

UKD 627.81/.82"„Wyszogród”:556.332.52.01:519.283

Marian PEREK

## Prognoza wpływu stopnia piętrzącego „Wyszogród” na wody gruntowe

Wpływ stopnia „Wyszogród” obejmie przede wszystkim taras zalewowy, a tylko lokalnie nadzalewowy. Obszar wpływu ma szerokość od 0,3 do 4,5 km, zależną od projektowanych rzędnych zwierciadła wód w sieci drenażowej. Sieć ta będzie likwidowała wpływ zbiornika na wody gruntowe, nie powodując większych wahań zwierciadła wód gruntowych, które najczęściej wyniosą ok.  $\pm 0,5$  m w stosunku do rocznego stanu minimalnego z 1966 r. W całym obszarze wpływu stopnia zwierciadło wód gruntowych będzie stabilne, zalicznie od sieci drenażowej, a jego wahania wyniosą ok. 0,6 m w stosunku rocznym. Na przeważającym obszarze wpływu omawianego stopnia zwierciadło wód gruntowych wystąpi na głęb. 1-3 m.

### WSTĘP

Pierwsza wersja skaskadowania Wisły została opracowana w 1957 r. przez CBS i PBW „Hydroprojekt”. Przewidywała ona na odcinku dolnej Wisły od ujścia Narwi do ujścia Wisły do Morza Bałtyckiego wybudowanie 8 stopni piętrzących. W ramach tej wersji w 1970 r. wybudowano tylko jeden stopień wodny „Włocławek”. W latach następnym trwały dalsze prace studialne i projektowe nad udoskonaleniem istniejącej wersji skaskadowania dolnej Wisły i pozostałych jej odcinków, w wyniku czego zmniejszono ilość stopni wodnych o jeden, co spowodowało zmiany lokalizacyjne w krańcowych częściach kaskady i zwiększenie względnych wysokości spiętrzeń wód w poszczególnych zbiornikach.

Zapora czołowa stopnia wodnego „Wyszogród” w pierwotnej wersji została zaprojektowana przy ujściu Bzury, w nowej zaś przesunięta ok. 20 km na zachód, do Kępy Polskiej. Zapora ta spiętrzy wodę do wysokości ok. 12 m, a cofka zbiornika sięgnie na Wiśle do następnego zaprojektowanego stopnia „Cząstków” i na Narwi do stopnia „Dębe”.

Zbiornik wodny ograniczony będzie wałami ochronnymi (tzw. zaporami bocznymi), a na prawym brzegu Wisły na znacznym odcinku zboczem wysoczyzny plejstocenijskiej. Łączność transportową między zbiornikami „Wyszogród” i „Włocławek” zapewni projektowany Kanał Żeglugowy. Bzura i Ryksa w dolinie Wisły

zostaną przełożone i grawitacyjnie będą spływać do Wisły poniżej zapory czołowej. Tereny przyległe do wałów ochronnych względem spiętrzonyj wody w zbiorniku będą depresjami. W obszarach depresyjnych wody gruntowe będą drenowane za pomocą wykonanych lub przystosowanych rowów i kanałów. Przepompownie będą przerzucać wodę z sieci drenażowej do zbiornika wodnego.

Do prognostycznej oceny kształtowania się zwierciadła wód gruntowych w obszarach przyległych po wybudowaniu stopnia „Wyszogród” wykorzystano wyniki cotygodniowych pomiarów wahań zwierciadła wód gruntowych z 1966 r., zapoznano się z rozmieszczeniem utworów powierzchniowych, w szczególności z rozprzestrzenieniem namulów i ich miąższością, oraz litologią profili otworów wiertniczych i sond ręcznych opisanymi w dokumentacji geologiczno-inżynierskiej, którą wykonało PGBW „Hydrogeo” dla pierwotnej lokalizacji zapory czołowej na Wiśle przy ujściu Bzury. Do interpretacji stanu prognostycznego zwierciadła wód gruntowych wykorzystano mapę projektowanej lokalizacji sieci drenażowej z rzędnymi zwierciadła wód powierzchniowych, opracowaną przez CBS i PBW „Hydroprojekt”. Uwzględniono również wyniki własnych pomiarów zwierciadła wód gruntowych z okresu 17–20.03.1980 r. na obszarze między ujściem Bzury i zaporą czołową w Kępie Polskiej.

Opracowana prognoza uwzględnia przewidywane rzędne zwierciadła wód w sieci drenażowej. Powinna być zatem najbardziej zbliżona do realnego kształtowania się zwierciadła wód gruntowych po wybudowaniu stopnia „Wyszogród”. Wprawdzie realizacja stopnia będzie czekała długie lata, ale podaną prognozę autor chciałby potraktować jako przykład problemu związanego z budową stopni piętrzących na Niżu Polskim.

## MORFOLOGIA I HYDROGRAFIA

Badany obszar obejmuje dolinę Wisły na odcinku od Wykowa do następnego projektowanego stopnia „Cząstków” na Wiśle i do stopnia „Dębe” na Narwi. W obszarze tym występują dwa podstawowe tarasy rzeczne – zalewowy i nadzalewowy.

Taras zalewowy o wysokości ok. 3,0 m występuje głównie na lewym brzegu Wisły i Narwi oraz na obu brzegach Bzury. Przeciętna jego szerokość wynosi 1,5–2,5 km, natomiast największa ok. 4,5 km w okolicach Leoncina i cofki zbiornika. W wielu miejscach taras zalewowy jest rozcięty erozyjnie, tworząc wąskie i ciągle zagłębienia wypełnione niekiedy wodą (częściowo starorzecza).

Taras nadzalewowy występuje przeważnie na lewym brzegu Wisły i Narwi, gdzie zajmuje znaczne powierzchnie. Na wschód od ujścia Bzury taras ten zwany jest kampskim, a między Wisłą i Narwią – praskim. Krawędź tarasu nadzalewowego o wysokości 2–3 m w wielu miejscach jest zatarta. Znaczny obszar tarasu nadzalewowego pokrywają wydmy o dużym zróżnicowaniu morfologicznym. Przeciętna wysokość względna wydym wynosi 4–10 m, a maksymalna – 28 m. Wydmy występują w Puszczy Kampinowskiej, na lewym brzegu Bzury w okolicach Kamionu oraz między Wisłą i Narwią.

Krawędź wysoczyzny plejstoceńskiej na prawym brzegu Wisły i Narwi jest stroma, miejscami pocięta bocznymi dolinkami i osiąga wysokość względną ok. 30 m. Na lewym brzegu Wisły zbocze wysoczyzny plejstoceńskiej łagodnie schodzi ku dolinie.

Spadki terenu w dolinie Wisły i Narwi nie przekraczają 2%, jedynie w obszarze występowania wydym są znacznie większe.

Na odcinku projektowanego stopnia wodnego „Wyszogród” znajdują się dwa większe dopływy Wisły – Narew i Bzura. Z mniejszych rzek należy wymienić Ryskę, wpadającą do Wisły w pobliżu zapory czołowej w Kępie Polskiej, oraz Wkrę, wpadającą do Narwi w pobliżu Modlina. Z obszarów zabagnionych tarasu kampsinoskiego i zalewowego wody gruntowe drenowane są rowami oraz Kanałem Kromnowskim i Łasicą.

### POZIOMY WODONOŚNE

Podstawowym poziomem wodonośnym na omawianym obszarze jest poziom czwartorzędowy. Tworzą go osady rzeczne, rzeczno-lodowcowe, zastoiskowe i eoliczne plejstocenijskie i holocenijskie. Są to piaski różnej granulacji, pospółki, żwiry i otoczaki. Ogólna ich miąższość jest bardzo zróżnicowana i wynosi od 10 m przy ujściu Bzury (Śladow 8,0 m, Kamion 11,5 m) do blisko 100,0 m w widłach Wisły i Narwi (Olszewnica, Dębe). W osi projektowanej zapory czołowej w Kępie Polskiej miąższość osadów czwartorzędowych waha się od 13,0 do 18,0 m, co jest uzależnione od konfiguracji erozyjnego stropu starszego podłoża złożonego z ilów pliocenijskich.

Część dolną czwartorzędowego poziomu wodonośnego o miąższości od 5 do 40 m, leżącą bezpośrednio na starszym podłożu, tworzą piaski pylaste i drobne, przewarstwione osadami słaboprzepuszczalnymi i nieprzepuszczalnymi w postaci glin zwałowych, pyłów i ilów zastoiskowych. We wschodniej części omawianego obszaru osady te są w wielu miejscach zredukowane erozyjnie. W utworach tych powstały wąskie doliny i zagłębienia. W części zachodniej osady słaboprzepuszczalne i nieprzepuszczalne występują w formie soczew.

Środkowa część czwartorzędowego poziomu wodonośnego w widłach Wisły i Narwi oraz we wschodniej części Puszczy Kampinoskiej złożona jest z piasków pylastych oraz nieciągłych warstw ilów i pyłów zastoiskowych. Ich miąższość również jest bardzo zmienna i wynosi od 10 do ok. 50 m. Zespół tych osadów wyklinauje się w kierunku zachodnim na linii Secymin – Kampinos.

Górna część czwartorzędowego poziomu wodonośnego złożona jest z piasków drobnych, średnich i grubych z domieszką żwirów i otoczków. Jedynie w strefie przypowierzchniowej piaski są na ogół pozbawione frakcji grubszej. Osady te rozprzestrzeniają się ciąglą warstwą na całym rozpatrywanym obszarze. We wschodniej części miąższość ich wynosi 15 – ok. 45 m, a w zachodniej dochodzi do ok. 12 m. Na tarasie zalewowym piaszczyste osady wodonośne pokryte są lokalnie namułami z wkładkami piasków, o miąższości przeważnie ponad 4 m.

Trzeciorzędowy poziom wodonośny, którego wody podziemne występują w piaszczystych osadach oligocenijskich i miocenijskich, jest oddzielony od poziomu czwartorzędowego grubą warstwą ilów pliocenijskich. W związku z tym realizacja stopnia „Wyszogród” nie będzie miała wpływu na wody podziemne poziomu trzeciorzędowego.

Badany odcinek doliny Wisły i Narwi wraz z rozmieszczeniem przekrojów hydrogeologicznych i charakterystycznymi stanami zwierciadła wód gruntowych ilustruje fig. 1.

#### KSZTAŁTOWANIE SIĘ ZWIERCIADŁA WÓD GRUNTOWYCH W OSADACH CZWARTORZĘDOWYCH

Zwierciadło wód gruntowych w osadach sypkich jest swobodne, jedynie w miejscach występowania namułów organicznych napięte. W przypadku tarasów rzecznych przeważnie znajduje się blisko ich powierzchni. W obrębie tarasu zalewo-

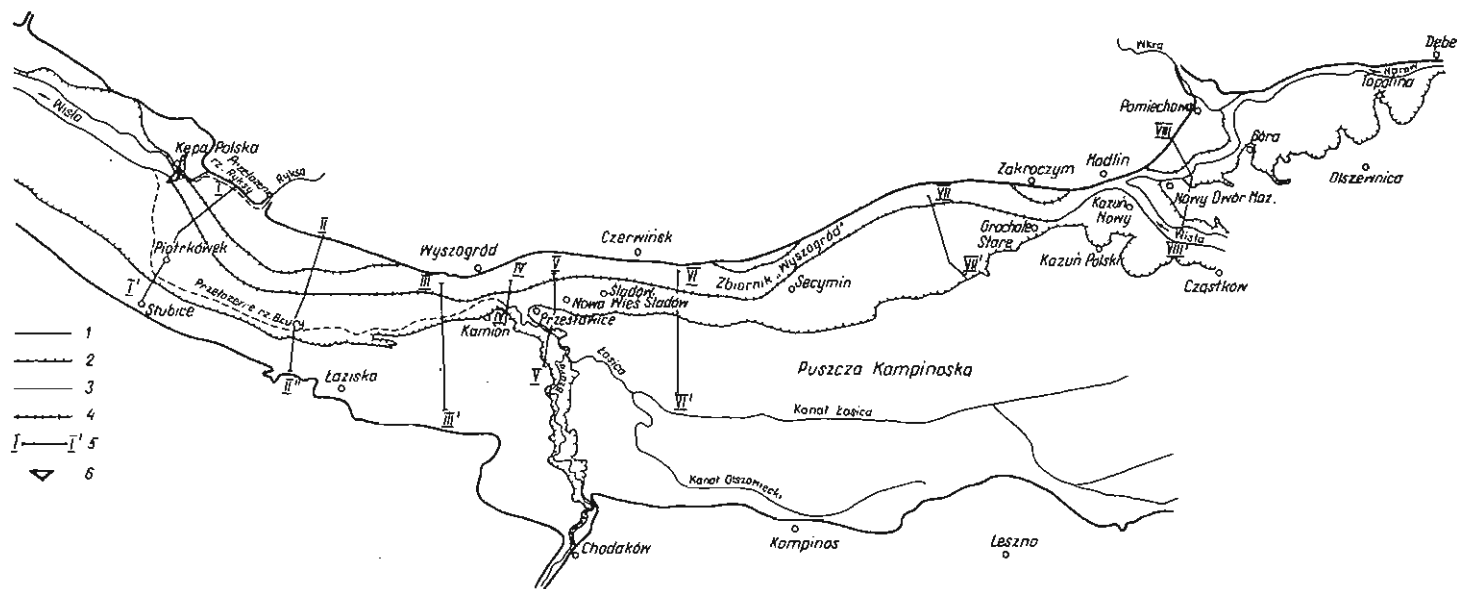


Fig. 1. Badany odcinek doliny wraz z rozmieszczeniem przekrojów hydrogeologicznych z charakterystycznymi stanami zwierciadła wód gruntowych

The studied section of the Vistula River valley, location on hydrogeological sections and characteristic groundwater table levels

- 1 – krawędź wysoczyzny plejstoceńskiej; 2 – krawędź tarasu nadzalewowego; 3 – brzeg naturalny zbiornika wodnego lub rzeki; 4 – wały boczne zbiornika wodnego; 5 – przekroje hydrogeologiczne z charakterystycznymi stanami zwierciadła wód gruntowych; 6 – projektowana zapora czołowa stopnia wodnego „Wyszogród”  
 1 – margin of Pleistocene plateau; 2 – margin of terrace rising above floodplain; 3 – natural margin of water reservoir or river; 4 – lateral embankments of water reservoir; 5 – hydrogeological sections and characteristic groundwater table levels; 6 – designed front dam of the Wyszogród cascade

wego Wisły, Narwi i Bzury stan maksymalny (najplytszy) zwierciadła wód gruntowych notuje się przeważnie na głęb. 0,0–1,0 m, a w obniżeniach terenu na jego powierzchni. Na tarasie nadzalewowym zwierciadło znajduje się najczęściej na głęb. 2,0–4,0 m, rzadziej 0,5–2,0 m lub poniżej 4,0 m, natomiast w obszarach wydm na głęb. 4,0–10,0 m. Głębokości zwierciadła są tu zależne od wysokości względnych wydm.

Spływ wód gruntowych odbywa się do koryt rzecznych Wisły, Narwi i Bzury. Spośród wielu czynników wpływających dynamicznie na kształtowanie się zwierciadła wód gruntowych podstawową rolę spełniają przede wszystkim wahania wód w rzekach, opady atmosferyczne i boczny dopływ podziemny. Jak wynika z budowy geologicznej, powierzchnie dolin są obszarami infiltracyjnymi dla opadów atmosferycznych, zasilających pierwszy poziom wodonośny. Decydują one o wahaniami zwierciadła wód gruntowych w obszarach pozbawionych wpływu Wisły, Narwi i Bzury.

Tabela 1

Zależność amplitudy wahań zwierciadła wód gruntowych (1966 r.)  
od odległości od wału przeciwpowodziowego

Numery przekrojów według dokumentacji „Hydrogeo”	Odległość od wału przeciwpowodziowego Wisły przy amplitudach wahań zwierciadła wód gruntowych (w m)						Amplitudy wahań zwierciadła Wisły (w m)	Lewy brzeg Wisły na odcinku
	3,5	3,0	2,5	2,0	1,5	1,0		
XXI-H	10	60	130	270	630	–	4,45	Modlin – Secymin
XIX-H	–	–	–	70	240	550		
XVII-H	–	–	–	100	290	725		
XVI-H	–	60	120	210	350	650		
XV-H	–	–	–	110	500	2500	5,1	Secymin – ujście Bzury
XII-H	–	–	–	–	310	–		
X-H	–	80	175	300	550	1050		
IX-H	30	85	175	310	550	1025		
VIII-H	–	60	150	210	350	700		
IV-H	–	30	95	200	350	600		
III-H	15	50	110	200	350	700		

Zmienne stany wód w rzekach decydują o amplitudach wahań zwierciadła wód gruntowych w strefach tarasów bezpośrednio przyległych do tych rzek. Zwierciadło wód gruntowych podlega tu największym wahaniami. Analiza wyników pomiarów wykonanych w 1966 r. wykazała, że przy jednakowej odległości od wałów przeciwpowodziowych amplituda wahań zwierciadła wód gruntowych spowodowanych zmiennymi stanami wód Wisły, Narwi i Bzury jest różna w poszczególnych przekrojach hydrogeologicznych (tab. 1). Różne są też zasięgi wpływu Wisły na wahania wód gruntowych. Głównymi przyczynami tych różnic są: skład granulometryczny osadów aluwialnych, ich porowatość i spadki hydrauliczne. Przedstawione w tab. 1 zależności dla dwóch odcinków lewego brzegu Wisły nie wykazują istotnych różnic w rozrzucie wartości, mimo różnych amplitud wahań wód w Wiśle. W związku z tym wszystkie wyniki uogólniono dla obszaru od Modlina do ujścia Bzury i przedstawiono w tab. 2. Sporządzono również wykresy ilustrujące rozrzut amplitud

Tabela 2  
Zależności amplitud wahań zwierciadła wód gruntowych  
od odległości od wału przeciwpowodziowego Wisły

Odległość od wału przeciwpowodziowego Wisły (w m)	Amplitudy wahań zwierciadła wód gruntowych (w m)
< 90	> 3,0
90–310	3,0–2,0
310–630	2,0–1,5
> 630	< 1,5

wahań zwierciadła wód gruntowych w zależności od odległości od wału przeciwpowodziowego Wisły (fig. 2). Z danych tych wynika, że największe amplitudy zwierciadła wód gruntowych występują w bardzo wąskiej strefie tarasu zalewowego, powyżej 3,0 m w odległości od 90 m od wału przeciwpowodziowego Wisły, 2,0–3,0 m w odległości 90–310 m od wału przeciwpowodziowego, 1,5–2,0 m w odległości 310–630 m i 1,3–1,5 m w większych odległościach. W obszarze tarasu nadzalewowego amplitudy wahań zwierciadła wód gruntowych są mniejsze i wynoszą 0,7–1,3 m, a w wydmach ok. 0,5 m.

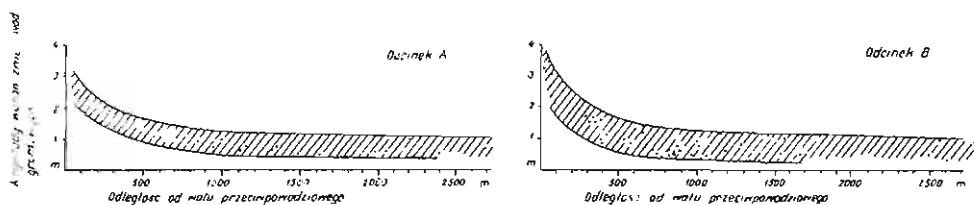


Fig. 2. Zależności amplitud wahań zwierciadła wód gruntowych od odległości od wału przeciwpowodziowego Wisły w obszarze przyległym do zbiornika wodnego „Wyszogród”

Amplitudes of oscillations of groundwater table in relation to the distance from Vistula River flood embankments in area adjoining the Wyszogród water reservoir

A – lewy brzeg Wisły na odcinku Modlin–Secymin (17,5 km), okres obserwacji zwierciadła wód gruntowych I II – 30 XI 1966 r., amplituda wahań wód Wisły 4,45 m; B – lewy brzeg Wisły na odcinku Secymin – ujście Bzury (15,5 km), okres obserwacji zwierciadła wód gruntowych I II – 30 XI 1966 r., amplituda wahań wód Wisły 5,1 m

A – Modlin–Secymin section of left bank of Vistula River (17,5 km long), time of observations of groundwater table – February I – September 30, 1966, amplitude of oscillations of water level in Vistula River – 4,45 m; B – Secymin–Bzura River outlet section of left bank of Vistula River (15,5 km long), time of observations of groundwater table – as above, amplitude of oscillations of water level in Vistula River – 5,1 m

Na podstawie wyników pomiarów można stwierdzić, że wpływ Wisły na wahania zwierciadła wód gruntowych z całą pewnością obejmuje taras zalewowy i częściowo nadzalewowy, jeżeli ten ostatni znajduje się blisko koryta rzecznej. Ogólnie maksymalny wpływ Wisły sięga 1,5–2,0 km od wału przeciwpowodziowego. Zaobserwowano przy tym, że kilkudniowe wezbrania wód rzecznych o wysokościach do 2,5 m nie wpływają na wahania zwierciadła wód gruntowych w odległościach ponad 500 m od koryta rzecznej, a 350 m od wału przeciwpowodziowego, jeżeli te wezbrania mieszczą się w korycie rzecznej.

## WŁASNOŚCI FILTRACYJNE GRUNTÓW

Własności filtracyjne gruntów stanowią podstawę rozważań przy planowaniu lokalizacji sieci drenażowej w terenach depresyjnych przyległych do zbiornika i obliczeń wielkości dopływu wód gruntowych do tej sieci. Projektowanie sieci drenażowej w obszarze przyległym do stopnia „Wyszogród” zostało już zakończone, ale nadal trwają prace nad jej doskonaleniem. W tym celu z dokumentacji geologiczno-inżynierskiej dla pierwotnej lokalizacji stopnia „Wyszogród” zebrano i statystycznie zestawiono wartości średnie i rozrzuty współczynników filtracji gruntów holocenijskich i plejstocenijskich (sypkich i spoistych) wypełniających dolinę Wisły (tab. 3).

Tabela 3

Współczynniki filtracji gruntów czwartorzędowych zbadanych laboratoryjnie przy zagęszczeniu ( $I_b$ ) 0,2–0,6

Rodzaj gruntów	Współczynniki filtracji gruntów w m/s		
	liczba wyników	od–do	wartość średnia
Otoczaki	7	$4,2 \cdot 10^{-4} - 1,0 \cdot 10^{-4}$	$2,6 \cdot 10^{-4}$
Żwir	18	$8,3 \cdot 10^{-4} - 1,2 \cdot 10^{-4}$	$3,8 \cdot 10^{-4}$
Pospółka	67	$7,4 \cdot 10^{-4} - 1,5 \cdot 10^{-5}$	$2,3 \cdot 10^{-4}$
Piasek gruby	9	$5,0 \cdot 10^{-4} - 1,9 \cdot 10^{-4}$	$3,9 \cdot 10^{-4}$
Piasek średni	99	$4,1 \cdot 10^{-4} - 1,3 \cdot 10^{-5}$	$2,0 \cdot 10^{-4}$
Piasek drobny	39	$1,5 \cdot 10^{-4} - 1,5 \cdot 10^{-6}$	$6,6 \cdot 10^{-5}$
Piasek pylasty	5	$1,6 \cdot 10^{-5} - 7,9 \cdot 10^{-7}$	$7,8 \cdot 10^{-6}$
Piasek gliniasty	10	$1,7 \cdot 10^{-6} - 1,9 \cdot 10^{-8}$	$1,6 \cdot 10^{-7}$
Pył piaszczysty	4	$3,6 \cdot 10^{-6} - 1,4 \cdot 10^{-8}$	$1,09 \cdot 10^{-6}$
Gлина piaszczysta	11	$1,9 \cdot 10^{-7} - 3,9 \cdot 10^{-9}$	$5,15 \cdot 10^{-8}$
Gлина	10	$2,1 \cdot 10^{-7} - 5,8 \cdot 10^{-9}$	$5,46 \cdot 10^{-7}$
Gлина pylasta	1	$1,5 \cdot 10^{-9}$	—
Gлина piaszczysta zwięzła	2	$6,9 \cdot 10^{-9} - 6,7 \cdot 10^{-10}$	—
Gлина zwięzła	1	$1,2 \cdot 10^{-8}$	—
Gлина pylasta zwięzła	3	$9,6 \cdot 10^{-9} - 5,1 \cdot 10^{-9}$	$7,86 \cdot 10^{-9}$
И pylasty	2	$4,3 \cdot 10^{-11} - 4,1 \cdot 10^{-11}$	—
И	4	$5,6 \cdot 10^{-10} - 5,3 \cdot 10^{-11}$	$2,8 \cdot 10^{-10}$
Namuł pylasty	2	$5,2 \cdot 10^{-9} - 5,8 \cdot 10^{-10}$	—

Próbki gruntów sypkich i spoistych były pobrane z otworów wiertniczych, wykonanych dla rozpoznania warunków geologiczno-inżynierskich terenu przyległego do stopnia wodnego.

Próbki gruntów sypkich pochodzą z głęb. do 12,4 m od powierzchni terenu, natomiast próbki gruntów spoistych o nienaruszonej strukturze z głębokości większych. Dla gruntów sypkich współczynnik filtracji badano laboratoryjnie przy stopniach zagęszczenia od 0,2 do 0,6, tj. w stanie luźnym i średniozagęszczonym, stąd ich wartości wykazują duże zróżnicowanie (tab. 3).

Badania filtracji gruntów sypkich i spoistych wykonano na specjalnie przysto-

Tabela 4

**Współczynniki filtracji w m/s czwartorzędowych gruntów sypkich  
badanych metodami Maaga i laboratoryjną**

Rodzaj gruntu	Metoda Maaga		Metoda laboratoryjna	
	liczba wyników	od – do	liczba wyników	od – do
Żwir	2	$6,5 \cdot 10^{-5} - 4,1 \cdot 10^{-5}$	2	$3,2 \cdot 10^{-4} - 1,2 \cdot 10^{-4}$
Pospółka	1	$1,1 \cdot 10^{-5}$	1	$1,5 \cdot 10^{-4}$
Piasek średni	6	$2,6 \cdot 10^{-4} - 3,8 \cdot 10^{-5}$	5	$2,4 \cdot 10^{-4} - 7,4 \cdot 10^{-5}$

sowanym aparacie trójosiowego ściskania. W przypadku gruntów spoistych przez próbkę przepuszczano wodę o ciśnieniu maksymalnym do 0,4 MPa, którego wielkość zależna jest od przepuszczalności gruntów spoistych. Współczynniki filtracji obliczano za pomocą odpowiedniego wzoru z ilości wody przefiltrowanej przez próbkę gruntu w określonym czasie.

Własności filtracyjne gruntów badano również metodami polowymi w otworach wiertniczych przez zalewanie i szcerpywanie w środowisku naturalnym. Współczynniki filtracji obliczono wówczas za pomocą wzorów Maaga i Reeve-Don Kirkhoma. Pierwszy wzór zastosowano dla strefy gruntów sypkich do głęb. 7,5 m, a drugi do głęb. 12,2 m. Z gruntów badanych metodami polowymi pobrano również próbki do badań laboratoryjnych. Wartości współczynników filtracji określane obiema metodami ilustrują tab. 4 i 5. Z zestawienia widać, że wyniki otrzymane laboratoryjnie są w kilku przypadkach zawyżone w stosunku do uzyskanych metodami polowymi. Jest to zrozumiałe, ponieważ badania laboratoryjne nie odzwierciedlają stanu zagęszczenia gruntów sypkich w warunkach naturalnych. Wyniki zawarte we wszystkich tabelach wykazują znaczny rozrzut współczynników filtracji. Własności filtracyjne gruntów sypkich dla całego obszaru Doliny Dolnej Wisły zostały rozpatrzone w artykule M. Perka (1981).

Przy obliczaniu wielkości dopływu wód od strony zbiorników do przywałowego

Tabela 5

**Współczynniki filtracji w m/s czwartorzędowych gruntów sypkich  
badanych metodami Reeve-Don Kirkhama i laboratoryjną**

Rodzaj gruntu	Metoda Reeve-Don Kirkhama			Metoda laboratoryjna		
	liczba wyników	od – do	wartość średnia	liczba wyników	od – do	wartość średnia
Otoczaki	6	$3,2 \cdot 10^{-4} - 7,8 \cdot 10^{-5}$	$1,9 \cdot 10^{-4}$	2	$4,1 \cdot 10^{-4} - 1,5 \cdot 10^{-4}$	–
Żwir	8	$2,1 \cdot 10^{-4} - 4,5 \cdot 10^{-5}$	$1,2 \cdot 10^{-4}$	1	$1,3 \cdot 10^{-4}$	–
Pospółka	13	$3,0 \cdot 10^{-4} - 5,8 \cdot 10^{-5}$	$1,6 \cdot 10^{-4}$	5	$1,8 \cdot 10^{-4} - 8,7 \cdot 10^{-5}$	$1,5 \cdot 10^{-4}$
Piasek średni	45	$4,3 \cdot 10^{-4} - 1,3 \cdot 10^{-5}$	$5,9 \cdot 10^{-5}$	11	$2,8 \cdot 10^{-4} - 5,8 \cdot 10^{-5}$	$1,6 \cdot 10^{-4}$
Piasek drobny	12	$7,6 \cdot 10^{-5} - 1,3 \cdot 10^{-5}$	$4,0 \cdot 10^{-5}$	2	$1,3 \cdot 10^{-4} - 1,0 \cdot 10^{-4}$	$1,1 \cdot 10^{-4}$



rowu drenażowego własności filtracyjne piasków będą mniejsze po uwzględnieniu oporu hydraulicznego warstwy wodonośnej na linii brzegu przyszłego zbiornika wodnego. Ponadto, w miarę upływu czasu nastąpi zmniejszenie się filtracji wód ze zbiornika w związku ze zwiększeniem się kolmatacji jego dna.

### PROGNOSTYCZNA OCENA ZMIAN ZWIERCIADŁA WÓD GRUNTOWYCH PO SPIĘTRZENIU ZBIORNIKA „WYSZOGRÓD”

Z obserwacji wód gruntowych w różnych rejonach Doliny Dolnej Wisły wiadomo, że decydującymi czynnikami ich wahań są opady atmosferyczne i zmienne stany wód Wisły. Do prognostycznej analizy wpływu stopnia na wody gruntowe w terenach przyległych najlepiej nadaje się roczny stan minimalny, a jeszcze lepiej wieloletni stan minimalny. Stany te mają miejsce w okresie suszy i przy drenującym charakterze rzeki. Do rozważań nad wpływem stopnia wykorzystano roczny stan minimalny zwierciadła wód gruntowych określony pomiarami w 1966 r., który ilustrują przekroje hydrogeologiczne (fig. 3). Ze względu na znaczne zmniejszenie rysunków nie uwzględniono na nich rozprzestrzenia namulów, które miejscami występują w strefie przypowierzchniowej tarasu zalewowego przeciętnie do głęb. 3,0 m, a maksymalnie 6,0 m. Oprócz namulów w dolinie Wisły spotykane są osady dobrze przepuszczalne, złożone z piasków różnej granulacji, pospółek oraz lokalnie ze żwirów i otoczków. Projektowane rowy drenażowe muszą przecinać całą warstwę namulów, tak aby ich dno zagłębiało się w zawodnione osady przepuszczalne.

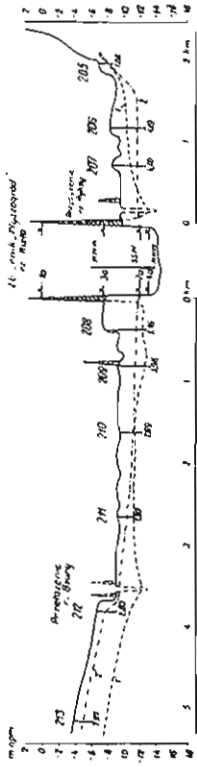
Przekroje hydrogeologiczne mają przebieg możliwie prostopadły do projektowanego zbiornika wodnego i obejmują wszystkie jednostki geomorfologiczne w dolinie Wisły i Narwi. Na przekrojach hydrogeologicznych IV–VIII (fig. 3), rozmieszczonych na wschód od ujścia Bzury, zilustrowano 3 stany zwierciadła wód gruntowych: dwa charakterystyczne stany roczne z 1966 r. – minimalny (najgłębszy) i maksymalny (naj płytszy) – oraz stan prognostyczny. Przy interpretacji stanu prognostycznego uwzględniono rzędne zwierciadła wód powierzchniowych projektowanej sieci drenażowej i zbiornika, a na terenach dalszych – roczny stan minimalny zwierciadła wód gruntowych z 1966 r. Na przekrojach hydrogeologicznych I–III, rozmieszczonych między zaporą czołową a ujściem Bzury, zilustrowano tylko 2 stany zwierciadła wód gruntowych: zmierzony w okresie 17–20.03.1980 roku oraz stan prognostyczny. Stan niski z 17–20.03.1980 r. można przyjąć za roczny minimalny lub do niego zbliżony, ponieważ stan Wisły i opady atmosferyczne w następnych miesiącach 1980 r. były wysokie.

Dla określenia położenia zwierciadła z pomiarów jednorazowych w 1980 r. w stosunku do stanów rocznych – minimalnego i maksymalnego z 1966 r. – pomierzono w tym okresie (17–20.03.1980 r.) również zwierciadło wód gruntowych w dwóch przekrojach hydrogeologicznych, w których dokonano pomiarów w 1966 r., a zlokalizowanych na wschód od ujścia Bzury. Podczas pomiarów jednorazowych w 1980 r. stan wód Wisły znajdował się na poziomie średniej ze stanów najniższych z lat 1956–1974, czyli ok. 1,0 m powyżej najniższej wartości w tym okresie (NW). Natomiast roczny stan minimalny zwierciadła wód gruntowych z 1966 r. odpowiadał najniższej wartości zwierciadła wód Wisły w okresie 1956–1974 (NW).

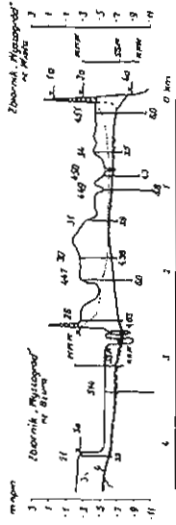
Porównanie rocznego stanu minimalnego ze stanem jednorazowym zwierciadła wód gruntowych pozwala na następujące uogólnienie:

W obszarze położonym do 0,5 km od wałów przeciwpowodziowych zwierciadło wód gruntowych z pomiarów jednorazowych znajduje się ok. 0,5 m powyżej rocznego stanu minimalnego z 1966 r., natomiast w większych odległościach tylko

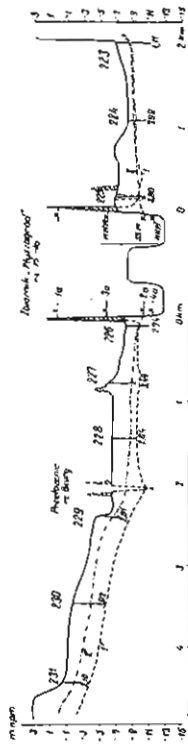
PRZEKRÓJ I-I'



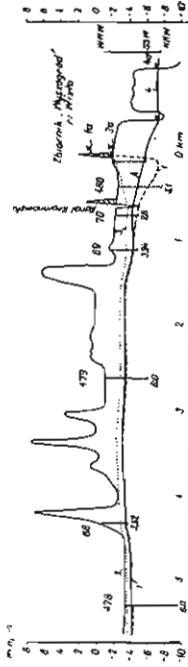
PRZEKRÓJ V-V'



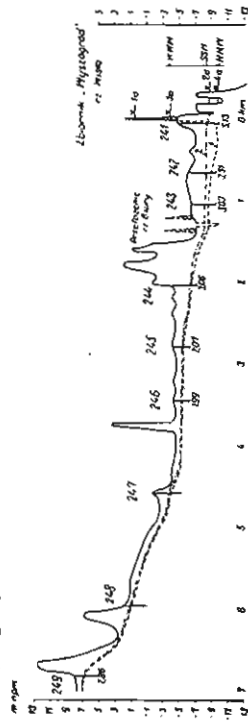
PRZEKRÓJ II-II'



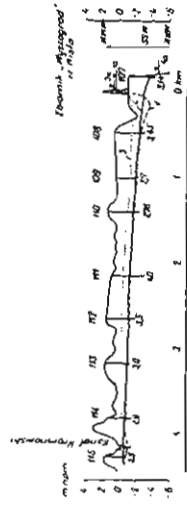
PRZEKRÓJ VI-VI'



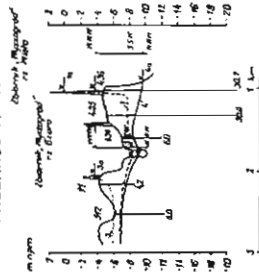
PRZEKRÓJ III-III'



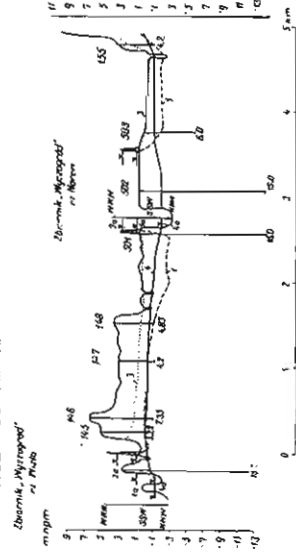
PRZEKRÓJ VII-VII'



PRZEKRÓJ IV-IV'



PRZEKRÓJ VIII-VIII'



0,1–0,3 m powyżej tego stanu. Nieduża różnica między tymi stanami pozwala w dalszych rozważaniach prognostycznych traktować stan z pomiarów jednorazowych na równi z rocznym stanem minimalnym z 1966 r., zwłaszcza na terenach poza projektowaną siecią drenażową.

W obszarze tarasu zalewowego wahania zwierciadła wód gruntowych zależą od wahań wód Wisły, Bzury i Narwi, dlatego wszystkie stany zwierciadła wód gruntowych, uwidocznione na przekrojach hydrogeologicznych, zostały dowiązane do odpowiadających im stanów wód tych rzek oraz do projektowanego poziomu maksymalnego wody w zbiorniku „Wyszogród”. Na przekrojach umieszczono również rzędne charakterystycznych stanów wieloletnich wód rzecznych z lat 1956–1974. Na ich tle roczny stan minimalny zwierciadła wód gruntowych z 1966 r. w obszarze przyległym do zbiornika odpowiada najniższej wartości z okresu obserwacji (NW), a w rejonie cofkowym zbiornika znajduje się kilkadziesiąt centymetrów powyżej tego stanu. Roczny stan maksymalny z 1966 r. w obszarze przyległym do zbiornika odpowiada stanowi najwyższemu z lat 1956–1974 (WW), a w rejonie cofkowym zbiornika znajduje się kilkadziesiąt centymetrów powyżej tego stanu (WW). Jak z tego wynika, roczne amplitudy wahań zwierciadła wód gruntowych w poszczególnych studniach gospodarskich i piezometrach na obszarze wpływu Wisły, Narwi i Bzury są wynikiem największych wahań rocznych wód rzecznych w 1966 r. w zakresie od najniższego do najwyższego wieloletniego z lat 1956–1974.

Sieć drenażowa wraz z przepompowniami jest projektowana na tarasie zalewowym w bezpośrednim sąsiedztwie zbiornika wodnego. Do sieci tej włączono również Kanał Kromnowski. Do odwzorowania krzywych depresji prognostycznego zwierciadła wód gruntowych w przekrojach prostopadłych do zbiornika stosowano wzory A.W. Romanowa (*vide* S.K. Abramow i in., 1964) uwzględniające jeden lub dwa ciągi drenażowe (J. Sokołowski, 1966).

Rzędne krzywej depresji (wysokości ciśnień piezometrycznych) w poszczególnych punktach obniżonego zwierciadła wód gruntowych określa się według wzoru:

– dla przekroju między zbiornikiem i pierwszym drenażem

$$H_x = H_2 + \frac{H_1 - H_2}{L} \cdot l - \frac{q_1}{k \cdot T_1} \left( x - x_1 + \frac{l_1}{2} - \frac{l_1 \cdot x}{L} \right) - \frac{q_2}{k \cdot T_1} \left( x - x_2 + \frac{l_2}{2} - \frac{l_2}{L} \right) \text{ [m]}$$

Fig. 3. Przekroje hydrogeologiczne stanów zwierciadła wód gruntowych, wód w rzekach i w projektowanym zbiorniku „Wyszogród”

Hydrogeological sections showing levels of groundwater table and water table in rivers and the designed Wyszogród water reservoir

Stany zwierciadła wód gruntowych: 1 – stan prognostyczny po spiętrzeniu zbiornika, 2 – stan z pomiarów jednorazowych w dniach 17–20 III 1980 r., 3 – stan maksymalny w 1966 r., 4 – stan minimalny w 1966 r.; stany wód w rzekach i w zbiorniku wodnym: 1a – eksploatacyjny stan wody spiętrzonej w zbiorniku, 2a – stan wody w rzekach z okresu pomiarów jednorazowych w dniach 17–20 III 1980 r., 3a – stan maksymalny w 1966 r., 4a – stan minimalny w 1966 r.; stany wieloletnie wód rzecznych z lat 1956–1974: WWW – najwyższa wartość obserwowana, SSW – średnia wartość w okresie, NNW – najniższa wartość obserwowana

Levels of groundwater table: 1 – forecasted level after filling up the reservoir, 2 – according to single measurements taken in March 17–20, 1980, 3 – the maximum level for the year 1966, 4 – the minimum level for the year 1966; water level in rivers and the reservoir: 1a – exploitational, after filling up the reservoir, 2a – in rivers, according to single measurements taken in March 17–20, 1980, 3a – the maximum level for the year 1966, 4a – the minimum level for the year 1966; many-years' water levels in rivers for the years 1956–1974: WWW – the highest recorded value, SSW – mean value for this time interval, NNW – the lowest recorded value

– dla przekroju między pierwszym i drugim drenażem

$$H_x = H_2 \frac{H_1 - H_2}{L} \cdot l - \frac{q_1 \cdot l_1}{k \cdot T_1} \left(0,50 - \frac{x}{L}\right) - \frac{q_2}{k \cdot T_1} \left(x - x_2 + \frac{l_2}{2} - \frac{l_2 \cdot x}{L}\right) \text{ [m]}$$

– dla przekroju między drugim drenażem i kanałem, rzeką lub łąką

$$H_x = H_2 + \frac{H_1 - H_2}{L} \cdot l - \left(\frac{q_1 \cdot l_1}{k \cdot T_1} + \frac{q_2 \cdot l_2}{k \cdot T_1}\right) \left(0,50 - \frac{x}{L}\right) \text{ [m]}$$

gdzie:  $T_1$  – zastępcza miąższość warstwy przepuszczalnej w metrach, którą oblicza się ze wzoru:  $T_1 = T + \frac{h_1 + h_2}{2}$  [m];  $k$  – współczynnik filtracji;  $q_1$  – jednostkowy wydatek drenażu I w  $\text{m}^3/\text{dobę}/\text{mb}$ ;  $q_2$  – jednostkowy wydatek drenażu II w  $\text{m}^3/\text{dobę}/\text{mb}$ ; pozostałe symbole oznaczenia we wzorach jak na fig. 4.

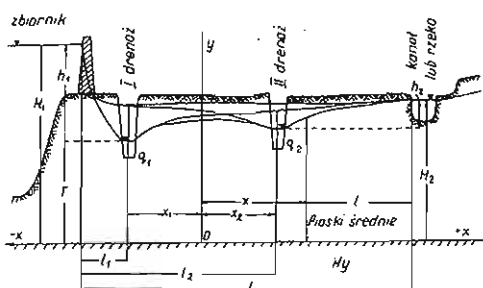


Fig. 4. Schematyczny przekrój obliczeniowy do wzorów matematycznych A.W. Romanowa (fide S.K. Abramow i in., 1964) Sketch section for calculations made using equations proposed by A.W. Romanow (fide S.K. Abramow et al., 1964)

Siecią drenażową przewiduje się odwodnienie, redukujące ciśnienie wód naporowych i miejscami również wód gruntowych do takiego stanu, aby tereny przyległe można było użytkować przede wszystkim dla celów rolniczych. Stan ten będzie zapewniony pod warunkiem stałej konserwacji sieci drenażowej.

Przy założeniu sprawnie działającej sieci drenażowej, dla zilustrowania kształtowania się prognostycznego stanu zwierciadła wód gruntowych po spiętrzeniu zbiornika, opracowano 3 mapy hydrogeologiczne (fig. 5–7) w skali 1:50 000. Dotyczą one:

- prognostycznych hydroizohips;
- zmian położenia prognostycznego zwierciadła wód gruntowych w stosunku do stanu minimalnego z 1966 r.;
- prognostycznych zakresów głębokości zwierciadła wód gruntowych po spiętrzeniu zbiornika.

Mapa prognostycznych hydroizohips (fig. 5) w strefie wpływu stopnia przedstawia ukształtowanie zwierciadła wód gruntowych zależnie od pracy sieci drenażowej w powiązaniu z przepompowniami. Na obszarach nie objętych wpływem przebiegu hydroizohips prognostycznych jest zgodny z rocznym stanem minimalnym z 1966 r. Kształtowanie się zwierciadła wód gruntowych będzie tu zależne od dotychczasowych czynników, głównie opadów atmosferycznych i bocznego dopływu podziemnego.

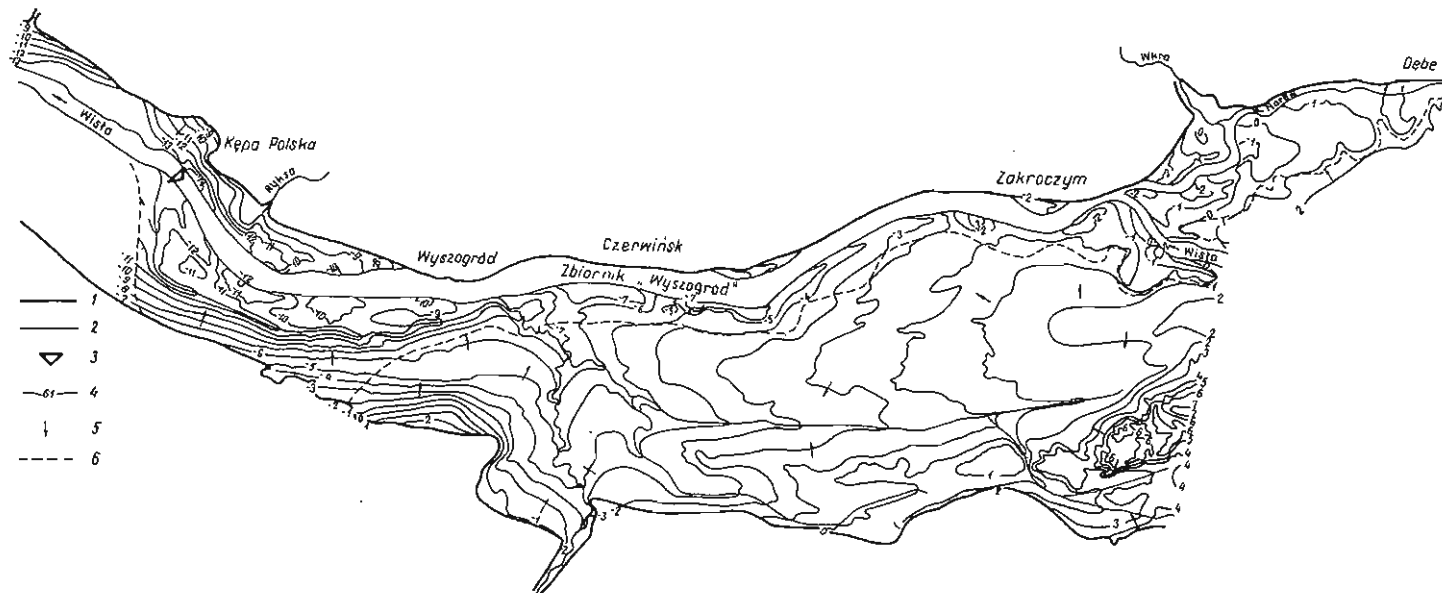


Fig. 5. Mapa prognostycznych hydroizohips zwierciadła wód gruntowych po spiętrzeniu zbiornika „Wyszogród” na Wiśle  
 Map of prognostic hydroisohypses of groundwater table after filling up the Wyszogród reservoir

1 – krawędź wysoczyzny plejstocenijskiej; 2 – brzeg zbiornika wodnego lub rzeki; 3 – projektowana zapora czołowa stopnia wodnego „Wyszogród”; 4 – prognostyczne hydroizohipsy zwierciadła wód gruntowych po spiętrzeniu zbiornika wodnego (wartości w metrach względem poziomu spiętrzenia wody w zbiorniku); 5 – kierunki odpływu wód gruntowych; 6 – granice wpływu stopnia „Wyszogród” na wody gruntowe

1 – margin of Pleistocene plateau; 2 – margin of water reservoir or river; 3 – designed front dam of the Wyszogród cascade; 4 – prognostic hydroisohypses of groundwater table after filling up the reservoir (values in meters in relation to water rise level in the reservoir); 5 – directions of outflow of groundwater; 6 – extent of influence of the reservoir on groundwater level

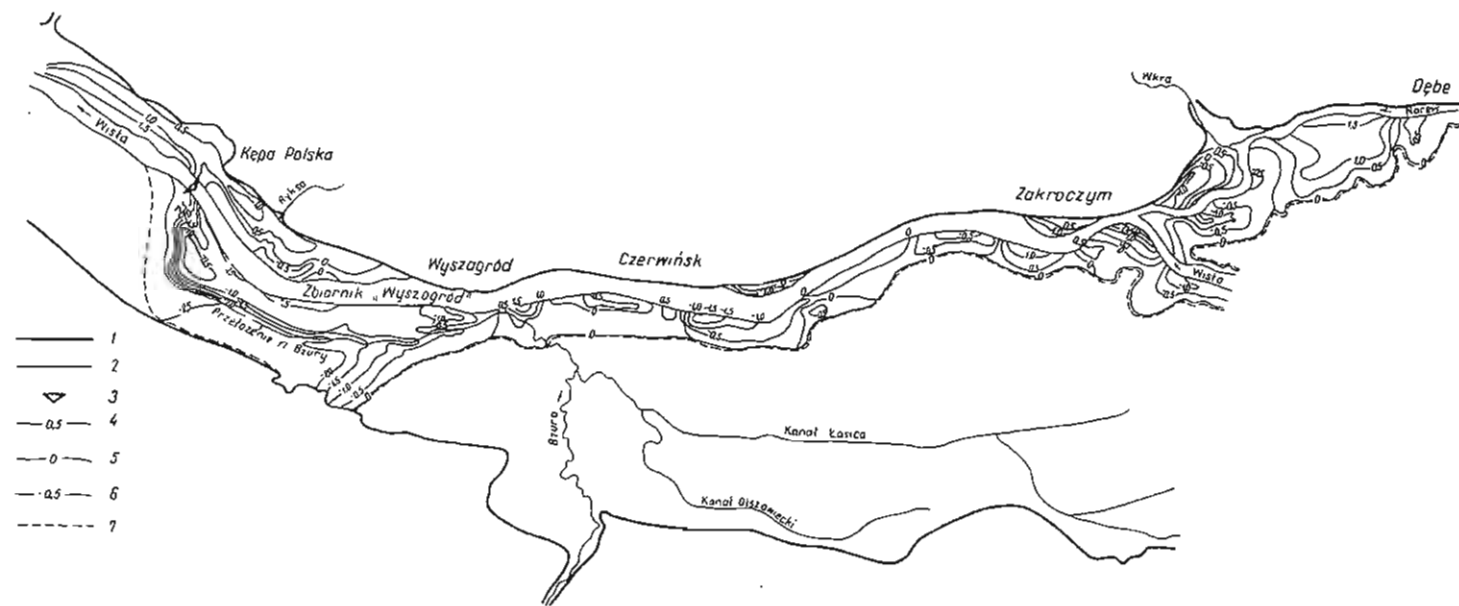


Fig. 6. Mapa zmian położenia prognostycznego zwierciadła wód gruntowych w odniesieniu do rocznego stanu minimalnego zwierciadła w 1966 r.  
Map of prognostic changes in location of groundwater table in relation to the minimum annual level in 1966

1 – krawędź wysoczyzny plejstoceniowej; 2 – brzeg zbiornika wodnego lub rzeki; 3 – projektowana zapora czołowa stopnia wodnego „Wyszogród”; 4 – izolinia zmian prognostycznego zwierciadła wód gruntowych ponad roczny stan minimalny zwierciadła tych wód w 1966 r. w metrach; 5 – izolinia występowania prognostycznego zwierciadła wód gruntowych zgodnie z rocznym stanem minimalnym zwierciadła tych wód w 1966 r. w metrach; 6 – izolinia zmian prognostycznego zwierciadła wód gruntowych poniżej rocznego stanu minimalnego zwierciadła tych wód w 1966 r. w metrach; 7 – granica wpływu stopnia „Wyszogród” na wody gruntowe

1 – margin of Pleistocene plateau; 2 – margin of water reservoir or river; 3 – designed front dam of the Wyszogród cascade; 4 – isoline of prognostic changes of groundwater table in relation to the minimum annual level in 1966 (in meters); 5 – isoline of location of prognostic groundwater table in accordance with the minimum level of the table in 1966 (in meters); 6 – isoline of prognostic changes of groundwater table down in relation to the minimum level in 1966 (in meters); 7 – extent of influence of the reservoir on groundwater level

W opracowaniu oryginalnym na mapie tej wniesiono również obszary namulów i ich miąższości. Wchodzą one przeważnie w skład tarasu zalewowego, na którym projektowana jest sieć drenażowa. Większe obszary namulów o miąższościach powyżej 3,0 m mogą mieć istotne znaczenie dla projektowania sposobu odwodnienia terenu. Jako grunty mało przepuszczalne będą poważnie utrudniać dopływ wód gruntowych do rowów drenażowych. W przypadku gdy projektowane rowy drenażowe nie będą przecinać spągu namulów, powinny być rozpatrzone możliwości dodatkowego wykonania w nich studzienek sięgających warstwy przepuszczalnej. Namuły w innych obszarach o miąższościach znacznie mniejszych nie będą utrudniać dopływu wód gruntowych do rowów drenażowych.

Należy tu zaznaczyć, że w terenach przyległych do zbiornika między zaporą czołową w Kępie Polskiej a ujściem Bzury rozprzestrzenienie namulów bez podania ich miąższości zaczerpnięto ze Szczegółowej Mapy Geologicznej Polski 1:50 000 i innych (A. Makowska, H. Ruszczyńska, 1956; A. Makowska, S. Skompski, 1962; E. Falkowski, 1979).

W podsumowaniu warunków rozpatrywanych w obszarze przyległym do zbiornika „Wyszogród” opracowano mapę zmian położenia prognostycznego zwierciadła wód gruntowych w stosunku do rocznego stanu minimalnego z 1966 r. (fig. 6). Wartości dodatnie izolacji oznaczają prognostyczne zwierciadło wód gruntowych powyżej rocznego stanu minimalnego z 1966 r., zaś ujemne – prognostyczne zwierciadło poniżej tego stanu. Izolinia zerowa oznaczona dodatkową linią przerywaną, przebiegająca równoległe do zbiornika, stanowi w tym przypadku granicę zasięgu wpływu stopnia na wody gruntowe. Granicę tę zaznaczono również na mapie prognostycznej hydroizohips (fig. 5). Izolinia zerowa występująca miejscami w obszarze wpływu stopnia na wody gruntowe jest równocześnie działem lokalnym prognostycznego stanu zwierciadła wód gruntowych.

Wpływ stopnia na wody gruntowe obejmuje jak wspomniano przede wszystkim taras zalewowy, a tylko lokalnie nadzalewowy (rejon Nowego Dworu Maz., obszary między Kazuniem Polskim a Grochalami Starymi, Bzurą i Wisłą w Przęsławicach oraz na zachód od ujścia Bzury). Na odcinku Łaziska – Słubice wpływ ten rozszerza się na cały taras nadzalewowy w związku z drenującym charakterem projektowanego tu przełożenia Bzury. Obszar wpływu ma zmienną szerokość od 0,3 km na odcinku Kazuń Polski – Grochałe Stare do ok. 4,5 km na odcinku Łaziska – Słubice. Sieć drenażowa będzie likwidowała wpływ piętrzenia zbiornika na wody gruntowe. Nie spowoduje większych zmian w położeniu zwierciadła wód gruntowych, które najczęściej będzie się znajdować w granicach ok.  $\pm 0,5$  m w stosunku do rocznego stanu minimalnego z 1966 r. Jedynie w sąsiedztwie przełożenia Bzury i przepompowni zwierciadło wód gruntowych obniży się do ok. 2,6 m poniżej tego stanu.

W całym obszarze wpływu stopnia zwierciadło wód gruntowych będzie zależne od sieci drenażowej, a jego wahania wyniosą ok. 0,6 m w stosunku rocznym. Na przeważającym obszarze zwierciadło to będzie występować na głęb. 1,0–3,0 m, a w rejonach niektórych przepompowni na głęb. 4,0–5,0 m.

Na tarasie nadzalewowym między Łaziskami i Słubicami obniżenie zwierciadła wód gruntowych do głęb. 3,0–4,0 m spowodowane będzie drenującym charakterem projektowanego w pobliżu przełożenia Bzury. Najpłycej, bo od 0,5 do 0,8 m poniżej powierzchni terenu znajdzie się zwierciadło wód gruntowych na tarasie zalewowym w cofce na Narwi między Górą a Topoliną i w rejonie Pomiechowa oraz w cofce na Wiśle między Kazuniem Nowym i Czastkowem Maz.

Stale utrzymywanie się zwierciadła wód gruntowych w pobliżu powierzchni

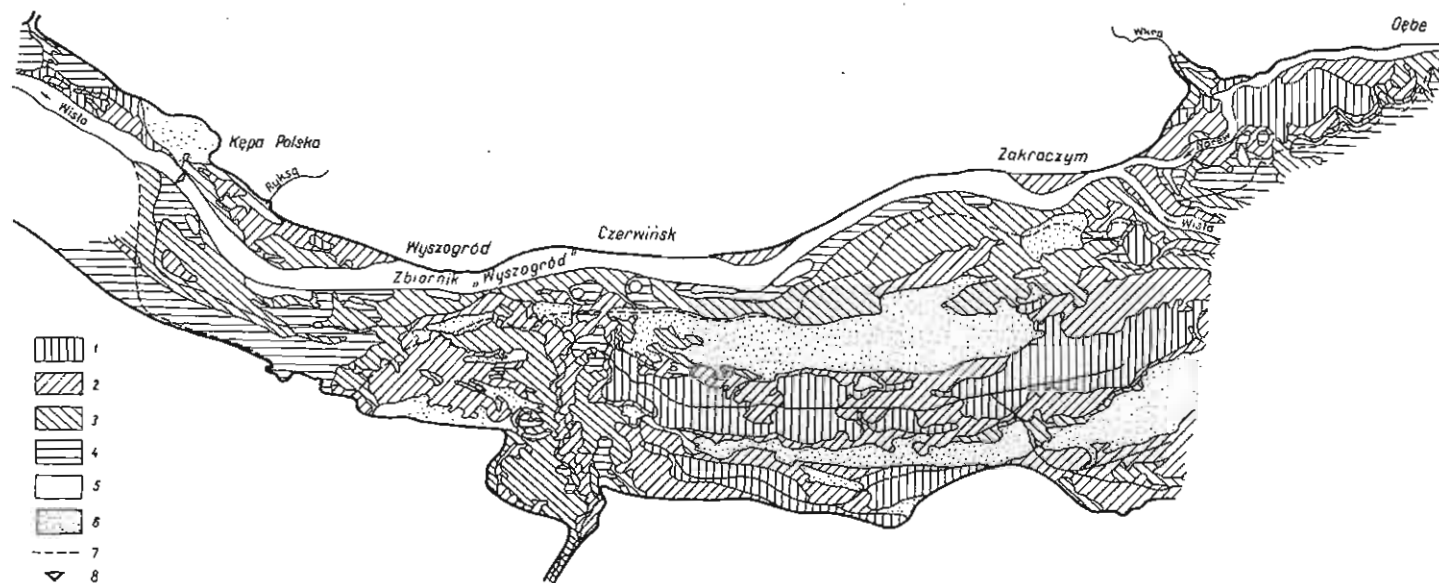


Fig. 7. Mapa prognostycznych głębokości zwierciadła wód gruntowych po spiętrzeniu zbiornika „Wyszogród” na Wiśle

Map of prognostic level of groundwater table after filling up to Wyszogród reservoir

Prognostyczne zakresy głębokości zwierciadła wód gruntowych w metrach: 1 – 0–1; 2 – 1–2; 3 – 2–3; 4 – 3–4; 5 – 4–5; 6 – od 3 do maksymalnej głębokości 28 m; 7 – granica wpływu stopnia „Wyszogród” na wody gruntowe; 8 – projektowana zapora czołowa stopnia wodnego „Wyszogród”

Prognostic ranges of groundwater table level in meters: 1 – 0–1; 2 – 1–2; 3 – 2–3; 4 – 3–4; 5 – 4–5; 6 – from 3 to the maximum depth of 28 m; 7 – extent of influence of the Wyszogród cascade on groundwater level; 8 – designed front dam of the Wyszogród cascade



terenu na skutek intensywnych opadów atmosferycznych może pośrednio przyczyniać się do powstawania okresowych podmokłości lub podtopień niżej położonych części tarasu zalewowego. W tej sytuacji należałoby rozpatrzyć możliwość odpowiedniego obniżenia poziomu wód w sieci drenażowej, tak aby zwierciadło wód gruntowych po spiętrzeniu zbiornika występowało w tych terenach na głęb. 1,0–1,2 m. Podobnie przedstawia się sprawa w rejonie Pomiechowa i na odcinku Kazuń Nowy – Cząstków Maz.

Na terenach doliny Wisły i Narwi nie objętych wpływem stopnia wahania zwierciadła wód gruntowych będą się kształtować jak dotychczas głównie w zależności od opadów atmosferycznych i bocznego dopływu podziemnego. W obszarach podmokłych Puszczy Kampinoskiej, wzdłuż kanałów Łasica i Olszowieckiego zwierciadło wód gruntowych występuje przeważnie na głęb. do 1,0 m od powierzchni terenu i jest nisko położone w stosunku do stanu wody Bzury i Wisły. Kanały te nie zapewniają szybkiego odprowadzenia nadmiaru wód z terenów podmokłych do Bzury z powodu zbyt małych spadków hydraulicznych. Wiosną lub po intensywnych i długotrwałych opadach woda znajduje się okresowo na powierzchni terenu.

Występowanie zwierciadła wód gruntowych na większych głębokościach, tj. od 4 do 5 m i od 3 do 28 m (głębokość maksymalna), związane jest z wydymami tarasu nadzalewowego. Głębokości te zależą od konfiguracji powierzchni wydym.

Po wybudowaniu stopnia „Wyszogród” kierunki odpływu wód gruntowych nie ulegną zmianie. Również wpływowi stopnia nie będzie podlegał chemizm wód gruntowych. W sąsiedztwie zbiornika zwiększy się wilgotność powietrza, co wpłynie korzystnie na rozwój flory na wydymach Puszczy Kampinoskiej.

Poza oddziaływaniem zbiornika i sieci drenażowej będą się również znajdować tereny leżące na lewym brzegu Wisły, poniżej zaporę czołowej w kierunku Dobrzykowa.

Realizacja stopnia nie spowoduje głębokiego krążenia wód ze zbiornika, które uzewnętrzniałoby się w stanach wód gruntowych na terenach poza oddziaływaniem sieci drenażowej. Potwierdzają to wyniki badań autora nad rozmiarami wpływu zbiornika „Włocławek” na wody gruntowe terenów przyległych (M. Perek, 1977, 1978). Jak wiadomo stopień „Wyszogród” będzie realizowany w podobnych warunkach geologicznych, geomorfologicznych i hydrogeologicznych.

W osadach piaszczystych wysoczyzny plejstoceńskiej, której zbocze od strony północnej stanowić będzie naturalny brzeg zbiornika „Wyszogród”, nastąpi podwyższenie się zwierciadła wód gruntowych ponad poziom piętrzenia w zbiorniku. Nie będzie to miało jednak praktycznego znaczenia dla gospodarki, ponieważ zwierciadło to będzie nadal występować bardzo głęboko ok. 20 m poniżej powierzchni terenu. Jedynie falowanie wód w zbiorniku, powodujące podcinanie zboczy i usuwanie materiału gruntowego, będzie wznagało ruchy masowe.

## WNIOSKI

1. Wpływ stopnia na wody gruntowe obejmuje przede wszystkim taras zalewowy, a tylko miejscami nadzalewowy (okolice Pomiechowa, Nowego Dworu Maz., między Grochalami Starymi i Kazuniem Polskim, Przęsławice przy ujściu Bzury do Wisły oraz na zachód od Bzury). Na odcinku Słubice – Łaziska wpływ stopnia rozszerzy się na cały taras nadzalewowy w związku z drenującym charak-

terem projektowanego przełożenia Bzury. Obszar objęty wpływem ma szerokość od 0,3 km na odcinku Grochale Stare – Kazuń Polski do ok. 4,5 km na odcinku Słubice – Łaziska. Między Secyminem Nowym i Grochalami Starymi wpływ stopnia na wody gruntowe obejmuje ok. połowę szerokości tarasu zalewowego. Jego zasięg na tym odcinku zbiornika wyniesie od 1,0 do 2,0 km.

2. Zmienny zasięg wpływu stopnia na wody gruntowe oraz kształtowanie się ich zwierciadła będą zależę od sieci drenażowej.

3. Projektowana sieć drenażowa będzie likwidowała wpływ zbiornika na wody gruntowe. Nie spowoduje większych zmian w położeniu zwierciadła wód gruntowych, które najczęściej będzie się znajdować w granicach ok.  $\pm 0,5$  m rocznego stanu minimalnego z 1966 r. Jedynie w sąsiedztwie przełożenia Bzury i przepompowni zwierciadło wód gruntowych obniży się do ok. 2,6 m poniżej tego stanu.

4. W obszarze wpływu stopnia wahania zwierciadła wód gruntowych wyniosą ok. 0,6 m w stosunku rocznym.

5. Na tarasie zalewowym zwierciadło wód gruntowych będzie występować na głęb. od 1,0 do 3,0 m, a w rejonach niektórych przepompowni znacznie głębiej od 4,0 do 5,0 m. Na tarasie nadzalewowym między Łaziskami i Słubicami zwierciadło wód gruntowych obniży się o 3,0–4,0 m, co będzie spowodowane przełożeniem Bzury. Najpłycej (0,5–0,8 m) od powierzchni terenu wystąpi zwierciadło wód gruntowych w tarasie zalewowym w cofce zbiornika na Narwi na odcinku Topolina – Góra i w rejonie Pomiechowa oraz w cofce zbiornika na Wiśle między Kazuniem Nowym i Cząstkowem Maz. Stałe utrzymywanie się w tych rejonach zwierciadła wód gruntowych w pobliżu powierzchni terenu może przyczynić się do powstania okresowych podmokłości lub podtopień wskutek intensywnej opadów atmosferycznych. Należałoby rozpatrzyć ewentualną możliwość odpowiedniego obniżenia poziomu wody w sieci drenażowej, tak aby zwierciadło wód gruntowych po spiętrzeniu zbiornika występowało tu na głęb. 1,0–1,2 m.

6. Obszary namulów o miąższości ponad 3,0 m mogą utrudniać dopływ wody do rowów drenażowych. Jeśli projektowane rowy drenażowe nie będą przecinać spągu namulów, należy rozpatrzyć możliwość dodatkowego wykonania w nich studzienek do warstwy przepuszczalnej.

7. Realizacja stopnia „Wyszogród” nie spowoduje głębszego krążenia wód ze zbiornika, które uzewnętrzniałoby się w stanach wód gruntowych na terenach dalszych poza strefą wpływu.

8. W przypadku braku należytej konserwacji sieci drenażowej mogą nastąpić zakłócenia w kształtowaniu się zwierciadła wód gruntowych.

## PIŚMIENNICTWO

- FALKOWSKI i in. (1979) – Opracowanie mapy geologicznej, morfo- i litogenetycznej w skali 1:25 000 na podstawie klucza fotointerpretacyjnego dla potrzeb zagospodarowania hydrotechnicznego odcinka Wisły od Warszawy do Płocka (km 505–629). Arch. UW. Warszawa.
- MAKOWSKA A., RUSZCZYŃSKA H. (1956) – Szczegółowa Mapa Geologiczna Polski, ark. Wyszogród, skala 1:50 000. Inst. Geol. Warszawa.
- MAKOWSKA A., SKOMPSKI S. (1962) – Szczegółowa Mapa Geologiczna Polski, ark. Słubice, skala 1:50 000. Inst. Geol. Warszawa.
- PEREK M. (1977) – Zakres badań dla oceny wpływu piętrzenia zbiornika na Wiśle we Włocławku na stan wód gruntowych. Prz. Geol., 25, p. 317–319, nr 6.
- PEREK M. (1978) – Wpływ zbiornika we Włocławku na wody gruntowe obszarów przyległych (lewy brzeg Wisły). Kwart. Geol., 22, p. 635–651, 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.
- SOKOŁOWSKI J. (1966) – Przykłady obliczeń odwodnień budowli i terenów budowlanych. Wyd. SGGW. Warszawa.
- АБРАМОВ С.К., КУЗНЕЦОВА В.А., МУФТАХОВ А.З. (1964) – Пластовые дренажи в промышленном и городском строительстве. Москва.

Мариан ПЕРЕК

**ПРОГНОЗ ВЛИЯНИЯ ВОДОПОДЪЕМНОЙ ПЛОТИНЫ  
„ВЫШОГРУД” НА ГРУНТОВЫЕ ВОДЫ**

Резюме

В проекте второго варианта регулирования вод Виспы предусмотрено сооружение в нижнем течении реки фронтальной плотины водного каскада „Вышогруд” в Кемпе Польской (около 20 км на СЗ от устья реки Бзура). Эта плотина поднимает воды Виспы примерно на 12 м, а подпор образовавшегося водохранилища достигнет на Висле следующей запроектированной плотины „Чонсткув” и на реке Нарев уже существующей плотины „Дембе”. Водоохранилище будет окружено ограждающими дамбами (так называемыми боковыми плотинами), а на правом берегу Вислы на большом протяжении склоном ллейстоценовой возвышенности. Площади, прилегающие к ограждающим дамбам, относительно лоднятой воды в водохранилище будут депрессиями. В депрессионных районах проектируется дренаж грунтовых вод путем сооружения или приспособления канав и каналов. Станции прекачки будут перебрасывать воду из дренажной сети в водохранилище, или они будут гравитационно стекать в Вислу ниже фронтальной плотины.

Первым основным водоносным горизонтом является четвертичный горизонт, состоящий главным образом из песчано-гравиевых отложений. Их мощность изменчива и составляет от 8 до почти 10 м. Зеркало грунтовых вод свободное, только там, где залегают органические илы может быть напряженным. Оно расположено вблизи поверхности. Грунтовые воды гидравлически связаны с речными водами. Поэтому колебания зеркала грунтовых вод в зонах непосредственно прилегающих к рекам, зависят от изменчивости уровня вод в этих реках (таб. 1, 2, фиг. 1). В общем максимальная зона влияния Виспы на колебания зеркала грунтовых вод составляет 1,5–2,0 км. от ограждающих дамб.

Фильтрационные свойства четвертичных грунтов изучались полевыми методами в скважинах

путем заливания и выкачивания в естественных условиях, а также лабораторными методами на образцах с нарушенной структурой при соответствующем уплотнении (таб. 3, 4, 5).

Для сравнительного прогнозного анализа влияния плотины на грунтовые воды на площадях, непосредственно прилегающих к рекам, лучше всего использовать годовой минимальный уровень, а особенно многолетний минимальный уровень зеркала грунтовых вод. В настоящем анализе были использованы годовые уровни — минимальный и максимальный с еженедельными замерами уровня грунтовых вод, выполненными в 1966 г. В прогнозных планах для этой плотины, впервые на отрезке долины нижней Вислы, предусмотрено создание дренажной сети. Для расчета отметок кривых депрессии прогнозного уровня грунтовых вод, использовались математические формулы (А.М. Романов *vide* С.К. Абрамов и др., 1964), учитывающие одну или две линии дренажных каналов (фиг. 2).

Для пространственного показа формирования зеркала грунтовых вод после подъема воды в водохранилище, составлено три гидрогеологические карты в масштабе 1:50 000, при условии безаварийно действующей дренажной сети. На картах приведены:

- предполагаемые гидроизогипсы,
- изменения попожения предполагаемого зеркала грунтовых вод по сравнению с годовым минимальным уровнем в 1966 г.
- предполагаемые глубины зеркала грунтовых вод после подъема воды в водохранилище.

Характерные годовые уровни — минимальный и максимальный, а также предполагаемый уровень грунтовых вод показаны на профилях (фиг. 4).

Влияние плотины на грунтовые воды охватит также пойменную террасу, только местами она захватит надпойменную террасу. Площадь, где проявляется это влияние по ширине колеблется от 0,3 до 4,5 км. Ширина площади, где ощущается влияние плотины на грунтовые воды и формирование их зеркала, будет зависеть от дренажной сети. Проектируемая дренажная сеть будет нивелировать влияние поднятых вод водохранилища на уровень грунтовых вод, который чаще всего будет примерно на  $\pm 0,5$  м отступать от минимального годового уровня 1966 г.

На преобладающей площади, где происходит воздействие плотины, охватывающей пойменную террасу, зеркало грунтовых вод будет располагаться на глубине 1,0—3,0 м, близкой к уровню, отмечаемому в настоящее время.

Marian PEREK

#### A PROGNOSIS OF INFLUENCE OF THE WYSZOGRÓD CASCADE ON GROUNDWATERS

##### Summary

The second version of the project of construction of cascades on the Vistula River involves location of front dam of the WyszoGród cascade at Kępa Polska (about 20 km NW of the mouth of the Bzura River) in lower section of that river. This dam should lead to about 12 m rise of water level in the river, the effects of which are to spread back as far as the next planned cascade (Czastków cascade) on that river and the existing Dębe cascade on the Narew River. Water reservoir will be delineated by embankments (so called lateral dams) and, in the case of a marked part of this section of right bank of the Vistula River, Pleistocene morain plateau. Areas adjoining the bankments will turn into depressions in relation to raised water level in the reservoir so it is planned to drain groundwaters by means of newly made or adjusted trenches. Water from drainage network will be pumped back into the reservoir by pumping stations or it will freely flow into the river below the front dam.

Quaternary horizon in the first and most important aquifer here. The horizon, mainly built of sandy-gravel sediments, is markedly varying in thickness (from 8 to almost 100 m). Groundwater table is free here, except for areas of occurrence of organic muds, and usually situated close to terrain surface. Groundwaters are in hydraulic contact with river ones so oscillations of groundwater table in areas directly adjoining the rivers depend on changes in water level in the latter (Tables 1, 2; Fig. 1). The maximum extent of influence of the Vistula River on groundwater table oscillations is generally estimated at up to 1.5–2.0 km from embankments.

Percolation properties of Quaternary sediments were studied by field methods in boreholes (by overflowing and pumping) under natural conditions and in laboratory, on samples with disturbed structure but appropriate density (Tables 3, 4, 5).

The minimum annual water levels in river, especially many-years' minimum levels, appear to be the best for prognostic comparative analysis of influence of a dam on groundwaters in direct neighbourhood of river. For the analysis, there were available data on annual water levels (minimum and maximum) as well as results of weakly measurements of groundwater table, taken in 1966. Moreover, it became possible to take into account for the first time in such analysis the design of drainage network. Ordinates of curves of depression of prognostic groundwater table were calculated using mathematic equations proposed by A.W. Romanow (*vide* S.K. Abramow et al., 1964), which take into consideration one or two rows of drainage trenches (Fig. 2).

Three hydrogeological maps in the scale 1:50,000 were compiled in order to obtain spatial reconstruction of changes in prognostic groundwater table after filling up the reservoir. The maps, compiled assuming appropriate work of drainage network, show:

- prognostic hydroisohypses,
- changes in position of prognostic groundwater table in relation to the minimum annual table in 1966, and
- prognostic variability in depth of groundwater table after filling up the reservoir.

The characteristic minimum and maximum annual water levels and prognostic groundwater table are shown in Fig. 4. It follows that the cascade will influence groundwaters in the floodplain and, locally, first terrace, i.e. in area varying from 0.3 to 4.5 km in width. The width of that area and the scale of changes of groundwater table will depend on efficiency of drainage network. The designed network should suppress the influence of water rise in the reservoir so it may be expected that the groundwater table will be situated  $\pm 0.5$  m in relation to the minimum annual level in 1966. In the floodplain, the table should be situated at depth of 1.0–3.0 m, i.e. close to the present one.