

Warunki hydrogeologiczne w rejonie kamieniołomów Wapienno i Bielawy na Kujawach

Halina Pomianowska*

Hydrogeological conditions in the vicinity of Wapienno and Bielawy quarries in the Kujawy Region

S u m m a r y. The Upper Jurassic limestone outcrops at Wapienno and Bielawy, situated in the Kujawy Region belong to Zalesie brachyanticline. The stone-pits are exploited since 1856 yr. The deeper and deeper excavation cause the dewatering of the limestone massif. The water inflow to the quarries is relatively small as compare with the other stone-pits in similar conditions in Poland. The mean annual inflow to the mentioned quarries is in the range of 180–370 m³/h. The percolation to the limestone massif comes from the Quaternary aquifer occurring on the roof of Jurassic strata. At present, depth of the stone-pits reaches 80 m below the surface and the groundwater table of the Jurassic aquifer is lowered more than 50 m.

The exact diameters of the depression cone is unknown as a result of lack of the monitoring system. The carried groundwater table measurements indicate the lowering of the water level at the distance of 0,5 km even in the first, Quaternary aquifer in the vicinity of the exploited quarries.

W kamieniołomach Wapienno i Bielawy, zlokalizowanych na południowym skrzydle brachyantykliny Zalesia, prowadzona jest eksploatacja wapieni górnourajskich. Antyklina ta leży na pograniczu wału pomorskiego, wału kujawskiego oraz niecki mogileńskiej (Dadlez & Marek, 1985). Geneza tej struktury związana jest mobilizacją złóż soli (Dadlez & Marek, 1985; Głazek i in. 1992).

Na złożę wapieni w tym rejonie natrafiono w 1856 r. w trakcie wykonywania studni. Odkrycie to dało początek rozwojowi kopalnictwa odkrywkowego surowców skalnych w tej części kraju. Około 1860 r. powstały pierwsze wyrobiska w Wapienniu i w Piechcinie, natomiast w 1906 r. prace wydobywcze rozpoczęto w Bielawach. Z początkowych etapów eksploatacji brak jest danych na temat kształtowania się warunków wodnych. Na początku bieżącego stulecia eksploatacja schodziła poniżej zwierciadła wód podziemnych, gdyż w czasie I wojny światowej, z powodu przerwania prac wydobywczych, kamieniołomy uległy zatopieniu.

W 1920 r. po osuszeniu odkrywek podjęto eksploatację. Zatem ingerencja w stosunki wodne regionu trwa już od co najmniej 80 lat. Dotychczas nie rozpoznano warunków hydrogeologicznych tego obszaru w skali regionalnej. Nie publikowane materiały pochodzą z dokumentacji zasobów ujęć wód podziemnych, ogólnej charakterystyki warunków wodnych struktury Zalesia (Kawalec, 1985) oraz ocen zasięgu leża depresji wywołanego eksploatacją surowców węglanowych w kopalniach: Wapienno i Bielawy (Stelmach, 1990; Szczepański i in., 1990).

Ogólna charakterystyka obszaru

Obszar złoża znajduje się w północno-zachodniej części Wysoczyzny Gnieźnieńskiej (ryc. 1, 2), którą w tym rejonie rozcinają dwie doliny rynnowe o przebiegu południkowym. Od zachodu jest to ciąg jezior Ostrowiecko-Wolickich, od wschodu zaś rynny jezior Pakoskiego i Mielno, z przepływającą przez te jeziora rzeką Notecią. Północna część wysoczyzny jest rozcięta przebiegającym rów-

noleźnikowo odcinkiem doliny Noteci (ryc. 2). Na powierzchni terenu występują gliny i piaski fazy poznańskiej ostatniego zlodowacenia.

Wysoczyzna morenowa w rejonie Wapienna i Bielaw znajduje się średnio na wysokości 100–110 m npm. Najwyższe formy, występujące w rejonie Radłowa i Piechcina wznoszą się na wysokość 120–123 m npm. Falista powierzchnia wysoczyzny obniża się łagodnie w kierunku północnym, ku dolinie Noteci. Rzędne terenu w dolinie Noteci oscylują w przedziale 77–80 m npm. Noteć wraz z systemem połączonych jezior rynnowych odwadnia cały obszar wysoczyzny.

Rejon Wapienna i Bielaw ma najniższe opady w Polsce, które w okresie: 1982–1994 wynosiły zaledwie 443 mm dla stacji opadowej w Pakości oraz 511 mm dla stacji w Szelejewie (dane IMGW, 1994). Z rozkładu opadów w ciągu roku wynika, że ok. 63% rocznej sumy opadów przypada na półrocze letnie. Maksimum miesięcznej sumy opadów rejestrowane jest w lipcu, w którym opad wynosi 16–23% średniej rocznej sumy opadów (IMGW, 1981).

Według podziału hydrogeologicznego Polski (Kleczkowski, 1988), rejon Wapienna i Bielaw znajduje się w zachodniej części pasma pojeziernego Pp, jednocześnie południowa część obszaru wchodzi w skład międzymorenowego zbiornika wód podziemnych (GZWP nr 142) Inowrocław-Dąbrowa (ryc. 2), którego zasoby szacowane są na 95 tys. m³/d, a moduł zasobności 3,23 l/s/km² (Kleczkowski, 1990).

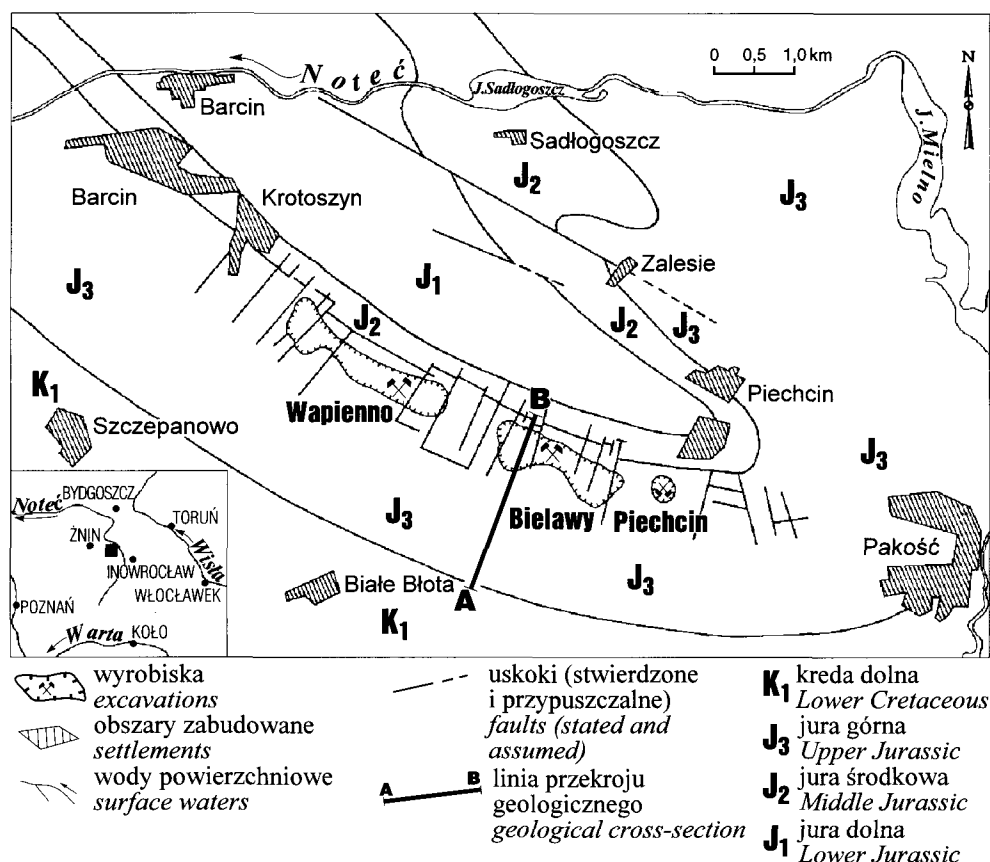
Sytuacja geologiczna

Badania geologiczne skał jurajskich rozpoczął na początku lat 20. J. Lewiński. W okresie powojennym w rejonie tym badania prowadziło wielu autorów (Dembowska, 1959; Krażewski, 1966; Małeck, 1973; Czepulis i in., 1984; Matyja & Wierzbowski 1981, 1985; Matyja i in., 1984 W pracach tych opisano litologię, stratygrafię oraz warunki sedimentacji w jurze. W rezultacie tych badań, w obrębie utworów jurajskich rejonu Wapienna i Bielaw, wydzielono 14 jednostek litostratygraficznych w randze formacji oraz 12 ogniw litologicznych (Matyja & Wierzbowski, 1981; Matyja i in., 1985). Wykształcenie i miąższości poszczególnych wydzielen przedstawił w tab. 1.

Pola eksploatacyjne wyrobisk Wapienno i Bielawy są usytuowane w strefie występowania utworów górnourajskich (ryc. 2), a przedmiotem eksploatacji są wapienie formacji B (tab. 1). Powierzchnia stropu jury górnej w częściach centralnych kamieniołomów znajduje się na rzędnych: 100–103 m npm. Od tej kulminacji strop wapieni obniża się we wszystkich kierunkach do rzędnej: 35–60 m npm (Kawalec, 1985). Najwyższe położenie w ścianach odkrywek zajmuje strefa gruzu niezorientowanego o miąższości dochodzącej do 3 m. Poniżej leży drobnospękany wapień, tworzący strefę gruzu zorientowanego, ze szczelinami wypełnionymi glinami zwietrzelinowymi. Bezpośrednio nad monolityczną skałą występuje strefa wietrzenia blokowego (Czepulis i in., 1984).

W południowej części obszaru badań utwory jury górnej kontaktują się tektonicznie (Matyja i in., 1985) z utworami kredy dolnej (ryc. 1, 3), w części centralnej natomiast utwory jury górnej są przykryte utworami czwartorzędowymi (ryc. 3). Z uwagi na nachylenie stropu jury miąższość osadów czwartorzędowych jest zróżnicowana (ryc. 3). W centralnej partii złoża miąższość nadkładu czwartorzędowego jest najmniejsza i wynosi od 4 do 6 m. Na skrzydłach antykliny miąższość osadów czwartorzędowych stopniowo rośnie do kilkudziesięciu, a lokalnie nawet do ponad 100 m (ryc. 3). Czwartorzęd jest wykształcony głównie jako: gliny i piaski gliniaste fazy poznańskiej ostatniego zlodowacenia. W części południowo-zachodniej złoża, pod przykryciem glin zwało-

*Zakład Geologii, Instytut Geografii, Uniwersytet im. M. Kopernika, ul. Sienkiewicza 4, 87-100 Toruń



Ryc. 1. Szkic geologiczny podłoża czwartorzędowego w rejonie Wapienna i Bielaw (wg Matyji i in., 1985, uproszczony)
 Fig. 1. Geological outline of the Quaternary basement in Wapienno and Bielawy region (after Matyja et al., 1985, simplified)

wych, występuje warstwa osadów piaszczystych, leżących lokalnie bezpośrednio na utworach jury górnej (ryc. 3). W kierunku południowym od wyrobisk piaski te podścielone są glinami fazy leszczyńskiej. W kierunku północnym od odkrywek osady czwartorzędowe zbudowane są głównie z glin zwałowych natomiast w dolinie Noteci występuje warstwa piaszczysta, o miąższości od kilku do 56 m.

Tektonika

W planie strukturalnym brachyantykliny Zalesia dominującymi elementami są duże dyslokacje podłużne o kierunku NW–SE, zgodnym z kierunkiem dłuższej osi antykliny Zalesia oraz uskoki poprzeczne o charakterze uskoków radialnych (ryc. 1), których maksymalne zrzuty dochodzą do kilkudziesięciu metrów (Czepulis i in., 1984). Szczegółowe pomiary spękań ciosowych (Czepulis i in., 1984) ujawniły istnienie sześciu zespołów spękań, z których zasadnicze znaczenie mają dwa: prostopadły do biegu struktury zespół ciosu poprzecznego o kierunkach NE–SW lub NNE–SSW (o udziale procentowym: 65% w Wapieniu i 49% w Bielawach) oraz zespół spękań podłużnych NW–SE (29% w Wapieniu i 26% w Bielawach). Z porównania pomiarów spękań w ścianach wyrobisk (Czepulis i in., 1984) wynika, że szczelinowatość masywu jest większa w przypadku kamieniołomu Wapienno niż kamieniołomu w Bielawach.

Wzdłuż szczelin i uskoków powstałych w czasie dźwignia się struktury solnej rozwinęły się liczne formy krasowe: szczeliny, kieszenie, kanały i leje (Głazek i in., 1992). Formy te zostały wypełnione piaskami, mułkami, łąkami i glinami wieku trzeciorzędowego i czwartorzędowego. Ze strefami uskokowymi jest związane również występowanie mineralizacji siarczkowej. Formy krasowe, jak i koncentracje siarczków występują w całym profilu odsłoniętym w kamieniołomach. Wapienie górnourajskie miejscami są również zdolomityzowane (Kraźewski, 1966; Zydorowicz, 1982), a w stropowych partiach silnie zsylikowane (Kraźewski, 1966; Malecki, 1973; Zydorowicz, 1982).

Warunki hydrogeologiczne

Piętra wodonośne i ich charakterystyka

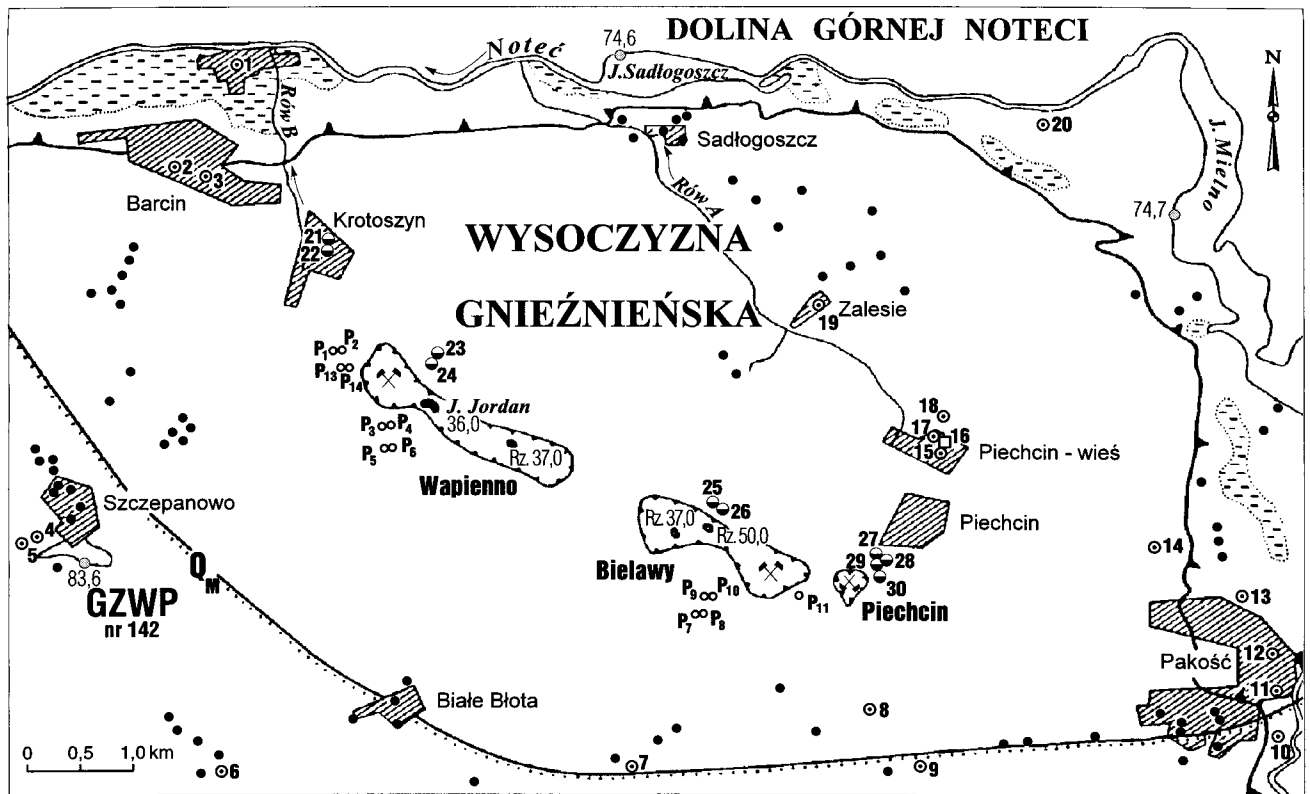
W profilu hydrogeologicznym rejonu Wapienna i Bielaw stwierdzono występowanie dwóch pięter wodonośnych: czwartorzędowego i jurajskiego.

Piętro czwartorzędowe jest głównym źródłem zaopatrzenia w wodę miejscowości leżących w południowej części obszaru badań. W piętrze tym najczęściej jest wykorzystywany poziom wodonośny związany z pod/lub międzyglinowym pakietem osadów fluwioglacjalnych o miąższości od 8 do 26 m. Poziom ten występuje na głęb. 16–29 m, a jego zwierciadło napięte stabilizuje się w przedziale wysokości: 72–97,5 m npm. Wody tego poziomu występują głównie w piaskach średnio- i gruboziarnistych. W tab. 2 przedstawiono podstawowe parametry studni, ujmujących ten poziom wodonośny.

Współczynniki filtracji określone na podstawie wyników próbnego pompowania wynoszą od 0,36 do 2,8 m/h — średnia wartość wynosi 1,08 m/h. Wartości te wskazują na dobre właściwości filtracyjne ujętych warstw. Przewodność hydrauliczna warstw czwartorzędowych waha się od 1,43 do 39,2 m²/h. Wydajności pojedynczych studni ujmujących wody z utworów czwartorzędowych wynoszą 6–55 m³/h, przy depresji nie przekraczającej 6 m. W kierunku północnym od odkrywek osady czwartorzędowe są zbudowane głównie z glin zwałowych, dopiero w dolinie Noteci występuje w profilu osadów czwartorzędowych warstwa piaszczysta o miąższości 10–56 m.

Podstawą zaopatrzenia w wodę Kombinatu Cementowo -Wapienniczego oraz osad leżących na północ od wyrobisk: Wapienno i Bielawy są utwory jury. W profilu hydrogeologicznym piętra jurajskiego w rejonie Wapienna i Bielaw stwierdzono występowanie dwóch poziomów wodonośnych w utworach: jury górnej i jury środkowej.

Poziom jury górnej stanowią wody występujące w szczelinach i próżniach krasowych wapieni. Tam, gdzie w nadkładzie wapieni



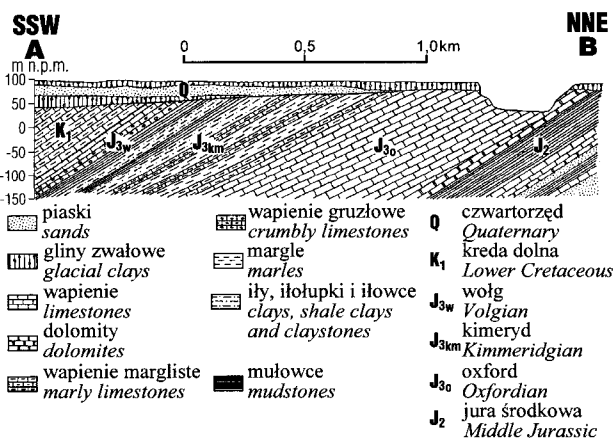
- krawędź wysoczyzny
edge of upland
- zasięg GZWP
extent of the MGBW
- obszary zabudowane
settlements
- wyrobiska
excavations
- podmokłości
swamps
- studnie wiercone ujmujące wody z utworów jury środkowej
drilling wells to Middle Jurassic aquifer
- studnie wiercone ujmujące wody z utworów jury górnej
drilling wells to Upper Jurassic aquifer
- studnie wiercone ujmujące wody z utworów czwartorzędowych
drilling wells to Upper Quaternary aquifer
- studnie kopane
farmer wells
- P₁ piezometry
piezometers

Ryc. 2. Mapa dokumentacyjna rejonu Wapienna i Bielawy
Fig. 2. Documental map of the Wapienno and Bielawy region

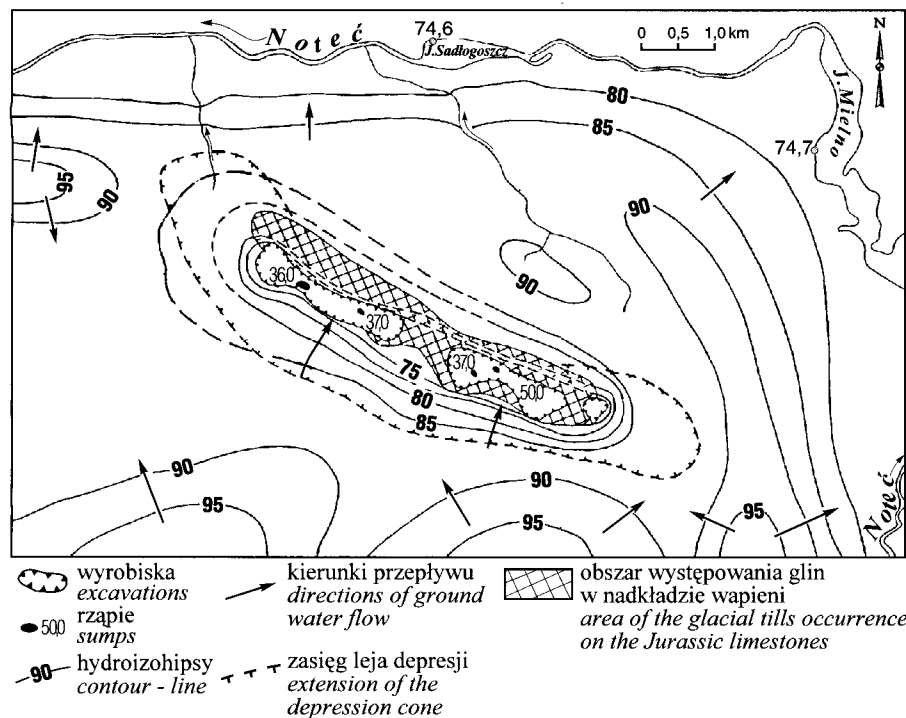
Tab. 1. Podział jury na zespoły litostratygraficzne (wg Matyji i in., 1985)

i margli nie występują czwartorzędowe utwory słaboprzepuszczalne, poziom jury górnej tworzy jeden wspólny poziom wodonośny z poziomem czwartorzędowym (ryc. 4). W rejonie badań jest zlokalizowana tylko jedna studnia (Piechcin 16) ujmująca wody z wapieni jury górnej (ryc. 2). Uzyskana z próbnego pompowania wartość współczynnika filtracji wynosi $k_{sf} = 0,13$ m/h. W 1990 r. wykorzystując metodę Paramex (Marciniak & Stelmach, 1991) określili wartości współczynnika filtracji wapieni marglistych i margli leżących w stropie wapieni w otworach obserwacyjnych: P-5, P-9 i P-13 (ryc. 1). Uzyskano bardzo niskie wartości współczynnika

wiek	zespół litostratygraficzny	litologia	miąższość (m)
J ₃	E	wapienie mikrytowe	14
	D	D ₄ -wapienie, wapienie margliste	~20
		D ₃ -mułowce margliste	55±60
		D ₂ -wapienie	20±30
		D ₁ -margle mułowcowe	~130
	C	C ₅ -wapienie, wapienie margliste, margle	do 95
		C ₂ -wapienie gruzłowe	3,3±6,7
		C ₁ -wapienie, wapienie margliste, margle	do 50
		B ₅ -wapienie gąbkowe, mikrytowe margliste	do 50
	B	B ₄ , B ₃ -przeławicające się wapienie gąbkowe, margliste imargle	0±100
B ₂ -wapienie masywne		do 220	
B ₁ -wapienie margliste, margle i ility margliste		do 25	
A	iłowce margliste, margle	5±200	
J ₂	Z	dolomity piaszczyste lub dolomityczne	do 3,7
	W	wapienie piaszczyste	
	U	utwory mułowcowo-ilaste	~100
	T	piaskowce	do 45
	S	ilty, iłowce i mułowce	do 5
	R	piaskowce	do 8
	P	piaskowce	70
J ₁	O	iłowce z wkładkami piaskowców ceramicznych	45
		piaskowce z wkładkami gliniek ceramicznych	do 145
	N	piaskowce, mułowce i iłowce	do 135



Ryc. 3. Przekrój geologiczny A-B
Fig. 3. Geological cross-section A-B



Ryc. 4. Mapa hydroizohips poziomu czwartorzędowego rejonu Wapienna i Bielawy
 Fig. 4. Hydrogeological map of the Quaternary aquifer in the Wapienno and Bielawy region

filtracji zawierające się w przedziale od 0,0013 do 0,013 m/h, $k_{gr} = 0,007$ m/h (Marciniak & Stelmach, 1991). Tak różne wartości świadczą o bardzo zróżnicowanych parametrach filtracyjnych poziomu górnójurajskiego.

W obrębie utworów jury środkowej występuje poziom użytkowy, wykorzystywany przez ujęcia: Kombinatoru Cementowo-Wapienniczego, osiedla mieszkaniowego w Piechcinie oraz wsi Krotoszyn. Źródłem wodonośnym tego poziomu są piaski i słabozwięzłe piaskowce drobnoziarniste

ste (ryc. 3). Są to wody szczelino-wo-porowe. Poziom jury środkowej jest izolowany od poziomu jury górnej warstwą iłowców i iłotłuków o miąższości 2–20 m. Z uwagi na występowanie w profilu litologicznym wkładek iłów i iłowców, piaskowce i piaski doggeru, tworzą 2 lub 3 warstwy wodonośne. W tab. 3 zestawiono podstawowe parametry studni eksploatujących wody tego poziomu.

Uzyskane z próbnego pompowania wartości współczynnika filtracji piaszczystych utworów jury środkowej wynoszą 0,027–1,26 m/h, $k_{gr} = 0,4$ m/h. Przewodność hydrauliczna tych utworów jest zmienna i wynosi 0,25–25,2 m²/h. Wydajności studni ujmujących wody poziomu jury środkowej są zróżnicowane i wynoszą 9,0–84,0 m³/h.

Wykonywane w ciągu ostatnich 10 lat pomiary położenia zwierciadła wód podziemnych w studniach kopanych i wierconych w rejonie Wapienna i Bielawy wskazują na stopniowe obniżanie się

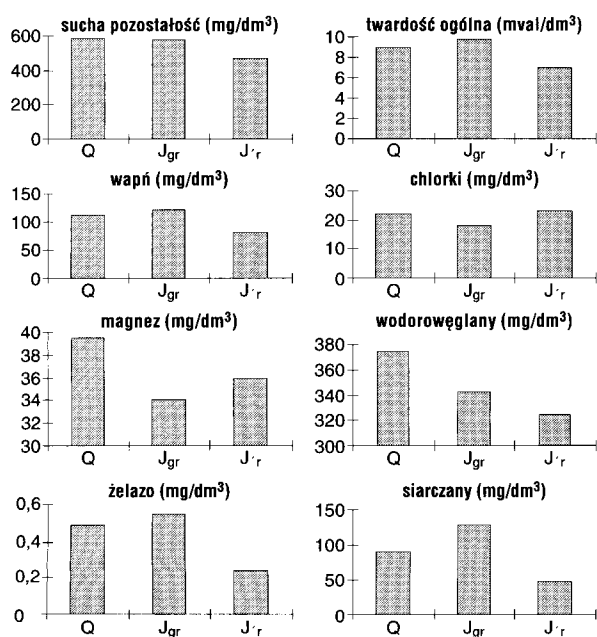
zwierciadła wód w utworach czwartorzędu i jury. Jest to wynikiem zarówno zwiększonego poboru wód, jak i występujących w tym rejonie niskich opadów atmosferycznych.

Warunki zasilania, krążenia i drenażu wód

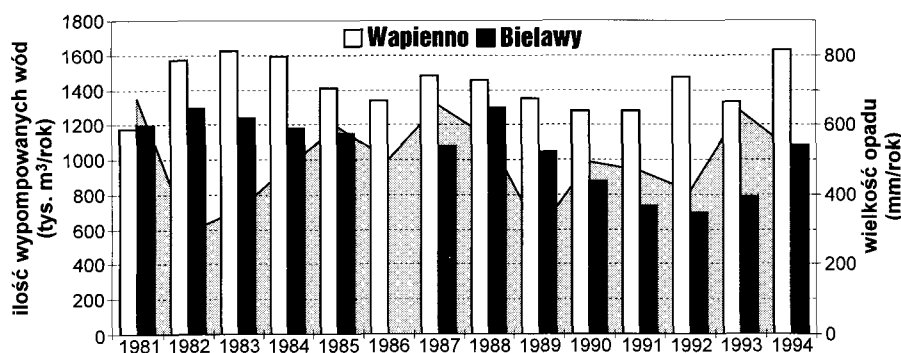
Kopalnie odkrywkowe: Wapienno i Bielawy są położone w strefie wododziałowej wód powierzchniowych (ciągu jezior Ostrowieckich i Noteci) oraz podziemnych. Swobodne zwierciadło wód w utworach czwartorzędowych występuje jedynie w dolinie Noteci oraz w południowo-zachodniej części wyrobiska Wapienno. Na pozostałym obszarze, z uwagi na przykrycie kompleksem glin o znacznej miąższości, wody z utworów czwartorzędowych mają charakter naporowy. Zasilanie piętra czwartorzędowego odbywa się w wyniku infiltracji opadów atmosferycznych. Poziom jury górnej jest zasilany bezpośrednio z wolnej powierzchni wyrobisk oraz pośrednio z piętra czwartorzędowego w strefie wschodni przykrytych piaszczystymi utworami nadkładu o małej miąższości. Zasilanie poziomu jury środkowej odbywa pośrednio poprzez słaboprzepuszczalne osady gliniaste czwartorzędu oraz w strefach kontaktów tektonicznych.

Przed rozpoczęciem eksploatacji, w warunkach nienaruszonego reżimu wód, bazą drenażu dla wszystkich poziomów wodonośnych była dolina Noteci oraz sąsiadujące od wschodu i zachodu rynny jeziorne. Odpływ regionalny odbywał się w kierunku północnym. W wyniku powstania wyrobisk o głębokości dochodzącej do 80 m, naturalne warunki krążenia wód, zostały zakłócone. Obecnie część wód przejmują kamieniołomy (ryc. 4). Wielkość drenażu wód w odkrywkach jest zmienna w czasie i waha się od 1,9 do 2,6 mln m³. Średnio w ciągu roku ilość wypompowanych wód z obydwu odkrywek wynosi 2,3 mln m³.

Eksploatacja wapieni i margli górnójurajskich spowodowała wytworzenie się lejów depresji w poziomie wodonośnym jury górnej. Lej ma kształt asymetryczny wydłużony w kierunku dłuższej osi wyrobisk (ryc. 4). Zasięg lejów depresji wokół wyrobisk Wapienno i Bielawy został określony za



Ryc. 5. Wybrane parametry jakości wód podziemnych z utworów jury i czwartorzędu (dane z roku 1995)
 Fig. 5. Selected values of the Jurassic and Quaternary quality aquifer parameters (data from 1995)



Ryc. 6. Wielkość dopływu wód podziemnych do wyrobisk Wapienno i Bielawy na tle wysokości opadów

Fig. 6. Groundwater inflow to the Wapienno and Bielawy quarries on the background of the

pomocą badań modelowych (Stelmach, 1990; Szczepański i in., 1990). Z przeprowadzonych obliczeń wynika, że zasięg oddziaływania wyrobisk jest niewielki. W kierunku zachodnim od wyrobiska Wapienno promień leja wynosi 400 m, na wschód od odkrywki Bielawy natomiast promień ten wynosi 350 m. Najmniejszy promień poniżej 100 m został obliczony od strony północnej i wynika z obecności izolującej warstwy iłów i iłowców jury środkowej w spągu utworów jury górnej (Stelmach, 1990; Szczepański i in., 1990).

Znaczny udział w drenażu wód podziemnych w rejonie Wapienna i Bielaw mają również studnie wiercone, ujmujące zarówno czwartorzędowe, jak i jurajskie piętro wodonośne. Ujęcia wodociągów wiejskich w tym rejonie nie mają jednak wpływu na kształtowanie się wielkości leja depresji wokół kopalni, gdyż znajdują się w odległości ponad 1 km od wyrobisk.

Jakość wód podziemnych

Jakość wód podziemnych rejonu Wapienna i Bielaw określono na podstawie archiwalnych analiz chemicznych oraz analiz własnych. Archiwalne analizy chemiczne wód pochodzą ze studni wierconych z lat 1963–1990 i były wykonywane przez różne laboratoria. W sumie do określenia chemizmu wód podziemnych rejonu Wapienna i Bielaw wykorzystano ok. 150 analiz chemicznych wód pochodzących z utworów czwartorzędu i jury. W próbkach pobranych z jednego poziomu wodonośnego zaznacza się pewne zróżnicowanie zawartości poszczególnych składników, ale przedziały zmienności poszczególnych składników w próbkach wód pochodzących z różnych poziomów wodonośnych są zbliżone (ryc. 5). Wyniki analiz chemicznych wskazują, że w rejonie Wapienna i Bielaw w utworach czwartorzędu i jury występują wody o zbliżonym składzie chemicznym (ryc. 5).

Chemizm i jakość wód poziomu czwartorzędowego

W utworach piaszczystych czwartorzędu występują wody słodkie, których wartość suchej pozostałości mieści się w przedziale: 390–502 mg/dm³, a średnia twardość wynosi 7,18 mval/dm³. Zawartość chlorków w tych wodach nie przekracza 31 mg/dm³. Wody te zawierają średnio 58 mg/dm³ siarczanów, a także znacznie podwyższone koncentracje żelaza (max. 6,0 mg/dm³) oraz manganu (max. 0,33 mg/dm³). Stan bakteriologiczny wód tego poziomu spełnia wymagania dla wód pitnych. Wartości wskaźników jakości wód z piętra czwartorzędowego przedstawiono w tab. 4.

W utworach jury górnej występują wody słodkie o suchej pozostałości równej 362 mg/dm³, barwie 5 mg/dm³ i

twardości ogólnej: 7 mval/dm³. Woda ta zawiera 14 mg/dm³ chlorków oraz 40 mg/dm³ siarczanów. Zawartość związków azotu nie przekracza wartości dopuszczalnych dla wód pitnych.

Właściwości fizykochemiczne wód eksploatowanych z utworów jury środkowej w rejonie Wapienna i Bielaw przedstawiono w tab. 5.

Wody z poziomu jury środkowej charakteryzują się niską wartością suchej pozostałości poniżej 500 mg/dm³. Wartości pH tych wód zmieniają się w wąskim zakresie od 7 do 7,5. Twardość ogólna wynosi średnio 6,0 mval/dm³; zawartości chlorków — ok. 16,0 mg/dm³, a siarczanów do 57 mg/dm³. W granicach dopuszczalnych dla wód pitnych mieszczą się zawartości jonów amonowych, azotynowych i azotanowych. W wodach ujmowanych z piasków i piaskowców jury środkowej występują, podobnie jak w wodach poziomu czwartorzędowego, podwyższone koncentracje jonów żelaza (do 3,8 mg/dm³) oraz manganu (do 0,2 mg/dm³).

Wody rozpatrywanych poziomów są wykorzystywane jako wody pitne. Wymagają one jedynie uzdatniania z uwagi na podwyższone zawartości jonów żelaza i manganu. Podane w tab. 4 i 5 wyniki analiz wód poziomów: czwartorzędowego, jury górnej i środkowej wskazują na podobieństwo ich mineralizacji i składu jonowego, pomimo tego, że próbki wody pochodziły z różnych głębokości (0,6 do 182 m) oraz ze zróżnicowanych ośrodków skalnych (wapieni, piasków i piaskowców jurajskich oraz piasków czwartorzędowych).

W analizach chemicznych wód pobranych w 1995 r. z ujęcia wód jury środkowej w Wapienniu, z utworów czwartorzędowych oraz wody wypływającej ze szczelin w wapieniach jury górnej stwierdzono jedynie podwyższone zawartości azotu amonowego (1–1,2 mg/dm³), co można tłumaczyć zanieczyszczeniem z powierzchni terenu. Zawartość pozostałych jonów mieściła się w granicach dopuszczalnych dla wód pitnych. Skład chemiczny tych wód wyrażony wzorami Kurlowa przedstawia się następująco:

— poziom czwartorzędowy:

$$M^{0,588} \frac{HCO_3^{71} SO_4^{22} Cl^7}{Ca^{59} Mg^{34} Na + K^7}$$

— poziom w wapieniach jury górnej:

$$M^{0,575} \frac{HCO_3^{64} SO_4^{30} Cl^7}{Ca^{64} Mg^{30} Na + K^6}$$

— poziomu w piaskowcach jury środkowej w Wapienniu:

$$M^{0,466} \frac{HCO_3^{76} SO_4^{14} Cl^9}{Ca^{53} Mg^{34} Na + K^8}$$

Wody z utworów czwartorzędowych i jury górnej, są wodami czterojonowymi: wodorowęglanowo-siarczanowo-wapniowo-magnezowych i według klasyfikacji Szczukariewa-Prikłonskiego należą one do 39 klasy chemicznej. Typ ten jest charakterystyczny dla wód podziemnych maszyw wapiennych, jak i klastycznych osadów czwartorzędu, występujących w strefie hipergenezy. Wzbogacenie wód z poziomu jury górnej w jon siarczanowy może być wynikiem ługowania pirytu, stanowiącego okruszczenie wapieni, natomiast jon siarczanowy w wodach z utworów czwartorzędowych pochodzi z wymywania hałd odpadów pogórnich. Wody z utworów jury środkowej, pomimo znacznego podobieństwa chemicznego (ryc. 5), według klasyfikacji Szczuka-

riewa-Prikłonskiego, z uwagi niższą zawartość jonów siarczanowych (poniżej 20%), należą do 18 klasy chemicznej. Są to wody trójjonowe, typu: wodorowęglanowo-wapniowo-magnezowych.

Pod względem właściwości fizycznych jak i zawartości poszczególnych jonów, analizy wykonane w 1995 r. nie odbiegają w zasadniczy sposób od składu chemicznego próbek wód pobranych w ciągu ostatnich 40 lat w trakcie wykonywania wierceń studziennych.

Zagospodarowanie i odwodnienie złoża

Obecnie wapienie i margle górnourajskie w Wapienniu i w Bielawach są eksploatowane w granicach złoża: Pakość–Piechcin–Barcin. Złoże to zostało udokumentowane do głębokości 130 m. Ma ono postać wąskiego bloku o szerokości 500 m (ryc. 2), ciągnącego się prawie równoleżnikowo na przestrzeni ok. 8 km (Kawalec, 1985). Z uwagi na rozciągłość złoża wydobywanie wapieni prowadzone jest na dwóch frontach eksploatacyjnych: Wschód i Zachód.

W 1994 r. powierzchnia odkrywki Wapienno wynosiła 102 ha, a powierzchnia odkrywki Bielawy 93 ha. W 1994 r. kopalnie odkrywkowe: Wapienno i Bielawy dostarczyły 4,7 mln t surowca na potrzeby przemysłu cementowo-wapienniczego, chemicznego i cukrowniczego.

Tab. 2. Parametry hydrogeologiczne czwartorzędowego poziomu wodonośnego wg wyników próbnych pompowań studni.

numer ujęcia wg mapy (ryc.1)	miejsowość	rzędna zwierz. wody (m n.p.m.)	Q (m ³ /h)	S (m)	q (m ³ /h/1mS)	miąższość ujętej warstwy (m)	k _{sr} (m/h)	T (m ² /h)
2	Barcin	72,0	12,1	4,5	2,7	8,0	0,36	2,88
3	Barcin	72,5	20,5	1,9	10,8	7,8	1,55	12,09
4	Szczepanowo	82,2	54,0	2,2	24,5	11,5	1,69	19,46
5	Szczepanowo	82,7	55,0	1,4	39,2	14,0	1,69	23,69
6	Szczepankowo	88,8	30,0	3,0	10,0	25,6	0,47	11,98
7	Szeroki Kam.	90,6	20,0	1,5	13,3	15,0	1,26	18,9
8	Radłowo	97,5	6,0	0,6	10,0	18,0	0,72	12,96
9	Radłowo	94,0	12,0	1,3	9,2	7,5	0,90	6,75
14	Ludkowo	76,0	15,0	4,0	3,75	14,0	2,80	39,30
15	Piechcin wieś	81,5	40,0	6,0	6,7	6,0	1,40	8,42
17	Piechcin wieś	83,0	17,0	3,0	5,7	3,3	0,68	2,24
18	Piechcin wieś	88,0	15,2	4,7	3,2	3,4	0,42	1,44
19	Zalesie	82,0	10,0	1,5	6,7	11,0	0,52	5,78

Objaśnienia symboli użytych w nagłówku tabeli: Q – wydajność studni; S – depresja w studni; q – wydatek jednostkowy studni; k_{sr} – średni współczynnik filtracji; T – przewodność hydrauliczna ujętej warstwy

Tab. 3. Parametry hydrogeologiczne poziomu wodonośnego jury środkowej wg wyników próbnych pompowań studni.

numer ujęcia wg mapy (ryc.1)	miejsowość	ustabil. rzędna zwierz. wody (m n.p.m.)	Q (m ³ /h)	S (m)	q (m ³ /h/1mS)	głębokość ujętej warstwy (m)	k _{sr} (m/h)	T (m ² /h)
21	Krotoszyn	79,3	23,2	13,1	1,77	85 - 90,0 94 - 99,8	0,049 0,049	0,25
22	Krotoszyn	78,5	21,0	12,5	1,68	54,0 - 60,0 62 - 72,0	0,71	0,71
23	Wapienno	81,8	28,9	5,7	5,1	76 - 90,0	0,162	2,27
24	Wapienno	80,8	66,0	22,0	3,0	71 - 87,0	0,234	3,74
25	Bielawy	92,5	38,0	7,0	5,4	75 - 80,0	0,94	4,68
26	Bielawy	73,7	38,0	5,5	6,9	82 - 93,0	0,51	5,62
27	Piechcin	83,4	9,0	29,0	0,3	153 - 156,0 170 - 176,0	0,027	0,24
28	Piechcin	83,4	28,0	15,0	1,9	149 - 169,0	0,50	10,0
29	Piechcin	70,8	48,0	5,1	9,4	145 - 165,0	1,26	25,2
30	Piechcin	96,1	84,0	16,0	5,2	149 - 182,0	0,18	5,94

Objaśnienia symboli użytych w nagłówku jak w tab. 2.

W kopalni Wapienno udostępniono do tej pory następujące poziomy eksploatacyjne:

Wapienno-Zachód		Wapienno-Wschód	
poziom 1 a — o rzędnej	+76,5 m npm	poziom 1 o rzędnej	+82,0 m npm
poziom 1 b	+65,0 m npm	poziom 2	+59,0 m npm
poziom 2	+52,0 m npm	poziom 3	+41,0 m npm
poziom 3	+35,0 m npm	poziom 4	+35,0 m npm

W kopalni Bielawy zostały ustępnione następujące poziomy eksploatacyjne:

Bielawy-Zachód		Bielawy -Wschód	
poziom 1 a — rzędna:	+92,0 m npm	poziom 1 rzędna:	+80,0 m npm
poziom 1 b	+80,0 m npm;	poziom 2	+58,0 m npm
poziom 2	+55,0 m npm;	poziom 3	+38,0 m npm
poziom 3	+38,0 m npm;	poziom 4	+24,0 m npm
poziom 5	+14,0 m npm		

Zbierające się u podnóża ścian najniższych poziomów eksploatacyjnych wody są pompowane do rząpi, a następnie odprowadzane do rząpi centralnych obydwu kopalń (ryc. 1). Wody dołowe z rząpi centralnych są pompowane do zbiorników na powierzchni terenu. Wody te, zwane przemysłowymi, są wykorzystywane w kopalni Wapienno do chłodzenia urządzeń w cementowni, natomiast wody wypompowane z kopalni Bielawy wykorzystuje się do produkcji wapna hydratyzowanego Zakładu Wapienniczego.

Warunki hydrogeologiczne złoża powodują, że mimo znacznej

głębokości odkrywek (75–80 m) dopływy wód do wyrobisk są niewielkie. W ciągu roku średni dopływ do wyrobisk wynosi 2 487 380 m³. W tab. 6 podano objętość wody wypompowanej z kopalń: Wapienno i Bielawy w latach 1982–1994.

W sumie w latach 1982–1994 z kamieniołomów: Wapienno i Bielawy wypompowano 31,3 mln m³ wody, z czego 18,8 mln m³, czyli 60% przypadało na kamieniołom Wapienno. Średnio, w ciągu roku z kamieniołomu Bielawy wypompowuje się 1,04 mln m³, a w Wapienniu 1,5 mln m³ wody. Wartości te świadczą o słabym zawodnieniu kopalń. Wielkość dopływu wód do wyrobisk: Wapienno i Bielawy na tle rocznych sum opadów atmosferycznych (ryc. 6) nie wykazuje określonych tendencji zmian ilości pompowanych wód w czasie. Najmniej wód wypompowano w obydwu kopalniach w 1991 r. (ok. 2 mln m³), najwięcej zaś w 1982 r. (2,9 mln m³).

Wnioski

W rejonie Wapienna i Bielaw występują dwa piętra wodonośne: czwartorzędowe i jurajskie. Głównymi poziomami użytkowymi są: pod/lub międzymorenowego poziom oraz wody występujące w piaskach i piaskowcach jury środkowej. Wody podziemne z różnych warstw wodo-

Tab. 4. Zestawienie wartości składników hydrochemicznych wód czwartorzędowego poziomu wodonośnego.

element hydrochemiczny	zakres zmienności		średnie stężenie
	min	max	
sucha pozostałość (mg/dm ³)	390	502	445,7
twardość ogólna (mval/dm ³)	6,0	9,6	7,18
barwa (mg Pt/dm ³)	5	15	6,6
utlenialność (mg O ₂ /dm ³)	1,7	3,0	2,6
Ca ²⁺ (mg/dm ³)	108	128	118
Mg ²⁺ (mg/dm ³)	b.o.	b.o.	b.o.
Cl ⁻ (mg/dm ³)	9,0	31,0	20,8
SO ₄ ²⁻ (mg/dm ³)	35,0	87,6	57,7
NO ₂ ⁻ (mg/dm ³)	0,001	0,002	0,0015
NO ₃ ⁻ (mg/dm ³)	0,1	2,0	0,74
NH ₄ ⁺ (mg/dm ³)	n.w.	0,4	0,18
F ⁻ (mg/dm ³)	0,1	0,28	0,19
Fe og. (mg/dm ³)	0,5	6,0	2,1
Mn ²⁺ (mg/dm ³)	0,04	0,33	0,18

Tab. 5. Zestawienie wartości składników hydrochemicznych wód pochodzących z piaszczystych utworów jury środkowej.

element hydrochemiczny	zakres zmienności		średnie stężenie
	min	max	
sucha pozostałość (mg/dm ³)	322	490	380,7
twardość ogólna (mval/dm ³)	4,1	8,1	6,0
barwa (mg Pt/dm ³)	2	35	10,2
utlenialność (mg O ₂ /dm ³)	2,4	3,7	3,0
odczyn	7,0	7,5	7,2
Ca ²⁺ (mg/dm ³)	100,2	136,0	122,0
Mg ²⁺ (mg/dm ³)	3,6	20,9	11,6
Cl ⁻ (mg/dm ³)	6,0	32,0	16,0
SO ₄ ²⁻ (mg/dm ³)	1,0	56,8	19,2
NO ₂ ⁻ (mg/dm ³)	0,001	1,4	0,2
NO ₃ ⁻ (mg/dm ³)	0,1	2,0	1,2
NH ₄ ⁺ (mg/dm ³)	0,02	0,2	0,06
F ⁻ (mg/dm ³)	0,1	0,4	0,23
Fe og. (mg/dm ³)	0,05	3,8	1,7
Mn ²⁺ (mg/dm ³)	0,03	0,2	0,1

nośnych rejonu Wapienna i Bielaw wykazują podobieństwo pod względem mineralizacji, jak i składu jonowego. Są to, według klasyfikacji Szczukariewa, wody trój- i czterojonowe klasy 18 i 39 o suchej pozostałości nie przekraczającej 600 mg/dm³. Wody te formują się w strefie aktywnej wymiany wód. Niskie zawartości w wodach rejonu Wapienna i Bielaw jonów chlorkowego i sodowego wskazują na brak kontaktu tych wód z prawdopodobnie słonymi wodami głębszego podłoża.

Eksploracja wapieni i margli górnourajskich w odkrywkach Wapienna i Bielawy spowodowała powstanie lokalnej bazy drenażu. Pomimo dużej głębokości wyrobisk doły do kopalni wynosi tylko ok. 2,5 mln m³/r, tj. 285 m³/h. Wartości te wskazują na słabe zawodnienie utworów jury górnej, stąd zasięg oddziaływania kopalni jest niewielki.

Pomiary głębokości zwierciadła wód podziemnych w studniach kopanych i wierconych wykazują na stopniowe obniżanie się zwierciadła wód w utworach czwartorzędu i jury w ciągu ostatnich 40 lat. Obniżanie się zwierciadła wód

Tab. 6. Zestawienie ilości wypompowanych wód z kamieniołomów: Wapienna i Bielawy w latach 1982 - 1994 na tle średnich rocznych sum opadów.

rok	opady (mm)	ilość wypompowanych wód (m ³ /rok)	
		Wapienna	Bielawy
1982	292	1573800	1294900
1983	359	1623000	1243800
1984	480	1590700	1184300
1985	596	1410400	1148500
1986	500	1335500	b.d.
1987	656	1481100	1080800
1988	566	1453600	1301400
1989	292	1354000	1048200
1990	495	1281000	876100
1991	469	1281700	731200
1992	411	1478800	693800
1993	639	1334900	785300
1994	530	1628600	1084300

podziemnych w rejonie Wapienna i Bielaw nie wynika jedynie z prowadzonej działalności górniczej w tym rejonie, lecz jest następstwem zwiększonej eksploatacji wód podziemnych przez ujęcia, jak również zmian czynników klimatycznych, głównie niskich opadów w ostatnich 10. latach.

L i t e r a t u r a

- CZEPULIS K., LASKOWSKI K., SŁOMIŃSKI J., STEIN J. & WÓJCIK K. 1984 — Prz. Geofiz., 29: 345–357.
- DADLEZ M. & MAREK S. 1985 — [W:] Utwory jurajskie struktury Zalesia na Kujawach i ich znaczenie surowcowe: 11–183. Wyd. Geol. DEMBOWSKA J., 1959 — Kwart. Geol., 3: 286–295.
- GŁĄZEK J., MATYJA B.A., MERTA T. & WIERZBOWSKI A. 1992 — [W:] Mat. Seminarium Sedymentologicznego Poznań, 31 sierpień–2 września 1992. UAM Poznań.
- KAWALEC T. 1985 — [W:] Utwory jurajskie struktury Zalesia na Kujawach i ich znaczenie surowcowe.: 75–79. Wyd. Geol.
- KLECZKOWSKI A.S. 1988 — [W:] Materiały 4 Sympozjum nt. Aktualne problemy hydrogeologii cz. 3. Wyd. Inst. Morskiego, Gdańsk.
- KLECZKOWSKI A.S. 1990 — Mapa obszarów głównych zbiorników wód podziemnych (GZWP) w Polsce wymagających szczególnej ochrony, 1 : 500 000. CPBP 04.10.09 IHIGI AGH Kraków.
- KRAŻEWSKI S. 1966 — Stud. Soc. Sci. Torun., 6: 1–67.
- MAŁECKI J. 1973 — Zesz. Nauk. AGH, 361, Geol., 17: 98–113.
- MATYJA A. & WIERZBOWSKI A. 1981 — Kwart. Geol., 25: 513–526.
- MATYJA B., MERTA T. & WIERZBOWSKI A. 1985 — [W:] Utwory jurajskie struktury Zalesia na Kujawach i ich znaczenie surowcowe. Wyd. Geol.: 19–29.
- MATYJA B. & WIERZBOWSKI A. 1985 — [W:] Utwory jurajskie struktury Zalesia na Kujawach i ich znaczenie surowcowe. Wyd. Geol.: 30–35.
- MARCINIĄK M. & STELMACH W. 1991 — Wyznaczenie współczynnika filtracji w utworach jury i czwartorzędu, przy wykorzystaniu metody Paramex. MTM Poznań.
- Opady atmosferyczne, 1981 — IMGW, Warszawa.
- STELMACH M. 1990 — Ocena zasięgu leja depresji wywołanego eksploatacją surowców węglanowych w kopalni Bielawy i Wapienna, Maszynopis, Kombinat Cementowo-Wapienniczy w Wapienne.
- SZCZEPAŃSKI A. i in. 1990 — Prognozowanie rozwoju leja depresji wokół kopalni Bielawy — Wapienna, MTM Poznań.
- ZYDOROWICZ T. 1982 — Prz. Geol., 30: 598–601.