

GEOLOGICZNO-INŻYNIERSKA BUDOWA I STOSUNKI HYDROGEOLOGICZNE DOLINY WISŁY POD WYSZOGRODEM

W RAMACH ogólnej koncepcji utworzenia kaskady dolnej Wisły, przystąpiono do studiów nad możliwością budowy stopnia piętrzącego w okolicach Wyszogrodu. Studia koncepcyjne samej budowy prowadzi „Hydroprojekt”, natomiast badania geologiczno-inżynierskie „Hydrogeo”.

W chwili obecnej został zakończony pewien cykl badań geologiczno-inżynierskich, z tego też względu w tym artykule będą poruszone tylko niektóre zagadnienia o problematyce geologicznej, dotyczące:

- 1) wyboru osi pod projektowaną przegrodę,
- 2) możliwości posadowienia stopnia piętrzącego z punktu widzenia rozpoznania geologiczno-inżynierskiego,
- 3) warunków hydrogeologicznych,
- 4) wykonawstwa robót ziemnych.

Projekt budowy stopnia piętrzącego przewiduje budowę przegrody w górę rzeki od Wyszogrodu, w pasie o szerokości 0,5 km. W okolicach Wyszogrodu dolina Wisły jest dość szeroka, a sama rzeka ma ok. 1 km szerokości.

Pradolina Wisły w tych okolicach ma około 15—17 km szerokości i ograniczona jest po obydwóch stronach wysoczyzną plejstocenską. Lewy brzeg Wisły stopniowo się wznosi w miarę oddalania się od rzeki. Wyznaczają go tarasy Wisły, które można podzielić ze względu na ich wysokości następująco:

taras zalewowy,
taras kampsinoski,
oraz wyższy taras trzeci.

Nasze rozważania ograniczają się do rozpatrzenia zagadnienia w obecnej dolinie Wisły, to jest od prawego wysokiego brzegu do wałów przeciwpowodziowych na lewym brzegu. Należy tu wyjaśnić, że prawy wysoki brzeg tworzy wysoczyzna plejstocenska, wzniesiona około 35 m nad średni poziom wody w Wiśle. O ile prawy, wysoki brzeg Wisły stanowi naturalną zapórę boczną przyszłego zbiornika, o tyle lewy, niski brzeg wznoszący się zaledwie kilka metrów ponad poziom wody w Wiśle chroniony jest na całej swej długości wałami. Chronią one jednocześnie przyległe do nich obszary rolnicze i łąki przed zalewem.

Stopień piętrzący pozwoli na akumulację wody przez wytworzenie sztucznego jeziora, które z jednej strony będzie ograniczone naturalnym wysokim brzegiem a z drugiej strony specjalnie wzmocnionymi wałami.

Krawędź wyżyny rozcięta jest szeregiem małych wcięć erozyjnych będących jednocześnie dolinkami niewielkich cieków, prawobrzeż-

nych, dopływów Wisły, lewobrzeżnym natomiast dopływem Wisły jest Bzura.

W dużym skrócie opis budowy geologicznej przedstawia się następująco. Otworami badawczymi wykonanymi w tym rejonie osiągnięto utwory ilaste i ilasto-pylaste pliocenu. Starsze utwory znane są jedynie z wiercenia wykonanego dla mleczarni w Wyszogrodzie w roku ubiegłym. Z wiercenia tego wynika, że miocen — wykształcony w postaci piasków pylastych drobnych i średnich oraz miejscami byłów z wkładami węgla brunatnego — leży na głębokości 161 m, miąższość tego kompleksu osadów wynosi 80 m. Niżej układają się osady oligocenu, w skład których wchodzi glaukonitowe piaski gliniaste nawiercone na głębokości około 242 m.

Osady pliocenu litologicznie charakteryzują się jako ily, ily pylaste, gliny ciężkie i pylaste oraz gliny, wśród których spotyka się warstwy i soczewki niewielkich miąższości piasków drobnych i pylastych. Skład mineralny tego kompleksu osadów na ogół jest jednolity. Występuje kwarc oraz minerały ilaste z przewagą montmorillonitu. Ily plioceńskie przeważnie są bezwapienne, miejscami jednak można spotkać wśród nich skupiska węglanu wapnia w formie konkrecji. Ily plioceńskie mają barwę zielonkawoszarą, niebieskawą lub żółtą z licznymi nalotami rdzawowisniowymi. Miąższość osadów plioceńskich wynosi tu około 100 m.

Osady czwartorzędowe reprezentowane są przez zespół młodych osadów holocenów oraz starszych — plejstocenów.

Wysoczyzna plejstocenska wzniesiona około 35 m nad poziom rzeki na całej długości zbiornika (do Modlina) zbudowana jest z glin zwałowych, litologicznie z glin piaszczystych lub piasków mocno gliniastych ze żwirem i głazami z soczewkami różnej miąższości piasków różnofrakcyjnych. Wśród erozyjnych obniżen stropu gliny zwałowej występują miejscami osady zastoiskowe noszące charakter ilów i ilów pylastych — wstęgowych. Ily wstęgowe spotkać można nad brzegiem Wisły w okolicach Mocht. W osadach plejstocenu spotyka się również liczne porwaki łu plioceńskiego, leżące na złożu wtórnym.

Dolina Wisły w pobliżu projektowanego stopnia piętrzącego wypełniona jest osadami starszymi i młodszy (holocen) czwartorzędu. Miąższość osadów czwartorzędowych waha się od 21 m w rejonie projektowanej śluzy do 45 m i więcej w okolicach środka koryta rzecz- nego.

Osady czwartorzędowe piaszczyste są bardzo różnorodne pod względem wielkości i stopnia wysortowania ziarn. Występują tu piaski drobne i średnie oraz pospółki i żwiry z otoczkami wzajemnie się zazębiające. Kompleks osadów piaszczysto-żwirowych w pobliżu wysokiej krawędzi prawego brzegu pokryty jest gliną zwałową występującą niewielkim płatem, na której z kolei leżą osady piaszczyste.

WARUNKI HYDROGEOLOGICZNE

Z punktu widzenia wpływu wód gruntowych na warunki posadowienia obiektów, najistotniejsze będzie dokładne poznanie pierwszego poziomu wodonośnego — wypełniającego utworu piaszczysto-żwirowe czwartorzędu.

Co się dotyczy głębszych horyzontów wodonośnych, mogą one interesować jedynie z ogólnego punktu widzenia, gdyż nie będą miały żadnego wpływu zarówno w czasie wykonawstwa samej budowli, jak i po spiętrzeniu wody w zbiorniku. Zakładając, że przy zaporze będzie ciśnienie 0,8 atm. w okolicach najbliższych samej osi zapory, natomiast dalej, na terenie zbiornika ciśnienie to stopniowo będzie malało aż do normalnego istniejącego w chwili obecnej przy normalnym stanie wody w Wiśle. Ciśnienie natomiast wody poziomu mioceńskiego, stwierdzone wykonanym otworem studziennym dla mleczarni, przekracza 17 atm. Wody znajdujące się w piaszczystych przewarstwieniach pliocenu również znajdują się pod napięciem, jednak ciśnienie ich jest niewielkie, a nawiercone ich zwierciadło ustala się na poziomie zwierciadła wody w rzece. Świadczy to o wspólnym systemie hydraulicznym osadów piaszczystych pliocenu z osadami piaszczysto-żwirowymi czwartorzędu. Natomiast wody znajdujące się w zamkniętych soczewkach piaszczystych wśród osadów ilastych stabilizują się na różnych poziomach. Świadczy to o ich niezależności od wód czwartorzędowych oraz o wielkości soczewek piaszczystych, z których nawiercone zwierciadło wody stabilizuje na różnych poziomach. Ciśnienie ich jest niezbyt duże, a maksymalnie dochodzi do 3 atm.

Opierając się na uzyskanych materiałach, można wody horyzontu czwartorzędowego podzielić na wody występujące w obrębie utworów czwartorzędowych wysoczyzny plejstocénskiej oraz na wody występujące w osadach piaszczysto-żwirowych doliny Wisły.

Wysoki prawy brzeg wysoczyzny plejstocénskiej zbudowany jest z glin zwałowych. Dlatego w obrębie tych utworów stwierdzono występowanie niewielkich ilości wody gruntowej wypełniającej przewarstwienia piaszczyste i żwirowe wśród gliny zwałowej. Wody te pozostają w ścisłym związku z opadami atmosferycznymi. Zwierciadło ich jest nieznacznie napięte, ciśnienie dochodzi do 0,8 atm.

Woda gruntowa występująca w piaskach i żwirach pod gliną zwałową wykazuje również

nieduże ciśnienie, około 1 atm. Wody tego poziomu nawiercone w pobliżu doliny stabilizują na poziomie wody w rzece, w otworach bardziej oddalonych poziom zwierciadła jest odpowiednio wyższy. Można by wnioskować na tej podstawie, że w tym rejonie woda nie będzie uciekała w kierunku prawego, wysokiego brzegu.

Wody gruntowe występujące w dolinie Wisły zostały zbadane w obrębie tarasu zalewowego i wyższego (kampinoskiego) wierceniami badawczymi oraz okresowym pomiarem w studniach gospodarskich. Jest to pierwszy poziom wód gruntowych uzależniony od stanów wody w Wiśle i Bzurze w rejonie projektowanego stopnia piętrzącego oraz od zwierciadła wody w Wiśle w obrębie zbiornika (przyszłego zalewu).

Mięszość warstwy wodonośnej, w której skład wchodzi piaski pylaste, drobne i średnie oraz miejscami żwiry i pospółki, waha się w granicach od 6 do 20 m. Warstwę wodonośną podścielają na pewnych przestrzeniach w obrębie koryta Wisły gliny zwałowe, w obrębie lewego brzegu (wzdłuż obecnych wałów przeciwpowodziowych) iły plioceńskie, które obserwowano w otworach badawczych wzdłuż projektowanego zbiornika aż do miejscowości Secymin. W górę rzeki, gdzieś do okolic Małej Wsi warstwę nieprzepuszczalną stanowią znów gliny zwałowe. Niekiedy piaszczysto-żwirowa warstwa wodonośna przykryta jest osadami madowymi mało przepuszczalnymi. Przewiercona w tych miejscach wspomniana warstwa osadów madowych powoduje, że zwierciadło wody gruntowej dąży do wyrównania poziomu hydrostatycznego wykazuje niewielkie napięcie (około 2 m).

Celem otrzymania danych dotyczących zachowania się zwierciadła pierwszego poziomu wody gruntowej w rejonie doliny Wisły na lewym jej brzegu jak również celem stwierdzenia stopnia zależności tych wahań od stanów wody w Wiśle, przeprowadzono obserwacje w 32 studniach gospodarskich. W dolinie więc na odcinku między Pręszlavicami pod Wyszogrodem a Grochalami Górnymi w górę Wisły (około 26 km) wyznaczono 8 przekrojów mniej więcej prostopadle do rzeki, które zawierały od 3 do 6 studzien w przekroju. Studnie te zostały zlokalizowane na mapie i zaniwelowane z nawiązaniem do sieci państwowej.

Pomiary w studniach prowadzono w czasie od 6.X.1957 r. do 30.VI.1958 r. jeden raz w tygodniu w każdy poniedziałek w godzinach rannych. W czasie przyboru wody w Wiśle i w czasie stanu powodziowego pomiary prowadzono codziennie aż do chwili powrotu zwierciadła wody w rzece do normalnego.

Z badań geologicznych wynika, że wszystkie studnie czerpią wodę z pierwszego horyzontu wodonośnego. Warstwę wodonośną, o której mowa, reprezentują utwory piaszczysto-żwirowe

we o średnim współczynniku infiltracji $K_{sr} = 2,8 \cdot 10^{-2}$ cm/sek.

Analizując otrzymane materiały można wnioskować, że spływ wód w kierunku Wisły jest konsekwentny na odcinku od Kazunia do Polesia Starego. Od Polesia Starego bowiem obserwuje się podziemny dział wodny oddzielający spływ wody podziemnej do Wisły i rowu melioracyjnego odprowadzającego swe wody do Bzury. Na uwagę zasługuje fakt, że omawiany wododział zależy od stanów wody w Wiśle i może się przesunąć przy wysokich stanach dalej na południe od rzeki. Jest to o tyle uzasadnione, że w czasie przyboru wody w Wiśle ujście Bzury na znacznym odcinku podpiętrzają wody Wisły. Układ ten pozwala na wnioskowanie, że po spiętrzeniu wody w Wiśle nastąpi niewątpliwie infiltracja i przesunięcie działu wodnego, co w znacznym stopniu przyczyni się do spływu wody z obszarów zależnych od wpływu Wisły do zlewni Bzury leżącej nieco niżej.

WARUNKI GEOLOGICZNO-INŻYNIERSKIE

Pod względem geologiczno-inżynierskim, biorąc pod uwagę genezę i wykształcenie facjalne oraz cechy fizyko-mechaniczne występujących gruntów, można wydzielić trzy zespoły geotechniczne.

Pierwszy zespół — to żwiry i otoczaki, pospółki i piaski różnofrakcyjne leżące na glinach piaszczystych i na porwakach iłów plioceńskich. W strefie przypowierzchniowej tego zespołu można obserwować grunty organiczne jak gliny pylaste i płyty, stanowiące namuły rzeczne. Badania sondą stożkową wykazały, że osady sypkie reprezentowane przez ten zespół są do głębokości około 6 m luźne, niżej średniozagęszczone o stopniu zagęszczenia $S_z = 0,5$. Wartości miarodajnych wskaźników fizyko-mechanicznych charakteryzujących grunty poszczególnych zespołów geotechnicznych podaje tabela (* cięż. obj. gruntu suchego).

Do zespołu drugiego zaliczono grunty spójne. Reprezentują go gliny piaszczyste, gliny

ciężkie, gliny, gliny pylaste, ily i ily pylaste z drobnymi przewarstwieniami lub soczewkami pyłów i piasków. Konsystencja tych utworów jest w części stropowej twardoplastyczna, głębiej zaś półzwarta a nawet zwarta.

Zespół trzeci reprezentują grunty sypkie w postaci piasków różnofrakcyjnych oraz żwirów, leżących pod gruntami spójnymi zespołu drugiego. Grunty tego zespołu cechują podobne wskaźniki fizyko-mechaniczne jak dla zespołu pierwszego, piaszczysto-żwirowego.

Następnym z kolei zespołem są osady spójne obejmujące gliny piaszczyste, ily i gliny pylaste plioceńskie.

Grunty te występują głęboko i praktycznie nie wchodzą w rachubę przy posadawianiu poszczególnych obiektów.

W ŚWIETLE DOTYCHCZASOWYCH BADAŃ geologiczno-inżynierskich, charakterystyka geotechniczna podłoża w miejscu projektowanego stopnia piętrzącego oraz wnioski są następujące.

Grunty występujące w rejonie projektowanej osi zapory można podzielić na dwa główne zespoły, a mianowicie: piaski różnofrakcyjne, pospółki i żwiry do około 6 m od powierzchni terenu — luźne, niżej zaś średniozagęszczone ($S_z = 0,5$), leżące na glinach piaszczystych (zespół drugiego) i pod nimi o różnej miąższości i wykształceniu facjalnym i litologicznym oraz grunty spójne wykształcone w postaci glin piaszczystej, gliny ciężkiej, gliny, gliny pylastej, iłów i iłów pylastych z cienkimi przerozami bądź soczewkami pyłów i piasków. Grunty tego zespołu wykazują konsystencję twardoplastyczną w strefie przystropowej do półzwartej i zwartej w partiach głębszych. Należy podkreślić, że grunty, o których mowa, zezwalają na bezpośrednie posadowienie zamierzonych obiektów.

W miejscu połączenia zapory z prawym brzegiem krawędź wyżyny budują gliny piaszczyste przewarstwione kompleksem osadów piaszczystych o zmiennej miąższości, pod którymi leżą ily plioceńskie. Pochylenie zbocza

Zespół	Rodzaj gruntu	Stan	Konsystencja	Ciężar objętościowy g/cm ³	Wilgotność naturalna w %	Kąt tarcia wewnętrzny	Współczynnik infiltracji cm/sek	Wskaźnik plastycz.
1 i 3	żwir	średnio zagęszcz.	—	1,88*		34°54'	4,6.10 ⁻²	
	pospółka	"	—	1,75*		31°45'	1,8.10 ⁻²	
	piasek średnioziarn.	"	—	1,63*		34°06'	1,4.10 ⁻²	
	piasek drobnoziarn.	"	—	1,52*		32°20'	1,3.10 ⁻³	
	piasek pylasty	"	—	—		30°33'	1,3.10 ⁻⁴	
2	glina piaszcz.	—	twardo plastyczne	2,25	12,2			13,0
	"	—	półzwarte	2,27	11,0			—
	"	—	zwarte	2,29	10,5			10,4
	ily, ily pylaste	—	półzwarte	2,05	22,9			44
				2,10				

wynosi około 10°. Strop gliny piaszczystej zarówno pierwszego (górnego) poziomu, jak i drugiego, przykrytego zespołem osadów piaszczystych, oscyluje na pewnych odcinkach, wykazując niewielki spadek ku rzece, około 5°, lub leży prawie poziomo a nawet miejscami podwyższa się.

Można stąd wnioskować, że połączenie zapor z prawym, wysokim brzegiem nie będzie kłopotliwe o tyle, że nie wystąpią szkodliwe dla budowy zsuwy czy opętnięcia, o ile nie nastąpi sztuczne nawodnienie warstw.

Warunki hydrogeologiczne w rejonie projektowanego stopnia piętrzącego zezwalaia na spiętrzenie wody. Należy jednak przypuszczać, że zgodnie z zaobserwowanym wododziałem w rejonie dolin Wisły i Bzury układ zwierciadła wody gruntowej pierwszego horyzontu będzie zaburzony, a infiltracja wody wskutek zwiększenia ciśnienia będzie się odbywała ze zbiornika na zewnątrz. W związku z tym, celem zapobieżenia ujemnym wpływom zmiany

SUMMARY

The following problems are discussed in this article:

- 1) the choice of an axis for proposed dam in Wyszogród on the Vistula river,
- 2) possibility of constructing a dam from the point of view of engineering geology,
- 3) hydrogeological conditions,
- 4) execution of earth-works,

The proposed dam is located in the Vistula valley. It will be placed between the right bank and the high water dam situated on the flood terrace on the left bank of the river.

In the conclusion the author states that: two engineering-geological complexes are situated within the site of the proposed dam. These complexes allow to build projected constructions. Joining of the dam with the high, right bank of the river will be quite easy because there is no tendency of slides; hydrogeological conditions allow elevation of the reservoir thoughground water level will be disturbed and filtrations out of the reservoir will take place. To avoid some negative influences in terms of changes of hydrogeological conditions, melioration should be made in the area adjacent to the reservoir (left bank of the Vistula).

reżimu wodnego szczególnie w rejonach bliższych zbiornika, niezbędne będzie przeprowadzenie odpowiedniej melioracji terenów przyległych do zbiornika (lewy brzeg doliny Wisły). Układ hydrogeologiczny prawego, wysokiego brzegu jest korzystny i nie należy przynuszać, aby po spiętrzeniu wody w zbiorniku nastąpiło zaburzenie tych warunków.

Na całym obszarze zbiornika wzdłuż prawej krawędzi nie obserwuje się zsuwów. Występują jedynie nieliczne obrywy spowodowane podcięciem podstawy zbocza przez wezbrane wody Wisły. Takie obrywy można obserwować zarówno poniżej, jak i powyżej projektowanej budowy zapory. Obserwuje się również spływy zboczowe w czasie intensywnych opadów lub roztopów. Na tej podstawie należy wnioskować, że po spiętrzeniu wody nastąpi niewątpliwie wzrost występowania obrywów wzdłuż wysokiej krawędzi prawego brzegu, jednak nie zagrazi to zamuleniem i spływaniem zbiornika.

РЕЗЮМЕ

В статье рассмотрены вопросы геологической проблематики относящиеся к:

- 1) выбору оси проектируемой плотины,
- 2) возможности основания плотины с точки зрения геолого-инженерной разведки,
- 3) гидрогеологических условий,
- 4) исполнения земляных работ.

Плотина локализована в долине р. Вислы между валами; она занимает пространство от плейстоценовой возвышенности на правом берегу до защищающего от наводнений вала, находящегося на пойменной террасе Вислы на левом берегу.

В выводах автор указывает, что:

- в самом районе проектируемой стройки плотины находятся два геолого-инженерные комплексы, позволяющие на непосредственное основание проектируемой новостройки;
- соединение плотины с высоким правым берегом не будет затруднительным потому, что не предвидится вредных для постройки оползней;
- гидрогеологические условия позволяют на поднятие уровня воды, хотя система зеркала грунтовой воды первого горизонта будет нарушена и будет происходить фильтрация воды из водохранилища.

В целях предупреждения вредных влияний на перемену гидрогеологических условий необходимым будет проведение соответствующей мелiorации местности прилегающей к водохранилищу (левый берег Вислы).