

Marian PEREK

Kształtowanie się zwierciadła wód gruntowych na warszawskim odcinku Wisły

Kształtowanie się zwierciadła wód gruntowych na warszawskim odcinku doliny Wisły analizowano w warunkach ekstremalnych. Główny wpływ mają przede wszystkim zmienne stany Wisły, a na terenie Warszawy również urbanizacja. Zasięg wpływu Wisły na wahania zwierciadła wód gruntowych jest zmienny. Wpływ ten znacznie ogranicza zwarta zabudowa miejska. Dwukrotnie zmniejszają się wieloletnie amplitudy wahań zwierciadła w stosunku do terenów nie zurbanizowanych. Trwałe obniżenie zwierciadła wód gruntowych pod wpływem urbanizacji ocenia się średnio na ok. 0,4 m. Nie obserwuje się wyraźnych korelacji stanów zwierciadła wód gruntowych z opadami atmosferycznymi.

WSTĘP

Na terenach warszawskiego odcinka doliny Wisły wielokrotnie prowadzono badania dynamiki pierwszego zwierciadła wód gruntowych w piaszczysto-żwirowych osadach czwartorzędowych dla potrzeb stopni wodnych, projektowanych przez CBS i PBW "Hydroprojekt". Badania te koncentrowały się w wybranych studniach gospodarskich i piezometrach, rozmieszczonych na przekrojach prostopadłych do Wisły i Narwi.

Codzienne pomiary stanów zwierciadła wód gruntowych prowadzono w latach 1963 i 1964 w obszarze przyległym do pierwotnej koncepcji lokalizacji stopnia "Warszawa – Północ", między Nowym Dworem Maz. i Mostem Śląsko-Dąbrowskim w Warszawie. Pomiarami objęto również wschodnią część Puszczy Kampinoskiej oraz tereny wzdłuż Narwi i Kanału Żerańskiego.

Cotygodniowe pomiary zwierciadła wód gruntowych dla projektowanego stopnia "Warszawa-Południe" wykonano natomiast na terenach doliny między Siekierkami i

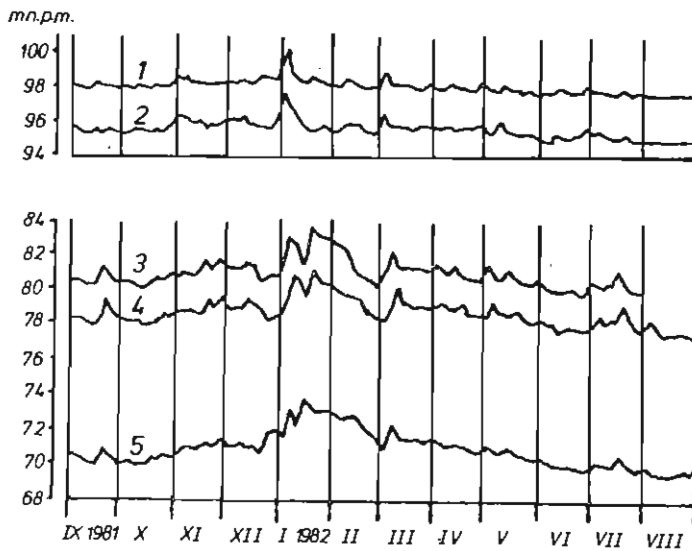


Fig. 1. Wykresy wahań zwierciadła wód rzecznych

Wodowskazy: 1 — Świder, Wólka Mładzka; 2 — Jeziorka, Piaseczno; 3 — Wisła, Nadwilanówka (przy ujściu Wilanówki); 4 — Wisła, Warszawa; 5 — Wisła, Modlin

Diagram of the fluctuations of river water levels

Water level indicators: 1 — Świder River near Wólka Mładzka; 2 — Jeziorka River near Piaseczno; 3 — Vistula River, at the mouth of Wilanówka River; 4 — Vistula River, Warsaw; 5 — Vistula River near Modlin

Górą Kalwarią w 1969 r. Obserwacje dla wspomnianych stopni wodnych nie objęły jednak całego terenu zwartej zabudowy miejskiej, zwłaszcza Pragi. Dopiero przystąpienie "Hydroprojektu" do opracowania nowej koncepcji lokalizacji stopni wodnych "Karczew", "Warszawa-Siekierki", "Warszawa-Śródmieście" i "Cząstków" (W. Ambrożewicz i in., 1982) pozwoliło na wykonanie od 1.09.1981 do 31.08.1982 r. cotygodniowych pomiarów stanów zwierciadła wód gruntowych na całym obszarze warszawskiego odcinka doliny Wisły.

Uzyskane wyniki posłużyły do opracowania map hydroizohips w skali 1:25 000, ilustrujących dynamikę stanów ekstremalnych zwierciadła wód gruntowych w dowiązaniu do stanów wód rzecznych, a także prognoz wpływu spiętrzeń wód w zbiornikach projektowanych stopni na kształtowanie się zwierciadła wód gruntowych na terenach przyległych.

Bogaty materiał uzyskany z badań pozwolił również przeanalizować wpływ urbanizacji na dynamikę zwierciadła wód gruntowych. Kontynuując ten temat (M. Perek, 1989) w dniach 12–16 października 1987 dokonano jednorazowych pomiarów stanu niskiego zwierciadła wód gruntowych.

Na warszawskim odcinku doliny Wisły powstało po 1955 r. wiele nowych osiedli mieszkaniowych: Wilanów, Stegny, Marymont, Zbytki, Gocław, Grochów, Zacisze, Targówek, Bródno i Tarchomin. Wybudowano tam również sporo zakładów przemysłowych oraz elektrociepłownię na Siekierkach i Żeraniu. Ponadto przewiduje się budowę nowych osiedli na Pradze, położonych w dwóch kierunkach — północnym do

Legionowa i południowym do ujścia Świdra. W przyszłości przebiegać tu będą kolejne trasy metra. Roboty ziemne i związane z nimi odwodnienia dla tych przedsięwzięć spowodują trwale zakłócenia w dotychczasowej dynamice zwierciadła wód gruntowych.

Prawobrzeżnymi dopływami Wisły są: Narew, Świder, Kanał Gocławski i Kanał Buchnik. Z Wisłą łączy się Kanał Żerański, w którym depresyjny poziom wody utrzymywany jest przez zapórę czołową w Dębem na Narwi, a od strony Wisły przez służę na Żeraniu. Lewobrzeżnym dopływem Wisły jest Jeziorka, której ujściowy odcinek — zwany Wilanówką — płynie po tarasie zalewowym Wisły.

WARUNKI HYDROGEOLOGICZNE

Czwartorzędowy poziom wodonośny tworzą piaski o różnej granulacji, żwiry i otoczaki pochodzenia rzecznego, rzecznołodowcowego, zastoiskowego i eolicznego. Na północ od Burakowa i Choszczówki dolina część tego poziomu wodonośnego jest przewarstwiona ilami i pyłami zastoiskowymi oraz glinami zwałowymi.

Miąższość osadów czwartorzędowych poziomu wodonośnego jest bardzo zróżnicowana i ściśle uzależniona od konfiguracji erozyjno-glacitektonicznego stropu podłoża pstrych ilów plioceńskich. Na odcinku doliny Wisły między Siekierkami i Burakowem miąższość osadów czwartorzędowych wynosi 6–12 m, w kierunku Góry Kalwarii wzrasta do ok. 50 m, a w rynnach erozyjnych, które również występują na terenie Pragi, do ok. 110 m. W kierunku północnym miąższość osadów czwartorzędowych wzrasta osiągając u ujścia Narwi 96 m (M.Perek, 1970).

Na całym rozpatrywanym odcinku doliny Wisły zwierciadło wód gruntowych w osadach piaszczysto-żwirowych jest swobodne i nachylone ogólnie ku Wiśle. W miejscach występowania namulów i osadów spoistych pochodzenia rzecznego może wystąpić nieznaczny napór. W obrębie tarasu zalewowego wysoki stan zwierciadła wód gruntowych znajduje się przeważnie na głęb. 0,5–1,5 m, a w jego obniżeniach okresowo na powierzchni terenu. W obszarze tarasu nadzalewowego wysoki stan zwierciadła notowany jest najczęściej na głęb. 2,0–4,0 m, natomiast w rejonach wydmych na głęb. 3–18 m w zależności od wysokości wydmy.

DYNAMIKA ZWIERCIADŁA WÓD GRUNTOWYCH

Kształtowanie się zwierciadła wód gruntowych w osadach czwartorzędowych doliny Wisły między Nowym Dworem Maz. i Górą Kalwarią przeanalizowano na podstawie wyników cotygodniowych pomiarów (1.09.1981–31.08.1982) w 54 studniach gospodarskich i 30 piezometrach rozmieszczonych na 14 przekrojach prostopadłych do koryta Wisły oraz luźno. W artykule przytoczono tylko 4 z charakterystycznymi stanami ekstremalnymi zwierciadła wód gruntowych.

Przy interpretacji uwzględniono także wyniki pomiarów stanów wód Wisły, Świdra i Jeziorki na wodowskazach w Modlinie, Warszawie, Nadwilanówce, Wólce

Tabela I

Sumy miesięcznych opadów atmosferycznych w mm (1.09.1981–31.08.1982 r.)

Stacja opadowa	IX	X	XI	XII	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	Suma opadów
Góra Kalwaria	37,4	68,0	69,0	70,5	30,9	7,9	7,9	40,2	41,9	109,7	68,8	59,5	611,7
Swider	44,2	59,8	73,4	79,7	38,3	7,4	11,5	41,3	55,2	103,3	41,7	53,0	601,8
Warszawa-Kabaty	37,8	62,5	60,8	68,3	35,0	7,0	8,4	37,9	86,1	89,9	28,6	61,0	583,3
Warszawa-Bielany	38,3	67,4	69,7	63,5	31,4	5,1	7,7	39,1	81,1	88,7	16,8	65,0	573,8
Legionowo	38,7	57,5	57,7	52,2	33,2	6,8	7,4	36,6	48,6	91,2	28,6	56,5	515,0

Młazkiej i Piasecznie (fig. 1) oraz opadów atmosferycznych w 5-ciu stacjach pomiarowych rozmieszczonych od Góry Kalwarii do Legionowa (fig. 10). Roczne sumy opadów atmosferycznych mieszczą się w granicach średnich z wielolecia, mimo że w 1982 r. panowała susza (tab. 1).

Dokonano też analizy porównawczej wysokiego i niskiego stanu zwierciadła wód gruntowych z okresu 1981–1982 z analogicznymi stanami z lat 1963, 1964 i 1969 dla obszarów poprzednich lokalizacji projektowanych stopni wodnych "Warszawa-Północ" i "Warszawa-Południe". Z porównań tych wynika, że na obszarach bezpośrednio przyległych do Wisły — między Nowym Dworem Maz. i Młocinami — stan niski i wysoki zwierciadła wód gruntowych z okresu 1981–1982 był wyższy o 0,01–1,02 m w stosunku do stanów analogicznych z lat 1963 i 1964, natomiast we wschodniej części Puszczy Kampinoskiej, Legionowa i Skrzyszewa odwrotnie — niższy o 0,03–0,65 m.

Między Wilanowem i Górą Kalwarią stan wysoki z okresu 1981–1982 był wyższy o 0,03–1,63 m, a stan niski był przeważnie niższy o 0,06–1,27 m w stosunku do analogicznych stanów z 1969 r.

W obrębie Warszawy wraz z upływem czasu zachodzą poważne zmiany w kształtowaniu się zwierciadła wód gruntowych. W wielu rejonach zwierciadło jest antropopresyjnie trwale obniżone. Podobne zmiany, choć w mniejszym stopniu, nastąpiły na terenach przyległych w wyniku polepszenia drożności rowów melioracyjnych i kanałów.

Na tarasie zalewowym i częściowo nadzalewowym zachodzi stała współzależność wahań zwierciadeł między wodami gruntowymi i wodami Wisły, szczególnie w strefie przybrzeżnej. Związek ten uwiadcza się na wykresach sporządzonych

Tabela 2

Charakterystyczne stany wód Wisły w przekrojach hydrogeologicznych

Stan wód Wisły	Okres pomiarów	Rzędne stanów wód Wisły na przekrojach hydrogeologicznych w m n.p.m.			
		I	II	III	IV
Najwyższy z maksymalnych	1955–1981	78,11	81,43	84,70	88,12
Średni z maksymalnych		76,37	79,57	82,77	86,27
Średni		73,35	76,46	79,65	83,38
Średni z minimalnych		72,19	75,33	78,56	82,39
Najniższy z minimalnych		71,60	74,75	77,89	81,88
Wysoki	1.09.1981–31.08.1982	76,41	79,33	82,30	85,80
Niski		72,19	75,28	78,46	82,29
Niski	12.10.1987–16.10.1987	–	75,60	79,20	80,90

Tabela 3

Strefy wpływu Wisły na wahania zwierciadła wód gruntowych

Odcinek doliny Wisły	Zasięg wpływu Wisły na wahania zwierciadła wód gruntowych od wału przeciwpowodziowego	
	lewy brzeg Wisły	prawy brzeg Wisły
Nowy Dwór Maz. — Kanał Żerański	700–3000	450–2350
Kanał Żerański – Wilanów	100–1750	300–1550
Wilanów – Góra Kalwaria	200–1350	300–2070

dla punktów obserwacyjnych, rozmieszczonych na terenach bezpośrednio przyległych do koryta Wisły (M.Perek, 1989).

W przeważającym okresie roku koryto Wisły ma charakter drenujący, podobnie jak Wilanówka i Świder, natomiast Kanał Żerański i Kanał Gocławski mają stabilny wpływ na wody gruntowe.

Kształtowanie się zwierciadła wód gruntowych w warunkach ekstremalnych zilustrowano na mapach hydrogeologicznych w postaci hydroizohips stanu wysokiego (fig. 3) i niskiego (fig. 4), a także na przekrojach (fig. 5–8) i tab. 2. Na obszarach zabudowy miejskiej mapy te przedstawiają jednak uogólniony obraz zmian dynamiki zwierciadła wód gruntowych z powodu zbyt rzadkiej sieci obserwacyjnej.

Między Nowym Dworem Maz. i Kanałem Żerańskim wysokie położenie zwierciadła wód gruntowych jest odpowiednikiem średniego z wielolecia stanu maksymalnego Wisły. Na pozostałym odcinku doliny, od Kanału Żerańskiego do Góry Kalwarii, odpowiada ono wartości do 0,47 m poniżej średniego z wielolecia stanu maksymalnego Wisły. Na północ od Warszawy stany te były wyższe, ponieważ kształtowały się pod wpływem powodzi w styczniu 1982 r. po utworzeniu się wielkiego zatoru lodowego w rejonie Płocka na stopniu wodnym "Włocławek" (W.Majewski, red., 1985).

Niski stan zwierciadła wód gruntowych odpowiada natomiast średniemu z wielolecia minimalnemu stanowi Wisły i dotyczy całego rozpatrywanego obszaru doliny. Lokalne działy wód gruntowych zaznaczone na mapach hydrogeologicznych są związane z wydymami występującymi na prawym brzegu Wisły między Nowym Dworem Maz. i Otwockiem, a na lewym brzegu — we wschodniej części Puszczy Kampinoskiej.

Stany wód Wisły decydują o zasięgu i amplitudach wahań zwierciadła wód gruntowych w strefach bezpośrednio przyległych do rzeki. Na wahania zwierciadła wód gruntowych mają również wpływ: przepuszczalność osadów aluwialnych, lateralny dopływ podziemny, spadki hydrauliczne zwierciadła, miejska zabudowa i system odprowadzania wód opadowych do sieci kanalizacyjnej oraz eksploatacja wód podziemnych. Amplituda wahań jest zatem wynikiem pewnej sumy czynników, które limitują przebieg stanów zwierciadła wód gruntowych. Skrajne amplitudy dla wszystkich punktów obserwacyjnych w rozpatrywanym obszarze doliny Wisły wynoszą od 0,07 m w wydymach Puszczy Kampinoskiej (Sieraków) do 2,62 m w tarasie zalewowym, w

Tabela 4

Amplitudy wahań zwierciadła wód gruntowych w różnych odległościach od wału przeciwpowodziowego Wisły

Odcinek doliny Wisły	Lewy brzeg Wisły		Prawy brzeg Wisły	
	amplitudy			
	1,0	2,0	1,0	2,0
	odległości od wału przeciwpowodziowego			
Nowy Dwór Maz. — Kanał Żerański	300–2700	50–500	50–750	500–3450
Kanał Żerański — Wilanów	200–1800	50–700	20–300	300–1500
Wilanów — Góra Kalwaria	500–2500	70–500	30–650	100–1900

odległości 160 m od wału przeciwpowodziowego Wisły (Nadwilanówka). W obrębie tarasów bezpośrednio przyległych do koryta Wisły zwierciadło wód gruntowych podlega największym wahaniom (fig. 4). Strefy dynamicznego wpływu Wisły na wahania zwierciadła wód gruntowych są znacznie zróżnicowane na obu brzegach rzeki. Przebieg tych stref zaznaczono na mapie stanu wysokiego zwierciadła wód gruntowych (fig. 3).

Ze względu na przestrzenne zróżnicowanie dynamiki zwierciadła wód gruntowych, dla dalszych rozważań dokonano podziału rozpatrywanego obszaru doliny Wisły na 3 następujące odcinki: Nowy Dwór Maz. — Kanał Żerański, Kanał Żerański — Wilanów, Wilanów — Góra Kalwaria (fig. 2).

ODCINEK NOWY DWÓR MAZ. — KANAŁ ŻERAŃSKI

Wpływ Wisły na wahania zwierciadła wód gruntowych sięga do głęb. 700–3000 m na lewym brzegu oraz 450–2350 m na prawym brzegu (tab. 3). Podobny jest zasięg Narwi, obejmujący cały taras zalewowy szerokości do ok. 4000 m.

Wahania zwierciadła wód gruntowych powyżej 2,0 m zaznaczają się w wąskich strefach tarasu zalewowego, bezpośrednio przy wale przeciwpowodziowym. Na lewym brzegu Wisły szerokość tego pasa nie przekracza 50–500 m, a na prawym 50–750 m (tab. 4). Wahania 1,0–2,0 m obejmują szerszy pas tarasu zalewowego i częściowo tarasu nadzalewowego. Na lewym brzegu Wisły sięga on 50–2700 m, a na prawym 50–3450 m. Na pozostałym obszarze tarasu nadzalewowego amplitudy są bardziej zróżnicowane, zwłaszcza w strefach wydmowych wschodniej części Puszczy Kampinoskiej oraz między Żeraniem Wschodnim i Nowym Dworem Maz. Tam też wahania zwierciadła wód gruntowych są najmniejsze i wynoszą 0,07–0,6 m.

W 1964 r. podczas badań geologiczno-inżynierskich dla projektowanego stopnia wodnego "Warszawa-Północ" na Wiśle dokonano codziennych pomiarów stanów

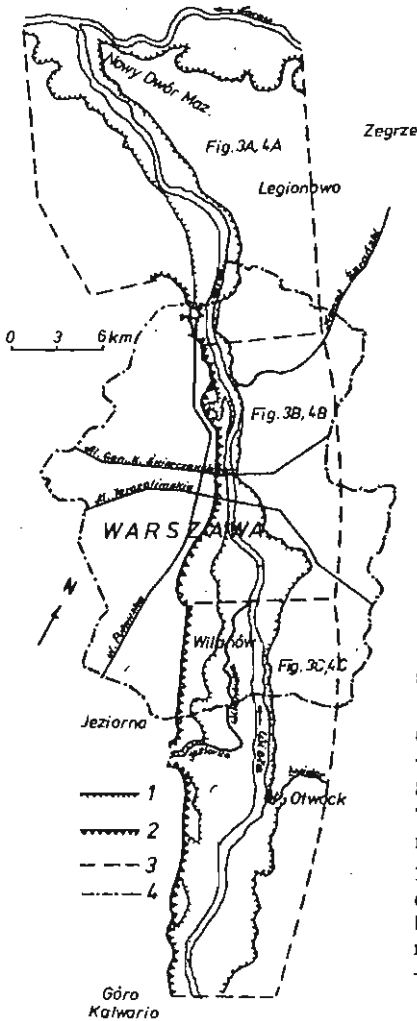


Fig. 2. Lokalizacja fragmentów map hydrogeologicznych w skali 1:300 000

1 — krawędź tarasu nadzalewowego; 2 — krawędź wysoczyzny plejstoceńskiej zwanej Równiną Warszawską; 3 — granice poszczególnych fragmentów map hydrogeologicznych; 4 — granica Warszawy

The localization of the fragments of the hydrogeological maps, 1:300 000

1 — edge of the terrace higher than the flood bench; 2 — edge of the Pleistocene upland called Warsaw Plain; 3 — border of the individual fragments of the hydrogeological maps, which is also the edge of the Pleistocene upland; 4 — boundary of Warsaw

zwierciadła wód gruntowych w wytypowanych stałych punktach obserwacyjnych. W trakcie przejścia fali powodziowej Wisły zarejestrowano jej wpływ na wody gruntowe m.in. w przekroju I-I na prawym brzegu rzeki w rejonie Skierd (fig. 3A). Uzyskane wyniki z pomiarów tego wpływu zilustrowano na fig. 9.

Przy stanie wysokim zwierciadło wód gruntowych w tarasie zalewowym znajduje się przeważnie na głęb. 0,5–1,2 m, a w obrębie tarasu nadzalewowego na głęb. 2,0–4,0 m.

W obszarach międzywymowych Puszczy Kampinoskiej zwierciadło wód gruntowych przy stanach wysokich występuje na głęb. 0,2–1,0 m, a w wydmach na głęb. 2,0–20,0 m.

Na znacznym obszarze tarasu nadzalewowego (Tarchomin, Tarchomin Kościelny, Henryków, Wiśniewo i Dąbrówka Grzybowska) zwierciadło wód gruntowych w latach

1981–1982 znacznie obniżyło się w wyniku eksploatacji ujęć przez zakłady przemysłowe (fig. 3, 4). Lej ten pogłębił drenaż budowlany związany z fundamentowaniem dużego osiedla mieszkaniowego w Tarchominie oraz z wykopem pod kolektor ścieków komunalnych w rejonie Tarchomina Kościelnego (fig. 6). Głęboki drenaż założony pod osiedlem w Tarchominie spowodował obniżenie zwierciadła wód gruntowych o ok. 0,6 m. W związku z powyższym Kanał Żerański, przylegający do tego leja na odcinku od śluzy przy elektrociepłowni na Żeraniu do Marcelina, w dalszym ciągu ma charakter infiltracyjny.

ODCINEK KANAŁ ŻERAŃSKI — WILANÓW

Zasięg wpływu Wisły na wahania zwierciadła wód gruntowych ograniczyła znacznie urbanizacja. Amplitudy wahań są mniejsze, a zwierciadło bardziej stabilne.

Wpływ Wisły na lewym brzegu sięga 100–1750 m (tab. 3). Odległości najmniejsze wynikają z bliskiego położenia krawędzi wysoczyzny plejstoceniowej między Mostem Poniatowskiego i Bielanami. Na prawym brzegu Wisły wpływ rzeki sięga od 300 m w rejonie portu praskiego do 1550 m na Gocławiu. Najmniejszy zasięg wywołany jest lokalizacją tamy i przepompowni na Jeziorku Kamionowskim przy ul. Zielenieckiej. Amplitudy wahań zwierciadła wód gruntowych wynoszą 0,7–3,0 m. Największe, powyżej 2,0 m, występują w strefach przywałowych Wisły, do 20–700 m (tab. 4). Poza strefami wpływu Wisły na terenach nie zabudowanych Warszawy wahania wynoszą 0,7 m – ok. 1,0 m. Najmniejsze wartości (0,3–0,7 m) cechują zwartą zabudowę miejską oraz rejon oddziaływania Kanału Żerańskiego i Gocławskiego.

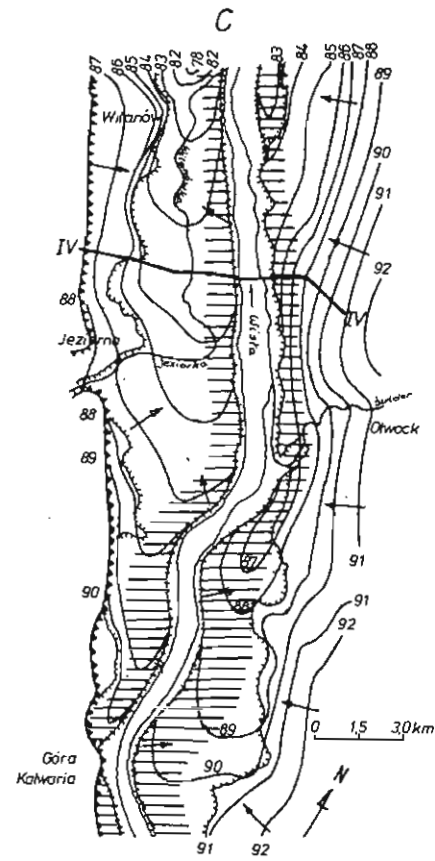
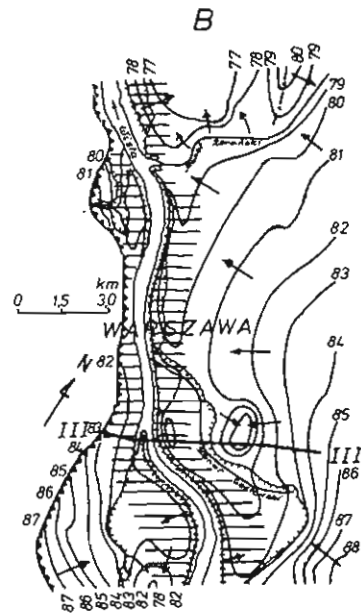
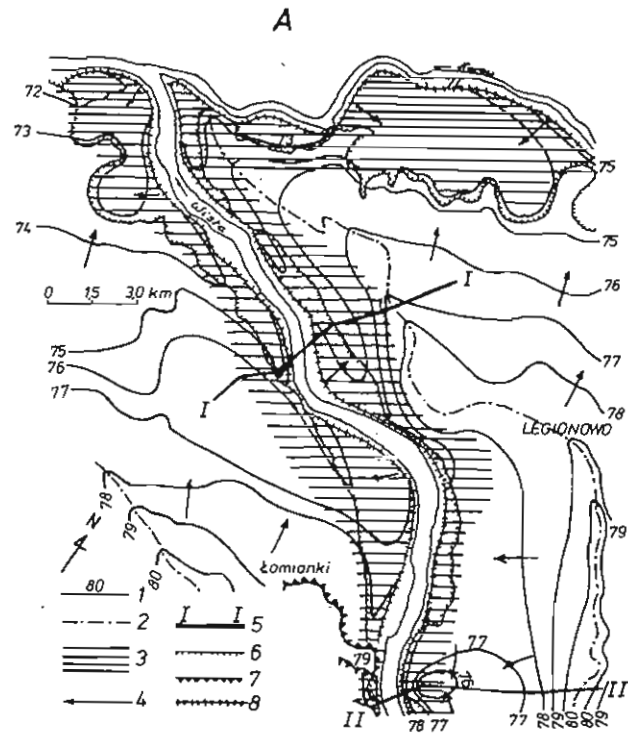
Wysoki stan zwierciadła wód gruntowych z 1982 r. na obu brzegach Wisły występuje przeważnie 2,0–4,0 m poniżej powierzchni terenu. Na obrzeżu wschodniej zabudowy Pragi i na Siekierkach zwierciadło stabilizuje się płycej — 1,0–3,0 m. W rejonie ogródków działkowych na Saskiej Kępie znajduje się na głęb. 0,8–1,5 m, a na Gocławiu, wzdłuż krawędzi tarasu nadzalewowego, już na głęb. 0,6–1,0 m.

Po wybudowaniu Kanału Żerańskiego oraz stopnia wodnego "Dębe" na Narwi w 1961 r. na terenach przyległych nastąpiło obniżenie zwierciadła wód gruntowych o ok. 1,0 m; obecnie kanał ten wpływa drenująco i stabilizująco na wody gruntowe od strony południowej (Żerań, Annopol). Potwierdzeniem tego są stany spiętrzonej wody na zaporze w Dębem, występujące poniżej 78,99 m n.p.m. o amplitudzie 0,53 m w okresie 1.10.1987–31.10.1988 r.

Charakter drenażowy i zarazem stabilizujący wód gruntowych na terenach przyległych spełniają Kanał Gocławski i Jeziorko Kamionkowskie. Stany zwierciadła wód w tych ciekach utrzymywane są przepompownią o małym zakresie wahań, do 0,4 m w wieloletniu.

Obniżająco na wody gruntowe wpływa również Kanał Bródnowski i rowy melioracyjne na terenach peryferyjnych miasta, gdzie, np. w Olszynie Grochowskiej zostały osuszone współczesne torfowiska.

W grochowskich osiedlach mieszkaniowych "Majdańska", "Igańska" i "Grochowska" odwodnienie wykopów fundamentowych w latach 1979–1985 wywołało obniżenie wód gruntowych o ok. 2,0 m. Powstał wyraźny i rozległy lej depresyjny (fig. 3,



7 — piezometr 175p), którego częściowy zanik stwierdzono w październiku 1987 r. Niski stan zwierciadła w piezometrze 175p podwyższył się bowiem o 1,41 m w stosunku do stanu wysokiego z 1982 r. Głębokie дренаże założone pod tymi osiedlami spowodowały trwałe obniżenie zwierciadła wód gruntowych o ok. 0,8 m. Podobne bardziej długotrwałe obniżenia zwierciadła powstały przypuszczalnie pod nowymi osiedlami mieszkaniowymi na Gocławiu i Targówku, lecz brak ich potwierdzenia.

Największe trwałe obniżenie zwierciadła wód gruntowych, sięgające ok. 4,0 m, nastąpiło w rejonie elektrociepłowni na Siekierkach. Wysoki stan tego zwierciadła obniżono tu do 7,0 m poniżej powierzchni tarasu zalewowego Wisły.

Lokalne i czasowe obniżenia zwierciadła wód gruntowych są powodowane ponadto odwodnieniem głębokich wykopów ziemnych w różnych częściach miasta, w związku z budową, przebudową lub wymianą sieci ciepłowniczej, wodociągowej, kanalizacyjnej itp. Większe tego typu roboty były prowadzone w rejonie ul. Białoleckiej, Annapol i Rembielińskiej w związku z budową Trasy Toruńskiej, jak również wzdłuż ul. Radzywińskiej i Generalskiej oraz Saskiej Kępie.

Główną przyczyną trwałego obniżenia zwierciadła wód gruntowych na obszarze Pragi jest jednak zwarta zabudowa miejska (kanalizacja) wraz z drenującymi kanałami powierzchniowymi i rowami melioracyjnymi. W obrębie zwartej zabudowy większość powierzchni terenu jest zajęta przez różnego przeznaczenia budowle, wyasfaltowane ulice, betonowe chodniki, parkingi samochodowe, powierzchniowe kanały i rowy melioracyjne oraz podziemne kanały ściekowe. Wiele budowli i parkingów ma założony głęboki drenaż. Urządzenia te przechwytyją większość wód opadowych. Przejawem tego jest brak reakcji stanów wód gruntowych na intensywne opady atmosferyczne (M.Perek, 1983; fig. 10). Typowym przykładem jest wykres wahań zwierciadła wód gruntowych z piezometru 169p, zlokalizowanego przy ul. Mińskiej w pobliżu ul. Grochowskiej (fig. 10).

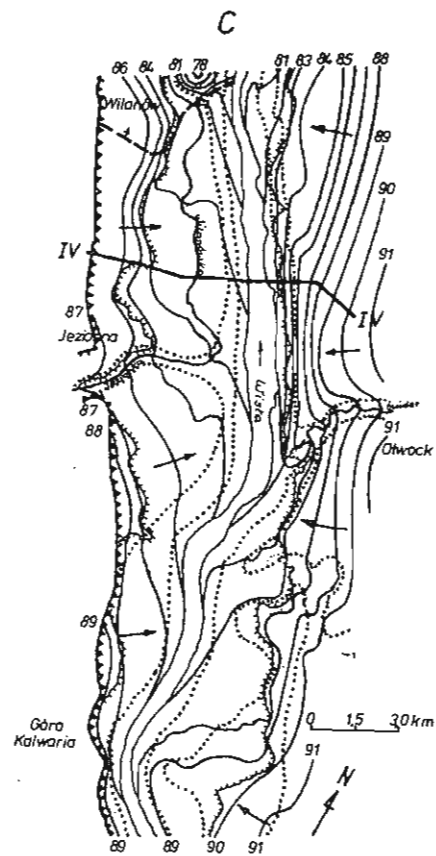
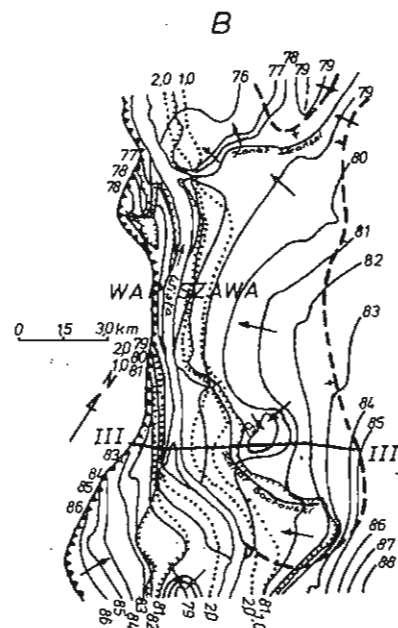
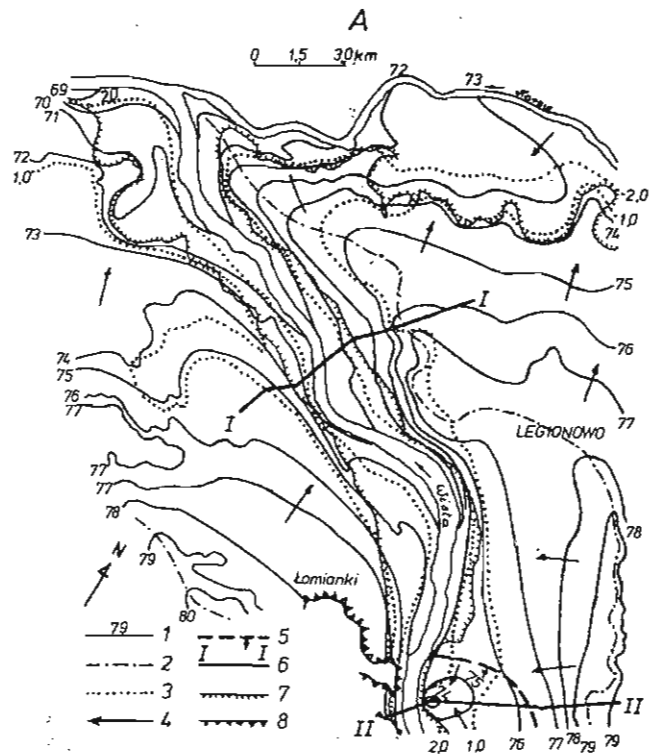
O trwałym obniżeniu się zwierciadła wód gruntowych pod wpływem urbanizacji miasta, poza strefą wpływu Wisły, świadczą niskie roczne amplitudy wahań, do 0,7 m, oraz małe spadki hydrauliczne zwierciadła wynoszące średnio 0,00083. Poza obszarem zurbanizowanym, np. w rejonie Buchnika k. Jabłonnej, spadek hydrauliczny

Fig. 3. Mapa hydrogeologiczna wysokiego stanu zwierciadła wód gruntowych doliny Wisły (A — odcinek Nowy Dwór Maz. — Kanał Żerański, B — odcinek Kanał Żerański — Wilanów, C — odcinek Wilanów — Góra Kalwaria)

1 — hydroizohipsy wysokiego stanu zwierciadła wód gruntowych w m n.p.m. (1.09.1981–31.08.1982 r.); 2 — lokalne działy wód gruntowych związane z wydrami; 3 — strefa wpływu Wisły na wahania zwierciadła wód gruntowych; 4 — kierunki ruchu wód gruntowych; 5 — lokalizacja przekrojów hydrogeologicznych; 6 — krawędź tarasu nadzalewowego; 7 — krawędź wysoczyzny plejstoceniowej zwanej Równiną Warszawską; 8 — wały przeciwpowodziowe

Hydrogeological map of the high level of the ground water table of the Vistula Valley (A — section of the Nowy Dwór Maz. — Kanał Żerański, B — section of the Kanał Żerański — Wilanów, C — section of the Wilanów — Góra Kalwaria)

1 — contours of the high ground water table in metres a.s.l. (1981.09.01–1982.08.31); 2 — local ground water divides connected with dunes; 3 — zone of Vistula influence on the oscillations of the ground water table; 4 — directions of movement of ground water; 5 — localization of the hydrogeological sections; 6 — edge of the terrace higher than the flood plain bench; 7 — edge of the Pleistocene upland called Warsaw Plain; 8 — the flood banks



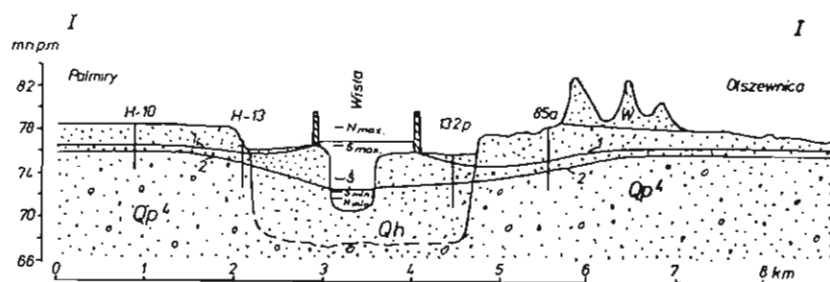


Fig. 5. Przekrój hydrogeologiczny I-I

1 — wysoki stan zwierciadła wód gruntowych (1.09.1981–31.08.1982 r.); 2, 3 — niski stan zwierciadła wód gruntowych: 2 — 1.09.1981–31.08.1982 r., 3 — 12.10.1987–16.10.1987 r.; wieloletnie stany Wisły: N_{max} — najwyższy z maksymalnych, S_{max} — średni z maksymalnych, S — średni, S_{min} — średni z minimalnych, N_{min} — najniższy z minimalnych; Qh — holocen (osady piaszczyste rzeczne tarasu zalewowego); Qp^4 — plejstocen — zlodowacenie północnopolskie (osady piaszczysto-żwirowe, rzeczne, rzecznołodowcowe i eoliczne tarasu nadzalewowego); Qp^3 — plejstocen — zlodowacenie środkowopolskie i starsze (osady gliniasto-ilaste i piaszczysto-żwirowe); w — wydmy; N — nasypy; S — zasięg depresji wód gruntowych wywołanej odwodnieniami budynkami, a na przekroju II-II również eksploatacją z okresu 1981–1982; 176p — piezometr; 76 — studnia gospodarska

Hydrogeological section I-I

1 — high level of ground water table (1981.09.01–1982.08.31); 2, 3 — low level of the ground water table: 2 — in the period between 1981.09.01 and 1982.08.31, 3 — in the period between 1987.10.12 and 1987.10.16; levels of water in Vistula counted for many years: N_{max} — highest level from among the maximal ones, S_{max} — mean level from among the maximal ones, S — mean level, S_{min} — mean level from among the minimal ones, N_{min} — lowest level from among the minimal ones; Qh — Holocene (the sandy sediments of the flood plain bench); Qp^4 — Pleistocene — North-Polish Glaciation (the sandy-gravelly, fluvial, fluvio-glacial and aeolian sediments of the terrace higher than the flood plain bench); Qp^3 — Pleistocene — the Middle-Polish Glaciation and Older (loamy-clayey and sandy-gravelly sediments); w — dunes; N — embankments; S — extent of the depression of ground water caused by the drainage of buildings, and at section II-II caused by exploitation also, from the period 1981–1982; 176p — piezometr; 76 — farm well

Fig. 4. Mapa hydrogeologiczna niskiego stanu zwierciadła wód gruntowych doliny Wisły (A — odcinek Nowy Dwór Maz. — Kanał Żerański, B — odcinek Kanał Żerański — Wilanów, C — odcinek Wilanów — Góra Kalwaria)

1 — hydroizohipsy niskiego stanu zwierciadła wód gruntowych w m n.p.m. (1.09.1981–31.08.1982); 2 — lokalne działy wód gruntowych związane z wydymami; 3 — izolnie amplitud wahań zwierciadła wód gruntowych w metrach; 4 — kierunki ruchu wód gruntowych; 5 — granica trwałego obniżenia zwierciadła wód gruntowych pod wpływem urbanizacji Warszawy (ok. 0,4 m); 6 — lokalizacja przekrojów hydrogeologicznych; 7 — krawędź tarasu nadzalewowego; 8 — krawędź wysoczyzny plejstocenijskiej zwanej Równiną Warszawską

Hydrogeological map of the low level of the ground water table of Vistula Valley (A — section of the Nowy Dwór Maz. — Kanał Żerański, B — section of the Kanał Żerański — Wilanów, C — section of the Wilanów — Góra Kalwaria)

1 — contours of low ground water table in metres a.s.l. (1981.09.01–1982.08.31); 2 — local ground water divides connected with dunes; 3 — isolines of the amplitudes of fluctuations of ground water table in metres; 4 — directions of movement of ground water; 5 — border of the permanent lowering of the ground water table under influence of the urbanization of Warsaw, amounting about 0.4 m; 6 — localization of the hydrogeological sections; 7 — edge of the terrace higher than the flood plain bench; 8 — edge of the Pleistocene upland called Warsaw Plain

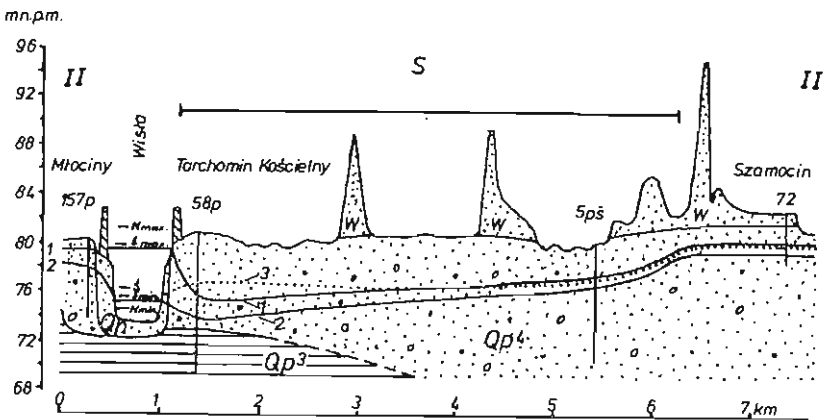


Fig. 6. Przekrój hydrogeologiczny II-II

Objaśnienia jak na fig. 5

Hydrogeological section II-II

Explanations as for Fig. 5

zwierciadła jest większy i wynosi 0,001, a w Nowej Wsi k. Otwocka nawet 0,003. Na obszarze zwartej zabudowy zasięg wpływu Wisły na wahania zwierciadła wód gruntowych jest również mniejszy, co ilustruje wykres z piezometru 151p (fig. 10).

Trwałe obniżenie zwierciadła wód gruntowych w obszarze zurbanizowanym prawobrzeżnej Warszawy w latach 1981-1987 ocenia się ogólnie na ok. 0,4 m (fig. 4A, B).

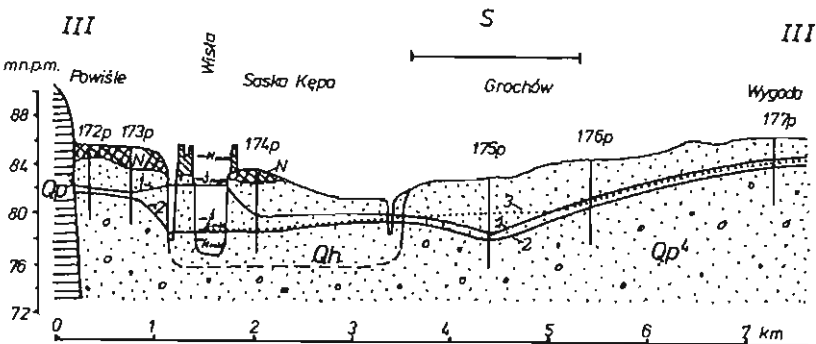


Fig. 7. Przekrój hydrogeologiczny III-III

Objaśnienia jak na fig. 5

Hydrogeological section III-III

Explanations as for Fig. 5

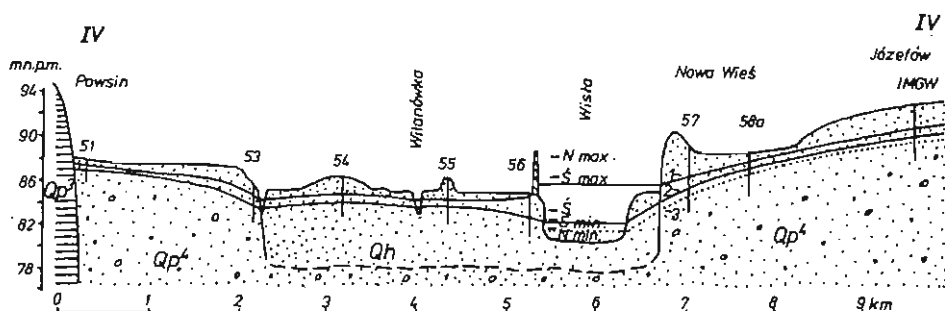


Fig. 8. Przekrój hydrogeologiczny IV-IV

Objaśnienia jak na fig. 5

Hydrogeological section IV-IV

Explanations as for Fig. 5

Zmiany hydrodynamiczne sprzyjają również pogarszaniu się jakości wód gruntowych. W miarę przestrzennego rozwoju zabudowy miejskiej następuje rozszerzenie się niekorzystnych zmian w środowisku naturalnym przez uruchomienie dróg migracji środków zanieczyszczających, a w konsekwencji powstanie potencjalnych warunków skażenia wód i gleb.

ODCINEK WILANÓW — GÓRA KALWARIA

Ten odcinek Wisły charakteryzuje się dość naturalnymi warunkami kształtowania się zwierciadła wód gruntowych. Świadczy o tym wzajemny układ ekstremalnych stanów zwierciadła wód gruntowych w przekroju hydrogeologicznym w rejonie Nowej Wsi (fig. 8).

Warunki geomorfologiczne terenu sprawiają, że położenie zwierciadła wód gruntowych i spadki hydrauliczne na obu brzegach Wisły są zróżnicowane. Na szerokim tarasie zalewowym lewego brzegu istnieje dobrze rozwinięta sieć drenażu melioracyjnego. Na znacznym jego odcinku przepływa Wilanówka, która poważnie ogranicza wpływ Wisły na wahania zwierciadła wód gruntowych. Wahania zwierciadła wód Wilanówki są regulowane przepompownią przy jej ujściu do Wisły i wynoszą ok. 1,5 m w wieloletciu. Większe skoki wahań są na ogół krótkotrwałe, ponieważ zachodzą podczas wysokich stanów Wisły. Jednak w przeważającym okresie roku różnica wahań zwierciadła wód Wilanówki nie przekracza 1,0 m, co ma stabilizujący wpływ na wody gruntowe w obszarze tarasu zalewowego, przyległego od strony zachodniej do tej rzeki. Wpływ Wilanówki nie jest zatem skorygowany z Wisłą.

Zasięg wpływu Wisły na wahania zwierciadła wód gruntowych na jej lewym brzegu jest mniejszy i wynosi 200–1350 m, a na prawym brzegu 300–2070 m (tab. 3). Wpływ Wisły na wody gruntowe ilustruje wykres ze studni gospodarskiej nr 83 zlokalizowanej przy wale przeciwpowodziowym w Gassach, między Jeziorną i Górą Kalwarią.

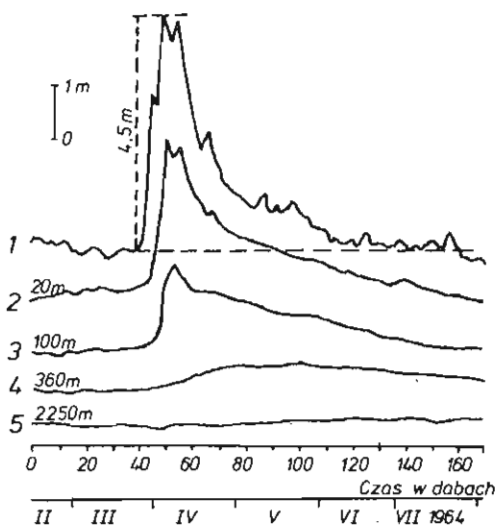


Fig. 9. Wpływ stanów powodziowych Wisły na położenie zwierciadła wód gruntowych w przekroju hydrogeologicznym I-I na prawym brzegu rzeki w Skierdach

1 — wykres stanów powodziowych wód Wisły; 2-5 — wykresy stanów zwierciadła wód gruntowych w studniach gospodarskich lub piezometrach

Influence of the flood levels of Vistula on the position of ground water table in the hydrogeological section I-I at the right bank of the river at Skierdy

1 — diagram of the flood levels of Vistula waters; 2-5 — diagrams of the levels of the ground water table in farm wells and piezometers

Największe wahania zwierciadła wód gruntowych (powyżej 2,0 m) występują w wąskich strefach przywałowych tarasu zalewowego sięgających 70–500 m na lewym brzegu Wisły i 30–650 m na prawym brzegu. Mniejsze wahania (1,0–2,0 m) występują na tarasie zalewowym Wisły, Jeziorki i Świdra, obejmując lokalnie również prawobrzeżny taras nadzalewowy. Na lewym brzegu Wisły strefa tych wahań sięga 70–2500 m, a na prawym brzegu 30–1900 m. Amplitudy wahań zwierciadła wód gruntowych o wartościach mniejszych od 1,0 m zajmują pozostały obszar tarasu nadzalewowego, w tym wydmy oraz częściowo taras zalewowy w rejonie Jeziornej, między Bielawą i Wilanowem, oraz w rejonie Glinek.

W obrębie tarasu zalewowego stan wysoki zwierciadła wód gruntowych notowany jest przeważnie na głęb. 1,0–2,0 m. W obniżeniach tego tarasu zwierciadło znajduje się bliżej powierzchni terenu, powodując okresowe podtopienia znacznych obszarów w rejonie Jeziornej, wzdłuż Wilanówki oraz w rejonie Otwocka Wielkiego, Kępy Nadbrzeskiej i Glinek.

WNIOSKI

1. Czwartorzędowy poziom wodonośny tworzą piaski o różnej granulacji, żwiry i otoczaki. Budują one taras zalewowy i nadzalewowy doliny Wisły. Zwierciadło wód gruntowych występuje płytko, przeważnie 1,5–4,0 m poniżej powierzchni terenu, ma charakter swobodny i jest nachylone ogólnie ku Wiśle.

2. Na całym odcinku doliny wpływ Wisły na stany zwierciadła wód gruntowych sięga 100–3000 m od wału przeciwpowodziowego. W obszarach zurbanizowanych Warszawy jest mniejszy: 100–1750 m na lewym brzegu Wisły i 200–1150 m na Pradze.

3. Największe wahania zwierciadła wód gruntowych, powyżej 2,0 m, występują w wąskich strefach przywałowych. Na warszawskim odcinku doliny Wisły szerokość ich

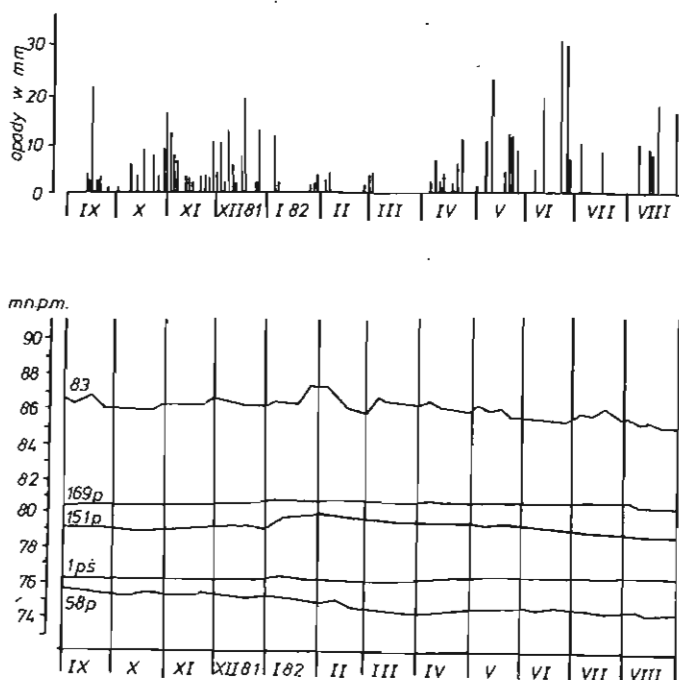


Fig. 10. Wykresy wahań zwierciadła wód gruntowych w studniach gospodarskich i w piezometrach oraz opadów atmosferycznych w Kabatach; numery punktów obserwacyjnych według opracowania M.Perka (1983)

Diagrams of the levels of the ground water table in farm wells and piezometers and the atmospheric precipitates at Kabaty; numbers of the points of observation according to the documentation by M.Perka (1983)

wynosi 20–750 m, a na terenach zwartej zabudowy miejskiej i w rejonie kanałów tylko 20–300 m. Najmniejsze wahania zwierciadła wód gruntowych występują w wydmach i w obrębie zwartej zabudowy Pragi, gdzie wynoszą 0,3–0,7 m (poza strefą wpływu Wisły). Poza miastem, na prawym brzegu, wahania są większe i wynoszą 0,7–1,0 m. Na pozostałym odcinku doliny Wisły amplitudy wahań przekraczają 1,0 m.

4. Trwałe obniżenie zwierciadła wód gruntowych pod wpływem urbanizacji miasta ocenia się na co najmniej 0,4 m. Pod nowymi osiedlami mieszkaniowymi z głębokim drenażem (Gośćków, Grochów, Targówek, Bródno i Tarchomin) depresja jest większa i może dochodzić do ponad 0,8 m.

5. O wpływie zabudowy miejskiej na obniżenie się zwierciadła wód gruntowych świadczą:

- małe wieloletnie amplitudy wahań zwierciadła wód gruntowych, poniżej 0,7 m;
- niewielkie spadki hydrauliczne, ok. 0,0008;
- ograniczony zasięg oddziaływania Wisły na wahania zwierciadła wód gruntowych;
- brak korelacji stanów wód gruntowych z opadami atmosferycznymi;

— odwodnienie terenów podmokłych lub okresowo podmokłych w rejonie Olszynki Grochowskiej i wzdłuż Kanału Gocławskiego.

6. Trwałe obniżenie się zwierciadła wód gruntowych na obszarze Pragi jest spowodowane:

— znacznym zmniejszeniem się obszaru infiltracji wód opadowych do poziomu wodonośnego; na terenach zabudowanych przeważająca ilość wód opadowych spływa bezpośrednio do sieci kanalizacyjnej;

— drenażowym charakterem kanałów: Żerańskiego, Bródnowskiego, Gocławskiego oraz rowów melioracyjnych;

— głębokim drenażem pod nowymi osiedlami mieszkaniowymi (Gocław, Grochów, Targówek, Bródno i Tarchomin), jak również prowadzeniem wykopów fundamentowych i innych robót ziemnych oraz ich odwodnieniem w dłuższych okresach.

— eksploatacją czwartorzędowych wód podziemnych w rejonie Tarchomina dla celów przemysłowych.

Zakład Hydrogeologii i Geologii Inżynierskiej

Państwowego Instytutu Geologicznego

Warszawa, ul. Rakowiecka 4

Nadesłano dnia 27 grudnia 1990 r.

PIŚMIENNICTWO

- AMBROŻEWICZ W., BIELECKA J., BRULIŃSKA E. (1982) — Zabudowa hydrotechniczna rzeki Wisły w rejonie Warszawy. Koncepcja kaskady. Arch. "Hydroprojekt". Warszawa.
- MAJEWSKI W. red. (1985) — Powódź zatorowa na Wiśle w rejonie Zbiornika Włocławek w zimie 1982 r. PAN, p. 241. Wyd. Geol. Warszawa.
- PEREK M. (1970) — Stratygrafia osadów czwartorzędowych w widłach Wisły i Narwi. Kwart. Geol., 14, p. 523–534, nr 3.
- PEREK M. (1981) — Geological-engineering studies of the Lower Vistula River Valley for the purposes of hydrotechnics. Biul. Inst. Geol., 335, p. 51–64.
- PEREK M. (1983) — Prognoza zmian głębokości zwierciadła wód gruntowych pod wpływem projektowanych stopni wodnych na warszawskim odcinku Wisły. Arch. Państw. Inst. Geol. Warszawa.
- PEREK M. (1989) — Kształtowanie się zwierciadła wód gruntowych w wyniku zabudowy prawobrzeżnej Warszawy. Arch. Państw. Inst. Geol. Warszawa.

Marian PEREK

THE FORMING OF GROUND WATER TABLE AT THE WARSAW SECTION OF VISTULA VALLEY

S u m m a r y

On the basis of the measurements of the unconfined ground water table of the Quaternary horizon in the course of many years, the changes in their forming, mainly under the influence of Vistula River and the urbanization of Warsaw, were analysed. The ground water exists in the sandy-gravelly sediments of Pleistocene and Holocene.

The forming of the ground water table was analysed in the extremal conditions of water levels. The changing levels of water in Vistula form an essential factor deciding on the extent of the influence and the amplitude of fluctuations of the ground water table in the zone of terraces immediately adjacent to the river. At the whole section of the valley, the influence of Vistula on the ground water table is changing and reaches the distance of 100-3000 m from the flood banks. In the urbanized area it is smaller and amounts to 100-1750 m.

During the time in which Warsaw was being built the natural environment was gradually degraded. It is especially evident in the lowering of the ground water table and the pollution. In the area of close city buildup the amplitudes of fluctuations of the ground water table counted for many years diminished twofold in comparison with the non-urbanized area. The value of permanent lowering of the ground water table at this area is estimated at 0.4 m, but in the area where the new blocks of houses with deep drainage are built, at over 0.4 m.

At many sites in Warsaw significant spreading of the cones of depression in the ground water table was found, caused by the drainage of the deep foundations dug during the construction of blocks of houses, or as the result of Quaternary ground water exploitation by the wells drilled for the use of the manufacturing plants. In the urbanized area the distinct correlations of the fluctuations of the water table with the atmospheric precipitates were not observed.