy powinny być największe i odpowiednio powinny zmniejszać się w kierunkach zewnętrznych leja. Takie właśnie zjawisko obrazują załączone mapy (ryc. 4a–d).

WNIOSKI

Analiza i interpretacja materiałów, jakie uzyskano w toku czteroletnich stacjonarnych obserwacji poziomu dynamicznego wód w warstwach kościeliskich w rejonie częstochowsko-kłobuckim, umożliwiły wysnucie wielu ciekawych spostrzeżeń i wniosków.

1. Obliczone wartości średnie roczne poziomu wód umożliwiły stosunkowo dokładnie zobrazować na mapach zasięg, kształt i morfologię leja depresyjnego. Jest to rozległa forma depresyjna, o charakterze rejonowym, której powierzchnia wynosi około 800 km². Stwierdzono, że morfologia leja jest znacznie urozmaicona, a wpływa na to głównie tektonika zrębowa, która porozcinała warstwy kościeliskie na bloki i poprzesuwała je względem siebie. W tych warunkach szybkość migracji i zasilania wód podziemnych, idąca od strony wschodni doggeru, jest znacznie zróżnicowana w poszczególnych obszarach.

2. Uchwycona została charakterystyka dynamiki zwierciadła wód w obrębie dwóch różnych stref leja depresyjnego: w strefie wciąż jeszcze prowadzonego odwadniania kopalń oraz w strefie zaważniania kopalń. W strefie pierwszej w porównaniu z drugą obserwuje się wyraźnie większą ruchliwość zwierciadła wody (większe współczynniki zmienności i wyższe amplitudy w centrum leja), ponadto w strefie odwadniania amplitudy wyraźnie zmniejszają się od centrum leja ku jego peryferiom, czego nie obserwuje się w drugiej strefie zaważniania kopalń.

3. W obrębie leja depresji rejonowej stwierdzona została stała zależność funkcyjna pomiędzy amplitudą wahań (A) a średnim rocznym poziomem wód (α) i odchyleniem standardowym (σ) określona równaniem:

$$A = \frac{a \cdot \sigma}{\alpha}$$

Wykreślone proste regresji dla poszczególnych lat wykazują niewielkie odchylenia względem siebie: współczynniki regresji zamykają się w przedziale 650–810. Zależność powyższa określa, jak ze wzrostem głębokości leja depresyjnego zwiększa się wahanie poziomu dynamicznego wód w obrębie warstw kościeliskich.

4. W procesie zapełniania się leja największe przyrosty poziomu wód obserwuje się na ogół w centrum depresji rejonowej, a ku jej peryferiom stopniowo zmniejszają się. Lokalnie jednak stwierdza się znaczne odstępstwa od tej ogólnej zasady, a zakłócenia te wywołane są wpływem tektoniki zrębowej oraz po części zróżnicowaniem litologicznym warstw kościeliskich.

5. Istniejąca sieć 23 punktów do obserwacji poziomu doggerskiego jest wyraźnie nieproporcjonalnie rozmieszczona na obszarze omawianej depresji rejonowej: w części NW występuje nadmierne ich zagęszczenie, a w części środkowej i na krańcu SE brak punktów obserwacyjnych. Analiza danych uzyskanych z tej sieci daje obecnie podsta-

wę do racjonalnego zaprojektowania lokalizacji punktów obserwacyjnych oraz częstotliwości pomiarów poziomu wód w rejonie częstochowsko-kłobuckim, a przez analogię na obszarach podobnych. Mianowicie dynamika ruchu i zmienności poziomu dynamicznego wymaga większego zagęszczenia sieci punktów w centrum leja, a stopniowo zmniejszającego się ku jego peryferiom. W centrum leja należy prowadzić również częścię pomiaru poziomu wody.

6. Stopień rozpoznania depresji rejonowej oraz stwierdzone prawidłowości w zachowaniu się zwierciadła dynamicznego umożliwiają sformułowanie symulacyjnego modelu matematycznego na maszynę cyfrową. Model taki umożliwiłby np. zaprogramowanie szybkości i czasu wypełniania się leja depresyjnego w obrębie warstw kościeliskich, w miarę sukcesywnego wyłączenia kolejnych kopalń z eksploatacji.

L I T E R A T U R A

1. Deczkowski Z. — Stratygrafia i litologia liasu na obszarze kalisko-częstochowskim. Kwart. Geol. 1962 nr 1.
2. Deczkowski Z. — Charakterystyka doggeru częstochowsko-wieluńskiego. Prz. Geol. 1960 nr 8.
3. Firkowicz S. — Statystyczne badania wyrobów. PWN 1970.
4. Hermański S. — Wpływ prac odwadniających kopalnictwa rud żelaza na kształtowanie się warunków hydrogeologicznych w rejonie częstochowsko-kłobuckim. Rudy Żelaza 1971 nr 9–10.
5. Krajewski R. — Zasady obliczania dopływów wody dla kopalń częstochowskiego okręgu rudonośnego. Ibidem 1961 nr 3–4.
6. Pich J. — Sieć podstawowa stacjonarnych obserwacji wód podziemnych w Polsce. Prz. Geol. 1979 nr 4.
7. Różycki Z. — Stratygrafia i zmiany facjalne najwyższego doggeru i malmu jury częstochowskiej. Ibidem 1960 nr 8.
8. Różycki Z. — Czwartorzęd regionu jury częstochowskiej i sąsiadujących z nią obszarów. Ibidem nr 8.
9. Rybicki S. — Problem infiltracji wód powierzchniowych

wych w rejonie częstochowskim. Rudy Żelaza 1962 nr 5–6.

10. Znosko J. — Tektonika obszaru częstochowskiego. Prz. Geol. 1960 nr 8.

S U M M A R Y

The changes in hydrogeological conditions in the Częstochowa–Kłobuck iron-ore mining area, connected with groundwater drainage from Dogger rocks (sands and sandstones of the Kościelisko Beds), were analysed on the basis of data from the national groundwater observation network.

The shape and extent of regional depression resulting from many-years' drainage and the mechanism of changes of depression cone during its refilling along with cease of mining, are discussed. The mobility of dynamic water table in the Kościelisko Beds was found to be varying in individual parts of the regional depression, depending on geological-tectonic setting and the process of drainage. The functional interdependence between amplitude of oscillations and mean annual water level and standard deviation was established.

Р Е З Ю М Е

На основании данных полученных из общегосударственной сетки стационарных наблюдений подземных вод был проведен анализ изменения гидрогеологических условий возникших вследствие эксплуатации подземных вод из отложений доггера (пески и песчаники — кощелиские слои) на территории рудоносного ченстоховско-клубуцкого бассейна.

Проведено определение формы и распространения районной депрессии возникшей вследствие многолетнего водоотлива рудников, а также механизм изменений воронки в процессе её наполнения (ликвидация рудников). Установлена разность в движении динамического зеркала вод в кощелиских слоях в разных частях депрессии в зависимости от геологически-тектонических условий и процесса водоотлива. Определена функциональная зависимость амплитуды колебаний и среднего годового уровня вод, а также стандартного отклонения.