

Zmiany położenia zwierciadła wód podziemnych na obszarze Pradoliny Kaszubskiej

Mirosław Lidzbarski*

The changes of groundwater level in the Cashubian ice-marginal valley aquifer (northern Poland). Prz. Geol., 50: 717–722.

Summary. Groundwater of the Cashubian ice-marginal valley aquifer (MGB 110) has been intensively exploited since 70 years. This paper presents the results of analysis of groundwater level changes during two decades (1979–1999). The comprehensive analysis of data enabled the reconstruction of the level before exploitation of groundwater resources. The changes up to 6 m in comparison to the 1931 yr. level occur in the southern part of the Cashubian ice-marginal valley. Analysis of monthly groundwater level changes showed that in 1979–1992 water table decreased and then increased in 1993–1999. Natural groundwater regime characterizes intermediate groundwater type of fluctuation between continental and oceanic types (maximum — I/II, minimum — VIII). Amplitude of groundwater level fluctuations varies from 0,2 to 1,6 m.

Słowa kluczowe: groundwater level, hydrodynamics, monitoring, fluctuation of groundwater level

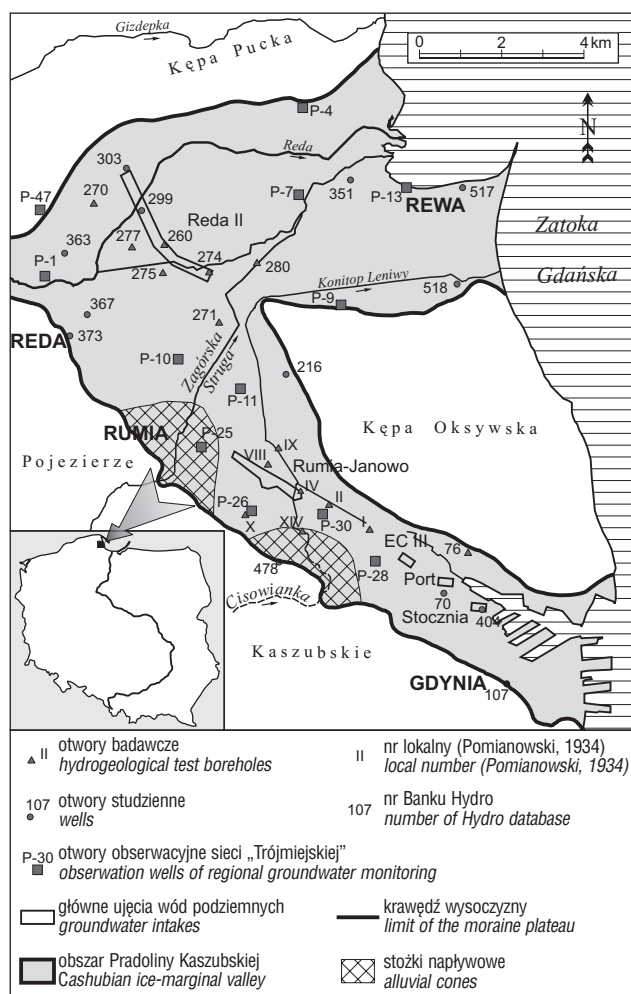
Osady Pradoliny Kaszubskiej stanowią jeden z najważniejszych, w piętrze czwartorzędowym zbiorników wód podziemnych (GZWP 110) w regionie gdańskim. Jej wyjątkowa zasobność została wykorzystana przy zaopatrzeniu w wodę do celów komunalnych i przemysłowych zespołu miejskiego Gdynia–Rumia–Reda. Intensywna eksploatacja prowadzona od ponad 70 lat spowodowała znaczne zmiany w dynamice wód podziemnych. Szczegółowa analiza danych archiwalnych pozwoliła autorowi na odtworzenie naturalnego zwierciadła wód podziemnych oraz powierzchni piezometrycznej z okresu maksymalnego poboru z lat: 1931, 1983–1985. Obecny stan zwierciadła został określany na podstawie zdjęcia hydrodynamicznego, wykonanego w okresie V–VI 2000 r. obejmującego pomiary w 55 piezometrach i nieczynnych studniach. Otrzymane wyniki zostały zweryfikowane w oparciu o model matematyczny obejmujący cały system wodonośny zlewni Redy i Zagórskiej Strugi (Kordalski & Lidzbarski, 2001). Interpretacja wyników wieloletnich obserwacji zwierciadła wód podziemnych umożliwiła określenie tendencji wieloletnich, rytmu wahań i zmienności sezonowych charakteryzujących wody podziemne na obszarze Pradoliny Kaszubskiej.

Położenie oraz warunki hydrogeologiczne obszaru badań

Pradolina Kaszubska, o powierzchni 73 km², jest położona w północnej części województwa pomorskiego. Zlokalizowane tutaj miasta: Gdynia, Rumia i Reda tworzą zwarty kompleks miejsko-przemysłowy obejmujący południową część obszaru badań (ryc. 1).

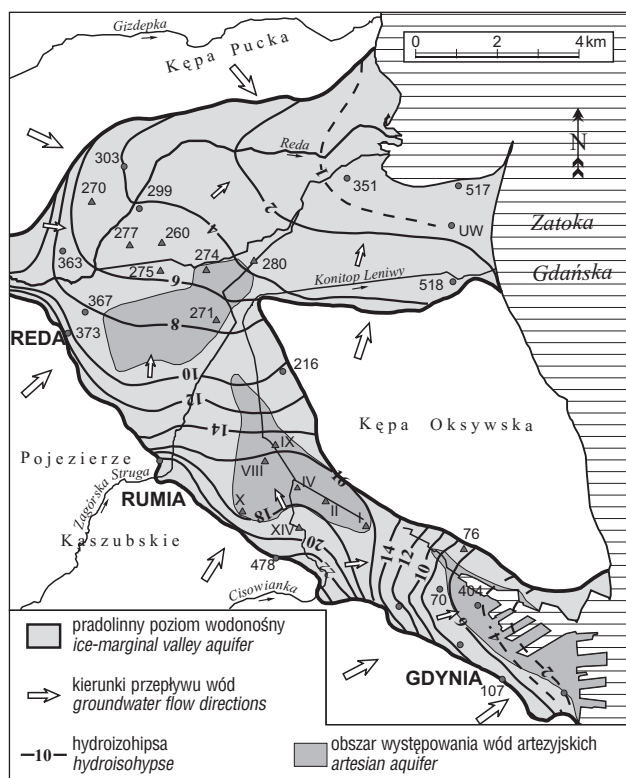
Występowanie wód podziemnych jest związane z utworami fluwiogłacjalnymi serii pradolinnej wypełniającymi obszar pradoliny. Zwierciadło wody, na ogół o charakterze swobodnym, zalega płytko pod powierzchnią terenu (od 0,5 do kilku metrów), z wyjątkiem obszarów stożków napływowych, gdzie występuje na głębokości kilkunastu metrów. Warstwę wodonośną o miąższości 25–40 m stanowią piaski różnoziarniste ze żwirami, których współczynnik filtracji wynosi na ogół 1–2 m/h. Wydajność potencjalna typowej studni przekracza 70 m³/h. Omawiany zbiornik

zasilany jest infiltracją bezpośrednią, dopływem lateralnym oraz przesączaniem wód z głębiej położonych poziomów wodonośnych: oligocenu i kredowej subniecki gdańskiej. Bazę drenażu stanowi brzeg morski, Reda, Zagórska Struga, Cisowianka oraz mniejsze ciek. Na obszarze stożków napływowych Zagórska Struga i Cisowianka częściowo oddają swe wody do warstwy wodonośnej (Wróbel, 1969).



Ryc. 1. Lokalizacja obszaru badań
Fig. 1. Location of the study area

*Państwowy Instytut Geologiczny, Oddział Geologii Morza, ul. Kościarska 5, 80-328 Gdańsk; mlidzbarski@pgi.gda.pl



Ryc. 2. Mapa zwierciadła wód podziemnych (stan z 1931 r.)
Fig. 2. Map of groundwater table (in 1931)

Do najstarszych ujęć, które powstały w okresie międzywojennym oraz w pierwszych latach powojennych, należą: „Rumia–Janowo”, „Jana z Kolna”, ujęcia Morskiego Portu Handlowego oraz liczne studnie zakładów przemysłowych. W latach siedemdziesiątych rozpoczęło eksploatację największe ujęcie — „Reda II” ($Q_e=2263$ m³/h). Łączna wartość zatwierdzonych zasobów eksploatacyjnych z utworów czwartorzędowych na obszarze Pradoliny Kaszubskiej wynosi obecnie 6000 m³/h.

Próba odtworzenia naturalnego stanu zwierciadła wód podziemnych

Punktem wyjścia przy ocenie zmian w położeniu zwierciadła wód podziemnych jest mapa jego stanu naturalnego. Na obszarze Pradoliny Kaszubskiej brakuje jednocześnie rozpoznania stanu zwierciadła z okresu poprzedzającego eksploatację wód podziemnych. Istnieją jednak wyniki pierwszych badań hydrogeologicznych pochodzących z okresu budowy portu i rozwoju miasta Gdyni z lat 1924–1935. Opublikowana wtedy mapa hydroizohips z rejonu Rumi, stanowi rezultat prac badawczych prowadzonych przez Pomianowskiego (1934). Rozpoznanie warunków hydrogeologicznych w północnej części pradoliny zostało podjęte na przełomie lat 1959–1960 (Wróbel, 1969). W oparciu o wyniki wyżej omówionych badań oraz informacji hydrologicznych, podjęto próbę ustalenia stanu naturalnego zwierciadła wód podziemnych. Efekt tych prac ilustruje ryc. 2, na której przedstawiono stan zwierciadła wód podziemnych zbliżony do naturalnego z okresu poprzedzającego ich eksploatację. Wody podziemne z tego okresu cechowała dynamika odmienna od obecnej. Wyraźny przebieg wododziału zaznaczał się w rejonie stożka

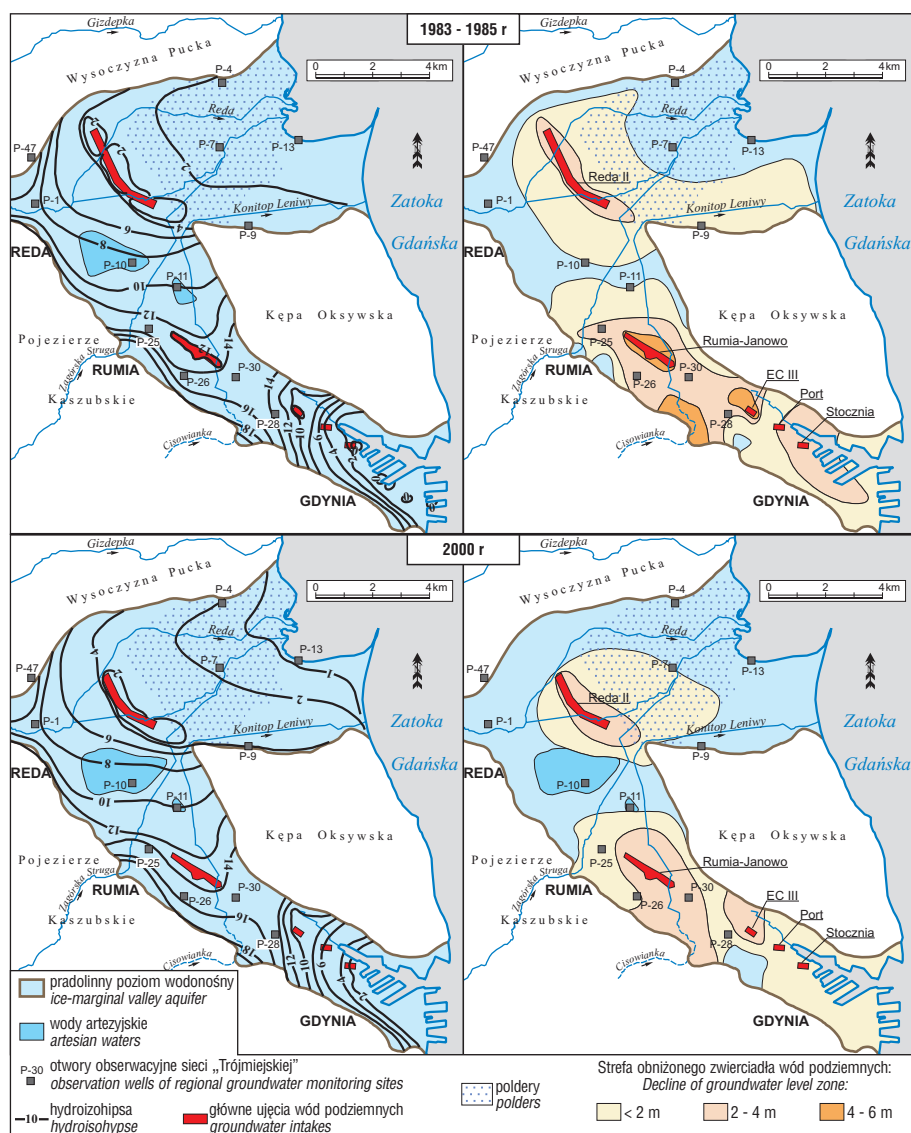
napływowego Cisowianki. Z tego miejsca brały początek dwa główne strumienie wód podziemnych. Jeden z nich zmierzał na północ ku ujściu Redy, drugi, znacznie krótszy, na południowy wschód do basenów portowych Gdyni. Kształt hydroizohips w rejonie stożków napływowych Zagórskiej Strugi i Cisowianki potwierdził infiltracyjny charakter tych cieków. Obszary występowania wód artezjskich pokrywały się z występowaniem przewarstwień utworów słaboprzepuszczalnych w warstwie wodonośnej lub szczelnej pokrywy utworów organicznych na powierzchni terenu.

Organizacja sieci obserwacyjnej zwierciadła wód podziemnych

Decyzją Urzędu Wojewódzkiego w Gdańsku w 1984 r. została zorganizowana stała sieć obserwacyjna zwierciadła wód podziemnych w rejonie Trójmiasta. Na obszarze Pradoliny Kaszubskiej obejmowała ona 11 piezometrów. Spośród nich punkty: P-1, P-4, P-9, P-10, P-11 i P-13 zostały zlokalizowane poza granicą oddziaływania ujęć, pozostałe — w obrębie znacznych obniżen zwierciadła wód podziemnych wywołanych długotrwałą eksploatacją. Punkt P-47 służył do obserwacji wód podziemnych w strefie krawędziowej Kępy Puckiej. Pomiary położenia zwierciadła wód podziemnych były wykonywane raz w miesiącu. W latach 1984–1989 obserwacje prowadziła Politechnika Gdańska oraz inne firmy. Od 1990 r. pomiary są kontynuowane są przez Państwowy Instytut Geologiczny Oddział Geologii Morza w Gdańsku. Należy dodać, że w okresie 1979–1983 w rejonie Pradoliny Kaszubskiej prowadzono ciągłą rejestrację położenia zwierciadła wód podziemnych w ok. 40 otworach obserwacyjnych. Obejmowały one również piezometry włączone w 1984 r. do sieci „Trójmiejskiej”. Wyniki prowadzonych obserwacji w okresie 1979–1999 obejmują ok. 240 pomiarów z każdego punktu obserwacyjnego. Charakterystykę i położenie punktów obserwacyjnych przedstawiono na ryc. 1 i w tabeli 1.

Zmiany w położeniu zwierciadła wód podziemnych

Największe zmiany w położeniu zwierciadła wód podziemnych zaobserwowano w drugiej połowie lat 80., kiedy pobór wód podziemnych pradolinowego poziomu wodonośnego przekroczył 4000 m³/h. Średnie stany zwierciadła wód podziemnych z tego okresu przedstawia ryc. 3. Opracowano je w oparciu o wyniki pomiarów z kilkudziesięciu otworów obserwacyjnych (Balcer i in., 1986). Porównując kształt hydroizohips ze stanem naturalnym stwierdza się, że zasadnicze kierunki przepływu wód podziemnych nie uległy zmianie. Tylko wokół dużych ujęć nastąpiło lokalne odwrócenie naturalnego kierunku przepływu wód podziemnych, co sygnalizuje kształt hydroizohips. Znacznie większe zmiany obserwuje się w położeniu zwierciadła wód podziemnych. Największe, trwałe obniżenia, zarejestrowano w rejonie ujęcia „Rumia–Janowo”, basenów portowych Gdyni oraz na stożku napływowym Cisowianki. Sięgają one tam nawet 5–6 m. Leże depresji wywołane pracą największych ujęć uległy połączeniu. Położenie zwierciadła wód podziemnych w północnej części pradoliny dodatkowo było stymulowane



Ryc. 3. Mapa zwierciadła wód podziemnych oraz zakres obniżenia w latach 1983–1985, 2000 year and drawdown of groundwater

pracą systemów polderowych. Najmniejsze zmiany (do 0,5 m) zanotowano poza granicami oddziaływania ujęć komunalnych: „Reda II” i „Rumia–Janowo” (P-10 i P-11) oraz w rejonie miasta Redy (P-1). Zasięg występowania wód artezyskich został znacznie zredukowany. Tylko w rejonie otworów: P-10 i P-11 wody podziemne stabilizowały się do 0,7 m nad poziomem terenu. Innym skutkiem obserwowanych obniżenia były zmiany w hydrografii. Wody Ciszowianki na stożku napływowym pojawiały się okresowo, a pod koniec lat 80. nastąpił ich trwały zanik.

Po roku 1993 eksploatacja wód podziemnych ulega systematycznemu zmniejszeniu. W ślad za tym obserwuje się wzrost zwierciadła wód podziemnych. Dotyczy to zwłaszcza południowej części Pradoliny Kaszubskiej, gdzie obniżenia zwierciadła wody były największe (ryc. 3) Na części obszaru nastąpił powrót zwierciadła do stanów pierwotnych.

Tendencje wieloletnie wahań zwierciadła wód podziemnych

Zmiany położenia zwierciadła wód podziemnych rejestrowane są w miesięcznym cyklu pomiarowym. Analizę obserwowanych zmian przedstawiono w nawiązaniu do średnich stanów rocznych. Przedstawiono je na ryc. 4, którą uzupełniono także

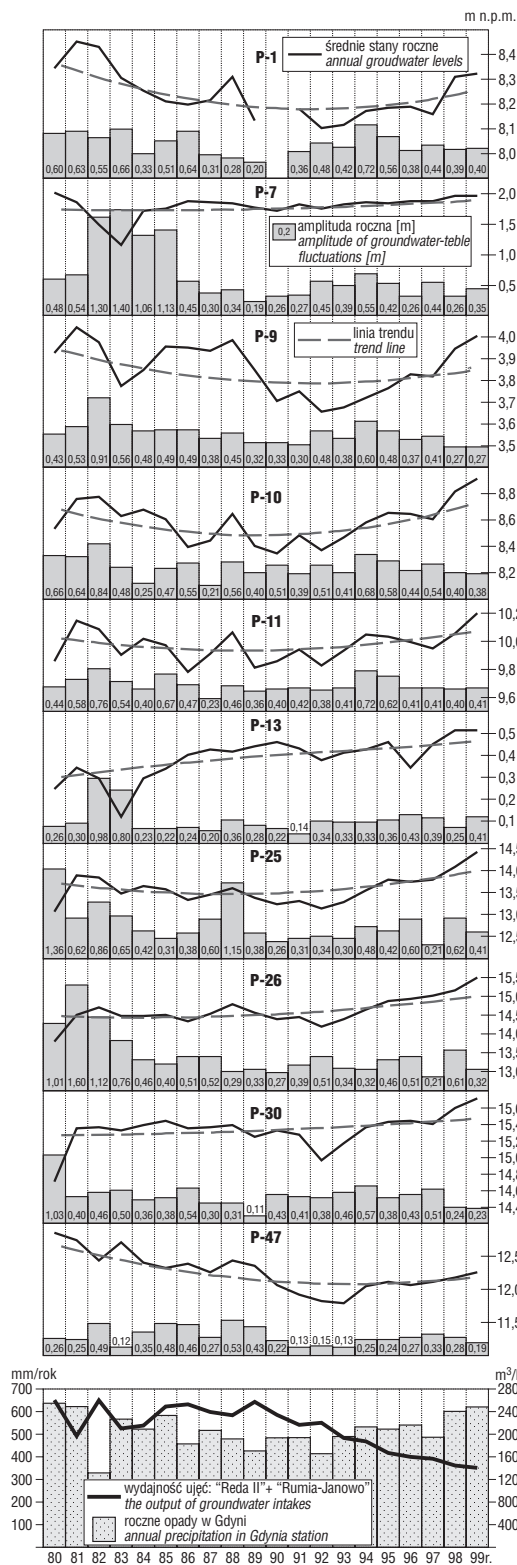
Tabela 1. Ogólna charakterystyka hydrogeologiczna punktów obserwacyjnych
Tab. 1. Hydrogeological characteristics of the observation wells

Nr punktu miejscowości	Rzędna terenu	Głęb. otworu	Warstwa wodonośna		Strefa zafiltrowania [m] od-do	Głębokość zwierciadła [m]	
			Strop [m] p.p.t.	Spąg [m] p.p.t.		Stan początkowy rok	Stan obecny m-c i rok
P-1 Reda	10,3	19,3	2,0	18,0	14,0–18,0	2,0 (1978)	1,9 (XII 1999)
P-4 Mrzezino	1,9	16,6	4,5	14,0	10,0–14,0	0,2 (977)	0,7 (XII 1999)
P-7 Mrzezino	1,4	30,0	19,5	>30,0	22,5–26,5	+ 0,3 (1978)	0,6 (XII 1999)
P-9 Kazimierz	10,2	20,7	6,5	>20,7	15,5–19,5	6,5 (1978)	6,0 (XII 1999)
P-10 Rumia	7,9	20,8	12,0	>20,8	14,7–18,7	+ 0,4 (1978)	+1,1 (XII 1999)
P-11 Rumia	10,2	31,0	0,5*	26,0	21,5–25,5	0,5 (1978)	0,0 (XII 1999)
P-13 Rewa	0,7	31,0	2,4*	28,1	18,0–28,0	0,4 (1977)	0,0 (XII 1999)
P-25 Rumia	21,2	40,0	0,5	>40,0	33,0–38,0	5,0 (1930)**	7,0 (XII 1999)
P-26 Rumia	14,7	40,0	8,0	>40,0	33,0–38,0	+3,5 (1930)**	+0,8 (XII 1999)
P-28 Gdynia	20,9	37,0	5,4	>37,0	33,5–36,5	5,0 (1930)**	6,0 (VI 1998)
P-30 Gdynia	16,1	30,0	1,0*	>30,0	26,5–29,5	+2,0 (1930)**	0,4 (XII 1999)
P-47	34,8	131,5	104,0	129,0	115,0–125,0	21,0 (1977)	22,2 (XII 1999)

* istnieją przewarstwienia utworów nieprzepuszczalnych w warstwie wodonośnej, ** pomiary z otworów badawczych z 1931 r. (Pomianowski, 1934), + zwierciadło wody stabilizuje nad teren

wysokością opadów atmosferycznych rejestrowanych na stacji IMiGW w Gdyni oraz przebiegiem eksploatacji wód podziemnych na dwóch największych ujęciach komunalnych: „Reda II” i „Rumia”.

Najniższe stany wystąpiły w 1980 r. oraz w okresie 1990–1993. Wynikały one z rekordowego poboru wód



Ryc. 4. Wykresy średnich rocznych stanów i amplituda wahań zwierciadła wód podziemnych w wybranych otworach obserwacyjnych

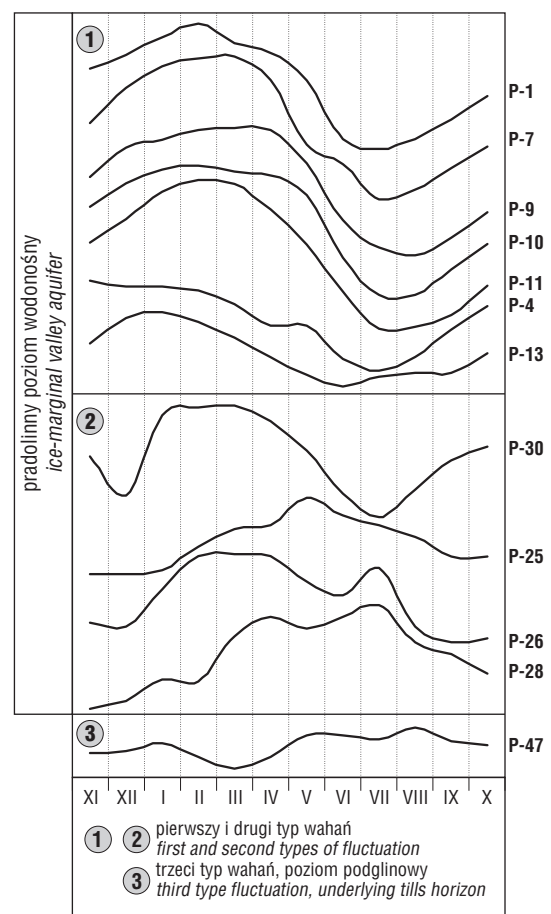
Fig. 4. Mean annual groundwater levels and annual amplitude of groundwater-table fluctuation in the selected observation wells

podziemnych, którego maksimum wystąpiło na przełomie lat 1989–1990. Okres ten cechowały również niskie opady atmosferyczne, co nasiliło proces regresji stanów zwierciadła wód podziemnych. W rejonie piezometrów P-7 i P-13 najniższe stany wystąpiły w 1983 r. Zaznaczył się wtedy wpływ prac odwodnieniowych prowadzonych w Rewie pod przyszłe składowisko popiołów z EC III Gdyni (Balcer i in., 1986).

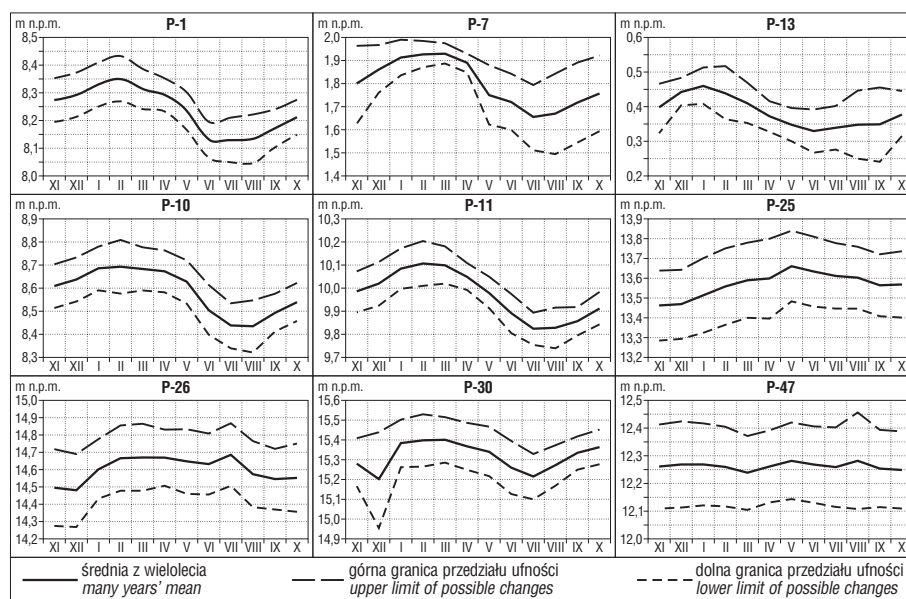
Od 1993 roku następuje proces stopniowego podnoszenia się zwierciadła wód podziemnych. Zaznacza się on w każdym z obserwowanych piezometrów. Z biegiem lat jego tempo nasiliło się i obecnie wynosi: od 0,2 do 0,6 m w ciągu roku. W 1999 r. zarejestrowano najwyższe stany z całego okresu obserwacji. Przyczyną analizowanego zjawiska jest systematycznie malejący pobór wód podziemnych oraz rosnąca wartość opadów atmosferycznych (zwłaszcza w ostatnich latach).

Omówione zmiany położenia zwierciadła wód podziemnych potwierdzają również tendencje wieloletnie wyrażone za pomocą linii trendów. Charakterystyczny kształt tej krzywej potwierdza przedstawioną analizę z wyjątkiem piezometrów P-7, P-13 i P-30, które wyróżnia stały wzrost położenia zwierciadła wód podziemnych obserwowany w analizowanym okresie.

Zakres obserwowanych zmian w położeniu zwierciadła wód podziemnych najlepiej wyraża amplituda z wielolecia. Maksymalne wartości przyjmuje w południowej części Pradoliny Kaszubskiej — do 2,5 m (P-26, P-28, P-30), gdzie wpływ ujęć na stany wód podziemnych zana-



Ryc. 5. Typy wahań wód podziemnych
Fig. 5. Groundwater fluctuation types



Ryc. 6. Średnia stanów zwierciadła wody i granice możliwych zmian w wybranych otworach obserwacyjnych
 Fig. 6. Annual mean water level and limits of possible changes in the selected observation wells

czył się najbardziej. Natomiast w otworach: P-1, P-10, P-11 zakres tych zmian nie przekraczał 1,1 m. Można zatem przyjąć, że średnia amplituda (z wielolecia 1980–1999) naturalnego reżimu wahań zwierciadła wód podziemnych na obszarze Pradoliny Kaszubskiej wynosi ok. 1,1 m.

Analizując przebieg zmian w położeniu zwierciadła wód podziemnych zauważamy występowanie cyklu 3–4 — letniego. Jego obecność można wiązać z rytmem opadów atmosferycznych. Trudno wyodrębnić dłuższe cykle, z uwagi na zbyt krótki okres obserwacji.

Zmienność sezonowa wahań zwierciadła wód podziemnych

Częstotliwość prowadzonych pomiarów (jeden pomiar w ciągu miesiąca) nie pozwala na pełną analizę rytmu wahań zwierciadła wód podziemnych w ciągu roku hydrologicznego. Jest ona jednak możliwa w cyklu wieloletnim. Na podstawie średnich miesięcznych opracowano wykresy stanów zwierciadła wód podziemnych z wielolecia 1980–1999. Po przyjęciu odpowiedniej skali, ułatwiającą czytelność powstałych krzywych, możemy określić typ wahań wód podziemnych (ryc. 5). Kształt wykresów zgrupowanych w górnej części ryciny wyróżnia znaczne podobieństwo. Zachodzące zmiany, w rocznym rytmie wahań, przejawiają się wysokimi stanami na wiosnę i trwającą regresją w ciągu lata. Taka powtarzalność i czas trwania stanów ekstremalnych cechuje naturalny rytm wahań zwierciadła wód gruntowych, kształtowanych głównie opadami atmosferycznymi. W piezometrach: P-1, P-4, P-10 i P-11 stany maksymalne występują w styczniu i lutym, a minimalne w lipcu i stanowią pośredni typ wahań między kontynentalnym a oceanicznym. Natomiast w piezometrach: P-7 i P-9 maksimum stanów przypada w marcu, a minimum w miesiącu lipcu lub sierpniu, co odpowiada kontynentalnemu typowi wahań. Omawiana grupa piezometrów reprezentuje obszar Pradoliny Kaszubskiej, gdzie wody podziemne zachowały naturalny reżim hydrogeologiczny, nie zaburzone eksploatacją (pierwszy typ wahań na ryc. 5). Noto-

wania stanów typowych w piezometrze P-13 nieco odbiegają od pozostałych — są stymulowane sąsiedztwem wód Zatoki Puckiej.

Odmienne rytm wahań cechuje wody podziemne, będące pod wpływem dużych ujęć i stałych drenaży budowlanych, gdzie występuje trwałe obniżenie zwierciadła wód podziemnych. Stany ekstremalne są wypadkową zmiennego poboru. W rezultacie krzywe obrazujące wahania wód podziemnych są nieregularne, a ich kształt jest często odwrócony w stosunku do naturalnego: P-25, P-26 i P-28 (drugi typ wahań).

Wahania wód podziemnych w piezometrze P-47 odbiegają swym rytmem od wcześniej omawianych. Są nieregularne, bez wyraźnych stanów ekstremalnych i nie wykazują związku z rocznym cyklem opadów atmosferycznych. Charakteryzują one reżim wód podziemnych izolowanych kompleksem utworów słaboprzepuszczalnych, stymulowany głównie dopływem lateralnym.

Możliwy zakres zmian w położeniu zwierciadła wód podziemnych na obszarze Pradoliny Kaszubskiej został określony poprzez wyznaczenie przedziałów ufności. Obliczenia stanów średnich oraz ich przedziały estymacyjne dokonano w oparciu o metodykę sprawdzoną dla innych obszarów Polski (Malinowski & Przytuła, 1991). Wyniki obliczeń dla wybranych piezometrów zostały przedstawione na ryc. 6. Kształt krzywych, odpowiadających skrajnym stanom, przy 95% prawdopodobieństwie występowania, jest na ogół zbliżony do krzywych obrazujących stany średnie. Niewielkie odstępstwa można zauważyć w rejonie piezometrów:

- P-13, gdzie wahania wód podziemnych stymulowane są stanami morza;
- P-26, P-30 spowodowane nieregularnością poboru wód podziemnych;
- P-47 ograniczonym udziałem zasilania bezpośrednią infiltracją opadów.

Ważnym parametrem określającym reżim wód podziemnych jest roczna amplituda wahań zwierciadła wód podziemnych. Na obszarze Pradoliny Kaszubskiej zależy ona w głównej mierze od warunków klimatycznych, reten-

cji poziomu wodonośnego oraz wielkości poboru wód podziemnych. Wpływ eksploatacji wód podziemnych na wielkość amplitudy rocznej najlepiej ilustruje ryc. 4. Pierwsze lata obserwacji (1980–1983) cechowało znaczne zróżnicowanie poboru na ujęciach komunalnych. Czynniki dodatkowo aktywizującymi dynamikę wód podziemnych było długotrwałe odwodnienie w Rewie oraz wyjątkowo niskie opady w 1982 r. Efektem współdziałania wymienionych czynników były największe wartości rocznej amplitudy (od 0,7 do 1,6 m) obejmujące: rejon Rewy (P-7 i P-13), otoczenia ujęcia „Reda II” (P-9) oraz południowe ramię Pradoliny Kaszubskiej (P-25, P-26, P-30). W następnym okresie (1984–1999) roczny zakres wahań ustabilizował się a różnice między poszczególnymi latami zmniejszyły się. Wyjątkiem jest rejon piezometrów P-25, P-26, P-30, gdzie warunki hydrodynamiczne są najbardziej zmienione.

Uśredniając analizowane dane możemy stwierdzić, że na obszarze Pradoliny Kaszubskiej wartości amplitudy rocznej oscylowały między 0,35 a 0,55 m. Najmniejsze roczne amplitudy w obserwowanych piezometrach miały zbliżoną wartość ok. 0,2 m. Natomiast maksymalne wartości cechuje znaczne zróżnicowanie: od 1,0 do 1,6 m w południowej części pradoliny oraz 0,6–1,0 na pozostałym obszarze. Piezometry: P-1, P-10 i P-11 są zlokalizowane w tej części Pradoliny Kaszubskiej, gdzie warunki hydrodynamiczne są najbardziej zbliżone do naturalnych. Średnia wartość amplitudy rocznej wynosi tutaj ok. 0,5 m. Dlatego możemy ją uznać za typową dla naturalnego rytmu wahań zwierciadła wód podziemnych na obszarze Pradoliny Kaszubskiej. Natomiast zakres możliwych zmian wynosi od 0,2 do 0,8 m.

Stosunkowo niska wartość średniej amplitudy rocznej, w porównaniu do innych otwartych zbiorników wód podziemnych (Chełmicki, 1990; Malinowski, 1993), jest spowodowana dużą retencją pradolinowego poziomu wodonośnego oraz znacznym udziałem zasilania lateralnego i ascenzji z głębszych poziomów wodonośnych (Kordalski & Lidzbarski, 2001). Czynniki te ograniczają amplitudę wahań zwierciadła wód podziemnych.

Podsumowanie i wnioski

1. Odtworzenie naturalnego stanu położenia zwierciadła wód podziemnych na obszarze Pradoliny Kaszubskiej pozwoliło na określenie zakresu zmian w dynamice wód podziemnych. Największe obniżenia zwierciadła wód podziemnych nastąpiły w latach 1980–1990 i obejmowały prawie cały obszar pradoliny. Maksymalnie sięgały 6 m poniżej stanów naturalnych. Wynikały one z intensywnego poboru wód podziemnych przekraczającego okresowo $4000 \text{ m}^3/\text{h}$.

2. W warunkach niezaburzonych eksploatacją wód podziemnych roczny rytm wahań zwierciadła wód podziemnych cechuje typ pośredni między oceanicznym a

kontynentalnym z maksimum stanów w lutym i minimum w lipcu. Naturalny reżim wahań zwierciadła występuje w północnej części Pradoliny Kaszubskiej (z wyjątkiem rejonu ujęcia „Reda II”), gdzie średnia roczna amplituda waha się między 0,2 a 0,8 m. Na pozostałym obszarze roczny rytm wahań jest znacznie zaburzony trwale zmienionymi warunkami hydrodynamicznymi. W rezultacie roczna amplituda wahań wynosi od 0,6 do 1,6 m. W bezpośrednim sąsiedztwie brzegu morskiego dynamika wód podziemnych jest stymulowana stanami wód w Zatoce Puckiej. Roczna amplituda nie przekracza 0,5 m.

3. W ostatniej dekadzie obserwuje się proces stałego podnoszenia się zwierciadła wód podziemnych pradolinowego poziomu wodonośnego. Spowodowany jest on zmniejszającym się poborem wód podziemnych oraz rosnącą wartością opadów atmosferycznych. W wyniku tego na części obszaru Pradoliny Kaszubskiej nastąpił powrót zwierciadła wód podziemnych do stanów naturalnych. Obecna tendencja może mieć jednak charakter przejściowy, z uwagi na prognozowany rozwój regionu i związane z tym zwiększone zapotrzebowanie na wody podziemne.

Literatura

- BALCER M., OZON-GOSTKOWSKA E., JANIK B., LIDZBARSKI M., NOWAK B., RUSIŁOWICZ R. & SUKOWSKA K. 1986 — Dokumentacja zasobów wód podziemnych z utworów czwartorzędowych zlewni Redy i Zagórskiej Strugi. Arch. Przedsięb. Geol. w Warszawie, Zakład w Gdańsku.
- CHELMICKI W. 1989 — Wybrane metody oceny wahań zwierciadła wód podziemnych. Prz. Geograf., 66: 63–75.
- CHELMICKI W. 1990 — Antropogeniczne zmiany zwierciadła wód gruntowych w Polsce. Prz. Geograf., 62: 75–94.
- LIDZBARSKI M. 1994 — Dokumentacja hydrogeologiczna głównego zbiornika wód podziemnych nr 110 — Pradolina Redy. Arch. Przedsięb. Hydrogeolog. Gdańsk.
- KORDALSKI Z. & LIDZBARSKI M. 2001 — Studium stanu rozpoznania warunków zasilania i drenażu wód podziemnych na obszarze zlewni Redy i Zagórskiej Strugi. Arch. Państw. Inst. Geol. Oddz. Geol. Morza w Gdańsku.
- MALINOWSKI J. 1993 — Variation of groundwater table in Roztocze and problems of its hydrogeological evaluation. Kwart. Geol., 37: 609–630.
- MALINOWSKI J. & PRZYTUŁA E. 1991 — Metodyczne zasady interpretacji wahań zwierciadła wód podziemnych niecki lubelsko-radomskiej. Kwart. Geol., 35: 235–250.
- ORŁOWSKI R. 1998 — Mapa hydrogeologiczna Polski w skali 1 : 50 000, ark. Rumia, (15). Państw. Inst. Geol.
- PAZDRO Z. & KOZERSKI B. 1990 — Hydrogeologia ogólna. Wyd. Geol.
- POMIANOWSKI K. 1934 — Wodociągi i kanalizacja miasta Gdyni. Prz. Tech., 19–20: 1–6.
- SADURSKI A. 1989 — Górnokredowy system wód podziemnych Pomorza Wschodniego. Zesz. Nauk. AGH Kraków, Zesz., 46: 1–140.
- UŚCINOWICZ S. 1991–1999 — Sprawozdanie z obserwacji wód podziemnych w rejonie Trójmiasta i monitoringu jakości wód podziemnych woj. gdańskiego w roku 1991, 1992, 1993, 1994, 1995, 1996, 1997, 1998, 1999. Państw. Inst. Geol., Oddz. Geol. Morza.
- WRÓBEL B. 1969 — Stosunki wodne zlewni Redy i Zagórskiej Strugi. Wyd. IBW PAN. Warszawa–Poznań.