



PRZEDSIĘBIORSTWO HYDROGEOLOGICZNE

" H Y D R O D O L "

33-101 Tarnów, ul. Chemiczna 28

tel. (14) 637-20-85

fax./tel. (14) 637-28-52

www.hydrodol.com.pl

e-mail: hydrodol@hydrodol.com.pl

OPINIA HYDROGEOLOGICZNA

dotycząca obniżenia zwierciadła wody
w Stawie Płaszowskim w Krakowie

Zlecający: **Urząd Miasta Krakowa, Wydział Kształtowania Środowiska
Os. Zgody 2, 31 – 949 Kraków**

Miejscowość: **Kraków**

Dzielnica: **Nowa Huta**

Województwo: **małopolskie**

Zlewnia: **rz. Wisła**

Autorzy:

Kierownik
jednostki wykonawczej

mgr inż. Renata Ogar
upr. geologiczne XI-0218, XII-0197

Zlecający

mgr inż. Mieczysław Jacek Skiba
upr. geologiczne V-1220

Tarnów, maj 2016 r.

Spis treści

- 1. Wstęp – cel i zakres opracowania**
- 2. Opis Stawu Płaszowskiego i zalewu Bagry**
- 3. Opis rzeki Wisły i stopnia piętrzącego Dąbie**
- 4. Opis prac i robót realizowanych w rejonie Stawu Płaszowskiego**
- 5. Zakres przeprowadzonych badań, obserwacji, wywiadów**
- 6. Warunki geologiczne rejonu badań**
- 7. Warunki hydrogeologiczne rejonu badań**
- 8. Warunki atmosferyczne i hydrologiczne rejonu badań**
- 9. Wyniki badań i pomiarów**
- 10. Wnioski i zalecenia**

Załączniki

- Załącznik 1 Mapa lokalizacyjna wykonanych prac, skala 1 : 50.000
- Załącznik 2 Mapa dokumentacyjna lokalizacji punktów pomiarów, skala 1 : 5.000
- Załącznik 3 Mapa geologiczno – gospodarcza, skala 1 : 50.000
- Załącznik 4 Mapa hydrogeologiczna, skala 1 : 50.000
- Załącznik 5 Mapa lokalizacji studni bariery odwadniającej dla miasta Krakowa
- Załącznik 6 Mapa zasięgu odwodnienia studniami bariery odwadniającej, skala 1:10.000
- Załącznik 7 Mapa zwierciadła wody podziemnej w piętrze czwartorzędowym. Stan naturalny sprzed roku 1965 – przed wybudowanie stopnia piętrzącego Dąbie, skala 1:10.000
- Załącznik 8 Mapa zwierciadła wody podziemnej w piętrze czwartorzędowym. Stan prognozowany przy odwadnianiu otworami studziennymi, skala 1:10.000
- Załącznik 9 Mapa zwierciadła wód podziemnych – hydroizohips. Stan na maj 2016 roku. Z uwzględnieniem studni bariery odwadniającej, skala 1:5.000
- Załącznik 10 Przekrój hydrogeologiczny
- Załącznik 11 Tabela wyników pomiarów położenia zwierciadła wód podziemnych w obserwowanych studniach i piezometrach
- Załącznik 11.1 Dane techniczne studni nr 46 i 47 bariery odwadniającej Miasta Krakowa
- Załącznik 11.2 Położenie zwierciadła wody w punktach obserwacyjnych bariery odwadniającej Miasta Krakowa (styczeń – maj 2016 rok)
- Załącznik 11.3 Odczyty z łaty wodowskazowej na Stawie Płaszowskim
- Załącznik 12.1 Dane archiwalne położenia zwierciadła wody podziemnej w rejonie Stawu Płaszowskiego w latach 2001 – 2013
- Załącznik 12.2 Spis materiałów archiwalnych
- Załącznik 13.1 – 13.3 Profile wykonanych piezometrów
- Załącznik 14 Zestawienie wielkości opadów atmosferycznych

1. Wstęp – cel i zakres opracowania

Na zlecenie Urzędu Miasta Krakowa, Wydziału Kształtowania Środowiska została sporządzona niniejsza opinia hydrogeologiczna. Celem opinii jest określenie przyczyn obniżenia zwierciadła wody w Stawie Płaszowskim. Ze względu na interwencję mieszkańców, którzy zaobserwowali znaczne obniżanie się poziomu wody w Stawie Płaszowskim z początkiem roku 2016 (styczeń – marzec) podjęto prace hydrogeologiczne zmierzające do wyjaśnienia tego zdarzenia.

W ramach wykonywanych prac zainstalowano 2 otwory obserwacyjne (piezometry P1 i P2) przy ul. Powstańców Wielkopolskich, pomiędzy stawem i prowadzoną inwestycją przy ul. Na Dołach 2 (inwestycja na działce nr 144/2) oraz jeden otwór obserwacyjny (piezometr P3) na południowy - wschód od stawu. W ramach obserwacji prowadzono pomiary zwierciadła wody w 2 studniach kopanych Sk1 i Sk2 oraz w 3 istniejących piezometrach Ps1, Ps2, Ps3 zlokalizowanych w pobliżu inwestycji i stawu. Dodatkowo prowadzono obserwacje w 2 otworach obserwacyjnych (piezometrach Ps4 i Ps5) wykonanych w miejscu budowy biurowca 'Hague' [Haga] przy ul. Klimeckiego 1, przy wykonywaniu którego prowadzone jest odwodnienie budowlane w ściankach szczelnych.

Dodatkowo uzyskano z RZGW w Krakowie informacje odnośnie systemu studni bariery odwadniającej dla miasta Krakowa, w tym danych z prowadzonych pompowań i z pomiarów prowadzonych w otworach obserwacyjnych. Ponadto przeanalizowano liczne dokumentacje geologiczno – inżynierskie i geotechniczne, hydrogeologiczne rejonu badań oraz dane hydrologiczne.

W celu rozwiązania postawionego zadania wykonano szereg pomiarów w terenie oraz przeprowadzono analizy danych archiwalnych. Na podstawie uzyskanych danych wyciągnięto wstępne wnioski odnośnie przyczyn obniżania się zwierciadła wody w Stawie Płaszowskim.

2. Opis Stawu Płaszowskiego i zalewu Bagry

Staw Płaszowski

Charakterystyka na tle innych krakowskich zbiorników wodnych

Wody stojące na terenie Krakowa występują w formie zbiorników naturalnych, sztucznych, stawów i oczek wodnych. Występują licznie starorzecza, powstałe w wyniku odcięcia fragmentów Wisły, ale też i w wyniku działalności antropogenicznych (budowa stopni wodnych). Sztuczne zbiorniki wodne powstały głównie w wyniku zalania wyrobiska po zakończonej eksploatacji kopalni, do największych należą: Bagry, Przylasek Rusiecki, zalew Zakrzówek, staw Dąbski (zwany też stawem Dąbie), oraz Staw Płaszowski zwany "Małymi Bagrami", ze względu na sąsiedztwo Bagrów. Zbiorniki te pełnią funkcję rekreacyjną,

niezadko wykorzystywane są w celach wędkarskich. Do urządzonych zbiorników, wykorzystywanych do celów rekreacyjno – sportowych należy zalew Nowohucki (zwany też zalewem Nowa Huta).

Położenie

Staw Płaszowski o powierzchni 7,9 ha (79 000 m²) zlokalizowany jest we wschodniej części Krakowa, w dawnej dzielnicy przemysłowej Płaszów. Leży on pomiędzy ul. Wodną, ul. Krzywda, ul. Powstańców Wielkopolskich, a torowiskiem ciągnącym się równoległe do ul. Wielickiej. Staw Płaszowski położony jest w jednej z cenniejszych pod względem krajobrazowym i przyrodniczym części miasta. W jego sąsiedztwie znajduje się m.in. Kopiec Krakusa, Wzgórze Lasoty, kamieniołom Liban, kompleks zbiorników wodnych przy Stacji PKP Kraków Bonarka, oraz Rezerwat przyrody Bonarka. Cały ten teren został zaproponowany przez Fundację Wspierania Inicjatyw Ekologicznych do objęcia ochroną w formie zespołu krajobrazowo – przyrodniczego.

Powstanie

Zbiornik powstał w miejscu dawnego wyrobiska gliny i żwiru dla rozbudowywanego węzła kolejowego w Płaszowie. Brak jest danych odnośnie spągu wyrobisk, ale obserwacje wskazują, że staw jest płytki i że eksploatowano w tym miejscu głównie glinę. Nie prowadzono eksploatacji głębiej zalegających piasków i żwirów.

Ekosystem

Jeszcze w 2001 roku woda w stawie miała pierwszą klasę czystości. Zbiornik podlega procesom naturalnej sukcesji. Brzegi są porośnięte szuwarem trzcinowym i pałkowym. Stwarza to dogodne warunki do gniazdowania ptaków wodnych. Można tu spotkać szablaka i żagnicę. Lustro wody nie jest zarośnięte. Zbiornik jest zarybiony, występuje tu m.in.: karaś srebrzysty, karp, szczupak, okoń, lin, wzdrega, płoć i leszcz. W stawie występuje zjawisko przyduchy. Niewielka głębokość stawu i jego nagrzanie przez słońce powodują znaczny rozrost podwodnej roślinności, który nie sprzyja zarybianiu. Pod koniec lat 90. XX w. staw zarybiono amurem, niestety ze względu na przyduchę większość ryb wyginęła. Zgodnie z uchwałą nr XII/127/2007 Rady Dzielnicy XIII Podgórze z dnia 22 maja 2007 roku: *Staw Płaszowski stanowi ostoję szeregu gatunków ptaków wodnych chronionych prawem i znajduje się w strefie kształtowania systemu przyrodniczego miasta (Studium Uwarunkowań i Kierunków Zagospodarowania Miasta Krakowa oraz Kompleksowego Programu Rozwoju Zieleni Miejskiej dla Krakowa zatwierdzonego Uchwałą Rady Miasta Krakowa).*

Zalew Bagry

W odległości 0,9 km na południowy – wschód od Stawu Płaszowskiego znajduje się zalew Bagry. Zalew Bagry to największy pod względem powierzchni (22,9 ha) zbiornik wodny na terenie Krakowa. Jest to zbiornik powstały po eksploatacji piasków i żwirów do głębokości ponad 10 m p.p.t. (jest więc znacznie głębszy od Stawu Płaszowskiego). Znajduje się pomiędzy ul. Lipską a ul. Wielicką w Płaszowie. Na terenie zalewu znajduje się kąpielisko, dwie przystanie wodne, a na obrzeżach zalewu trzy tzw. dzikie plaże. Brzegi zalewu

porośnięte są szuwarem trzcinowym i pałkowym, co stanowi dogodne warunki do gniazdowania ptaków wodnych. Zbiornik wodny jest zarybiony dla celów wędkarstwa. W otoczeniu zbiornika występują łąki o charakterze wilgotnym.

W ostatnim okresie zaobserwowano obniżanie się poziomu zwierciadła wody w Stawie Płaszowskim. Zgodnie z obserwacjami, obniżanie następuje już drugi rok i wyniosło od 1 m do 1,5 m. Największe obniżenie nastąpiło wg obserwacji mieszkańców w ostatnich miesiącach. Jak wynika z danych geodezyjnych poziom obniżył się z rzędnej 198,18 m n.p.m. (oszacowane przez GEO Company w oparciu o ślady pozostawione na roślinności wodnej w stawie) do rzędnej 197,64 m n.p.m. – 13 – 15 kwiecień 2016 roku. Obniżenie oszacowano na ok. 0,54 m.

W dniu 25 kwietnia 2016 roku firma DTM Projekt Kraków namierzyła geodezyjnie lustro wody w Stawie Płaszowskim na rzędnej 197,75 m n.p.m.

3. Opis rzeki Wisły i stopnia piętrzącego Dąbie

Rzeka Wisła transportuje miliony ton materiału (kamieni, żwiru i piasku). Materiał ten jest deponowany w korycie i w obszarze całej doliny rzeki, która meandruje i na przestrzeni czasu zmienia bieg swego koryta. W rejonie badań utwory żwirowe i piaszczyste oraz przykrywające je namuły, gliny i pyły sięgają ponad 10 m. Często surowiec ten był eksploatowany w wyrobiskach lub nawet bezpośrednio z koryta rzeki. Taka eksploatacja żwirów i piasków z koryta rzeki dla potrzeb rozbudowy miasta oraz regulacja rzeki spowodowały, że w okresie poprzedzającym spiętrzenie stopniem Dąbie koryto rzeki obniżyło się o ok. 3,5 m, co z kolei obniżyło zwierciadło wód podziemnych w pasach o szerokości 500 – 1000 m po obydwu stronach rzeki. Spowodowało to osuszenie mokradeł i ułatwiło rozbudowę miasta. W dalszej konsekwencji doprowadziło jednak do odsłonięcia przyczółków mostowych i zagroziło stateczności mostów. Drugim niekorzystnym aspektem obniżania się poziomu wody w Wiśle był spadek ilości prowadzonej wody, co doprowadziło do wzrostu stężeń substancji szkodliwych w rzece. Taki stan doprowadził do podjęcia decyzji o spiętrzeniu Wisły.

W II półroczu 1954 roku rozpoczęto budowę stopnia Dąbie według zatwierdzonego poziomu piętrzenia 199 m n.p.m. i w przekonaniu, że tereny miasta przyległe do Wisły są chronione przed podniesieniem się wody gruntowej. Przeprowadzono badania w celu wykonania zabezpieczeń miasta przed podnoszeniem się poziomu wody gruntowej (podziemnej). Obliczono zasięg oddziaływania stopnia. Zaprojektowano bariery ze studni głębinowych, których celem było zabezpieczenie miasta.

4. Opis prac i robót realizowanych w rejonie Stawu Płaszowskiego

W ramach prowadzonych prac przeprowadzono analizę materiałów archiwalnych oraz wykonano roboty i badania terenowe oraz przeprowadzono wizje terenowe w obszarze badań. Ponadto uzyskano informacje z RZGW w Krakowie dotyczące systemu studni bariery odwadniającej dla miasta Krakowa, w tym dane z prowadzonych pompowań i z pomiarów dokonywanych w otworach obserwacyjnych, oraz informacje z placów budów dotyczące pompowania wód podziemnych studniami odwadniającymi pod wykonywane inwestycje. Także przeprowadzono wywiad środowiskowy z mieszkańcami rejonu Stawu Płaszowskiego.

Dane archiwalne pozwoliły na analizę historii kształtowania warunków hydrologicznych i hydrogeologicznych terenu badań. Ponadto pozwoliły na wykreślenie niezbędnych map i sporządzenie przekroju hydrogeologicznego. Aktualne warunki hydrogeologiczne obserwowano poprzez kontrolę i pomiary namierzonych punktów monitoringu wraz ze Stawem Płaszowskim i zalewem Bagry przez służby geodezyjne. Wykorzystano również wyniki z aktualnie prowadzonych pompowań wód podziemnych w rejonie badań. Do punktów monitoringu zaliczono (zał. 2, zał. 11):

- 3 nowe piezometry – otwory kontrolne – P1, P2, P3 zlokalizowane przy Stawie Płaszowskim,
- 2 piezometry Ps1 i Ps2 zlokalizowane na stacji paliw Arge,
- 1 piezometr Ps3 zlokalizowany przy istniejącym biurowcu ENTERPRISE,
- 2 piezometry Ps4 i Ps5 zlokalizowane przy wykonywanym biurowcu Hague [Haga] ul. Klimeckiego 1,
- 2 studnie kopane; Sk1 zlokalizowana przy ul. Powstańców Wielkopolskich 19 oraz Sk2 zlokalizowana przy ul. Krzywda 13

Ponadto wykorzystano dane z dwu ciągle pompowanych studni nr 46 i 47 bariery odwadniającej (zał. 11.1) oraz z otworów kontrolnych bariery (zał. 5, zał. 11.2).

Przeprowadzone prace, pomiary, wizje terenowe i wywiady pozwoliły na wyciągnięcie wniosków odnośnie postawionego zadania geologicznego polegającego na interpretacji przyczyn obniżania się zwierciadła wody w Stawie Płaszowskim. Interpretacje te należy traktować jako początkowe wnioski do dalszych obserwacji i badań, które będzie można zweryfikować po badaniach i pomiarach przeprowadzonych zarówno w suchych jak i w mokrych okresach oraz w stanach powodziowych.

5. Zakres przeprowadzonych badań, obserwacji

Badania, obserwacje i dodatkowo wywiady terenowe przeprowadzono w okresie 20 kwietnia – 17 maja 2016 roku. Badania i obserwacje polegały głównie na pomiarach zwierciadła wody podziemnej w wybranych punktach monitoringu (zał. 2, zał. 11) oraz mierzeniu poziomu wody w Stawie Płaszowskim (zał. 11.3).

Wywiady oraz szereg rozmów z mieszkańcami rejonu badań miały na celu określenie wpływu zabudowy terenów wokół Stawu Płaszowskiego w ostatnich latach. Mieszkańcy w ostatnich latach zaobserwowali obniżanie się zwierciadła wód podziemnych, co było widoczne w studniach kopanych. Lokatorzy domu przy ul. Krzywda 13 w wyniku obniżania zwierciadła wód gruntowych zostali pozbawieni zaopatrzenia w wodę (studnia kopana Sk2 była jedynym źródłem zaopatrzenia w wodę). Wzdłuż ulicy Wodnej także były użytkowane studnie kopane, ale z uwagi na brak wody zostały zlikwidowane. Również mieszkańcy ul. Powstańców Wielkopolskich sygnalizowali ubytek wody w studniach kopanych. Studnia przy ul. Powstańców Wielkopolskich 23 była dwukrotnie pogłębiana w ostatnich dwóch latach. W studni kopanej Sk1 przy ul. Powstańców Wielkopolskich 19 zwierciadło wód podziemnych obniżyło się o ok. 1 m w ostatnich latach. Mieszkańcy również sygnalizowali obniżanie zwierciadła wody w Stawie Płaszowskim. Wg różnych relacji obniżenie to mogło wynosić od 1 m do 2 m.

Wyniki te porównano z archiwalnymi badaniami modelowymi z roku 2005 (zał. 8), z wynikami sprzed wybudowania progę piętrzącego Dąbie (zał. 7), oraz z danymi o wielkości opadów atmosferycznych w latach 2010 - 2016 (zał. 14). Analiza materiałów archiwalnych (spis dokumentacji geologicznych zał. 12.2) pozwoliła na zestawienie danych dotyczących zwierciadła wody w rejonie Stawu Płaszowskiego w latach 2001 – 2013 (zał. 12.1).

W ramach wizji terenowej dokonano kontroli wykonywanych inwestycji w rejonie Stawu Płaszowskiego:

Inwestycja przy ul. Na Dołach 2

Najbliżej stawu wykonywana jest inwestycja (biurowiec z garażami podziemnymi) przy ul. Na Dołach 2 (dz. 144/2). Rzędna posadowienia płyty fundamentowej wynosi 198,3 m n.p.m., tj. 0,55 m powyżej poziomu położenia zwierciadła wody w Stawie Płaszowskim. Stwierdza się, że odwodnienie wykopu w tej sytuacji nie jest konieczne. Na terenie inwestycji przed rozpoczęciem pomiarów czyli przed 20.04.2016 r. istniało sześć studni głębinowych przygotowanych do prowadzenia odwodnienia, które wykonano bez zatwierdzonego projektu robót geologicznych. W trakcie kontroli dnia 20.04.2016 r. stwierdzono, że studnie zostały zlikwidowane poprzez zalanie betonem. Wykonawca poinformował, że pompowanie odwadniające wykopu nie było prowadzone. Dodatkowo w dniu 25.04.2016 r. przeprowadzono wizję w terenie z pracownikami MPWiK studzienek kanalizacyjnych wokół inwestycji Na Dołach 2. Wizja wykazała brak zrzutu wody do kanalizacji, co potwierdza, że nie prowadzi się odwodnienia na ww. budowie. Jednocześnie były prowadzone prace związane z wymianą gruntów w wykopie od strony północno – zachodniej, wykonywane poniżej poziomu posadowienia. Zaobserwowano napływ do wykopu wód gruntowych, których poziom ustabilizował się ok. 0,5 m poniżej poziomu posadowienia.

Inwestycja pomiędzy linią kolejową a ul. Wielicką

Od strony zachodniej za linią kolejową prowadzona jest inwestycja o rzędnej posadowienia na poziomie 201,09 m n.p.m. Zwierciadło wód gruntowych w trakcie badań podłoża gruntowego pod dźwig w marcu 2016 r. kształtowało się na głębokości ok. 2,6 m poniżej poziomu posadowienia. W uwagi na korzystne warunki gruntowo – wodne nie prowadzono odwodnienia wykopu, co stwierdzono wizją z dnia 22.04.2016 r.

Łącznica kolejowa

Dnia 22.04.2016 r. wraz z nadzorem budowlanym została przeprowadzona kontrola inwestycji – budowa łącznicy kolejowej między ul. Klimeckiego a ul. Wielicką. Z przeprowadzonej kontroli wynika, że prace odwodnieniowe w rejonie inwestycji nie są prowadzone, ze względu na technologię posadowienia (palowanie).

Inwestycja przy ul. Klimeckiego 1

W dniu 21.04.2016 r. przeprowadzono kontrole na budowie przy ul. Klimeckiego 1 (biurowiec Haga). Stwierdzono, że w wykopie ograniczonym z trzech stron ściankami Larsena i z jednej strony palisadą z pali betonowych okresowo prowadzone jest odwodnienie czterema studniami głębinowymi, wykonanymi zgodnie z zatwierdzonym projektem robót geologicznych. Jednocześnie poza ściankami prowadzono obserwacje poziomu zwierciadła wód podziemnych w dwóch piezometrach (Ps4 i Ps5). Okresowe pompowanie studni prowadzono do 04.05.2016 r. Po zakończeniu pompowania monitorowano poziom zwierciadła wód podziemnych w piezometrach Ps4 i Ps5. Prowadzone pompowanie odwadniające miało niewielki wpływ na obniżenie poziomu wody w pobliskiej studni kopanej Sk1 (zał. 2, zał. 11). Lej depresji nie sięgał Stawu Płaszowskiego. Zgodnie z dokumentacją z grudnia 2013 r. (zał. 12.1, zał. 12.2) poziom zwierciadła wód podziemnych kształtował się na rzędnej 197,7 – 197,25 m n.p.m. Poziom posadowienia budowli wynosi 195,25 m n.p.m. W związku z tym konieczne było odwodnienie wykopu. Po zakończeniu prac odwadniających zwierciadło wody w piezometrach ukształtowało się na poziomie ok. 197,5 m n.p.m. i wróciło do poziomu z grudnia 2013 r. (zał. 11).

Zgodnie z informacjami przekazanymi przez RZGW w Krakowie w rejonie Stawu Płaszowskiego są eksploatowane w systemie ciągłym dwie studnie bariery odwadniającej Miasta Krakowa: 46 oraz 47 (zał. 2, zał. 11.1). Studnie pompowane są z wydajnością ok. 10 m³/h, depresje w studniach utrzymywane są na poziomie: studnia 46 – 193,39 m n.p.m. i studnia 47 – 193,51 m n.p.m. Studnie „przechwytuja” wody napływające w warstwie wodonośnej od strony rzeki Wisły, spiętrzone stopniem wodnym Dąbie do rzędnych 199 m n.p.m. Sytuację tę obrazuje mapa hydroizohips (zał. 9) oraz przekrój hydrogeologiczny (zał. 10). Na terenie pomiędzy Wisłą a Stawem Płaszowskim zlokalizowane jest 14 punktów obserwacyjnych bariery odwadniającej, w których raz w miesiącu dokonywane są pomiary położenia zwierciadła wody podziemnej (zał. 2, zał. 11.2). Zgodnie z odczytami w punktach obserwacji otrzymanych od RZGW Kraków, stwierdza się że największe obniżenie zwierciadła wody podziemnej w rejonie badań miało miejsce w styczniu 2016 r. taki stan można wytłumaczyć rekordowo niskimi opadami atmosferycznymi w grudniu 2015 r. – 5,0 mm oraz w styczniu 2016 r. – 19,4 mm (zał. 14).

Zarząd Infrastruktury Komunalnej i Transportu od 13.04.2016 r. wykonuje odczyty z łąty wodowskazowej umieszczonej na Stawie Płaszowskim. Dane te zostały zamieszczone w załączniku 11.3.

Tereny wokół Stawu Płaszowskiego i wzdłuż ulicy Powstańców Wielkopolskich były przez ostatnie lata sukcesywnie zabudowywane. Wiązało się to z coraz większym ograniczaniem infiltracji (wsiąkania) wód opadowych i roztopowych w podłoże gruntowe i do warstwy wodonośnej. Wody z tych inwestycji z dachów i z terenów przyległych (parkingów) są kierowane do kanalizacji burzowej więc zamiast infiltrować (wsiąkać) w podłoże gruntowe i zasilać warstwę wodonośną lub odpływać do stawu są odprowadzane do kanalizacji.

6. Warunki geologiczne rejonu badań

W rejonie przeprowadzonych badań występują utwory dolinne rzeki Wisły podścielone ilami mioceńskimi (krakowieckimi). W pobliżu występują również zręby wapienne jurajskie i kredowe.

W rejonie Krakowa dolina Wisły rozdziela dwie duże jednostki tektoniczne: Karpaty fliszowe i monoklinę śląsko – krakowską. Obecne koryto Wisły położone jest w obrębie monokliny śląsko – krakowskiej. Brzeg nasunięcia Karpat fliszowych biegnie wielkim łukiem w odległości kilku kilometrów na południe od koryta Wisły. W morfologii zaznacza się pasmem łagodnych wzniesień. Wzdłuż brzegów Wisły od Krakowa przez Tyniec i dalej w kierunku zachodnim ciągną się pasma wzniesień jurajskich widoczne w postaci fragmentów wypiętrzeń: Tyńca, Sowińca, Pychowic, Krzemionek, Wawelu czy Skałki. W wyniku trzeciorzędowych alpejskich ruchów górotwórczych powstało szereg rowów i zrębów tektonicznych nadając budowie charakter schodkowy. Zapadliska tektoniczne wypełnione są osadami trzeciorzędowymi, których genezę wiąże się z procesami intensywnego niszczenia pokrywy utworów kredowych. Zręby tektoniczne zbudowane są głównie z wapieni górno jurajskich, pokrytych niekiedy niewielkimi płatami osadów kredowych.

W rejonie badań występują utwory jury i kredy, trzeciorzędu (miocenu) i czwartorzędu.

Jura

Wapienie jurajskie w miejscu badań występują na południe od Stawu Płaszowskiego. Są to wapienie płytowe, skaliste i grubo ławicowe. Zrąb z wapieni występuje na zachód od Stawu Płaszowskiego za ulicą Wielicką.

Trzeciorząd (miocen)

W miejscu badań występują iły pylaste mioceńskie. W dnie doliny Wisły strop ilów znajduje się średnio na rzędnej około 190 m n.p.m. i łagodnie się wznosi w kierunku północnym i południowym. Na skutek skomplikowanej tektoniki podłoża jurajskiego miąższość osadów

miocenu waha się w dość dużych granicach, dochodząc w obniżeniach nawet do ponad 150 m.

Czwartorzęd

Przedczwartorzędowa dolina Wisły w obrębie Krakowa tworzy szeroką i płaską nieckę, której dno zalega generalnie na rzędnej 189 – 192 m n.p.m. Prawie na całym obszarze Krakowa utwory miocenu przykryte są warstwą osadów czwartorzędowych. Dominują utwory piaszczysto – żwirowe pochodzenia rzeczno i fluwioglacjalnego. Średnia miąższość tych utworów wynosi 6 – 9 m. W rejonie Stawu Płaszowskiego miąższość czwartorzędu wynosi 11,8 – 12,6 m p.p.t. W pobliżu stawu czwartorzęd wykształcony jest jako: nasypy (utwory antropogeniczne) i gliny o miąższości do 4,6 m występujące od powierzchni terenu oraz zalegające pod nimi piaski i żwiry o miąższości 7,2 m - w części północnej (przy ulicy Powstańców Wielkopolskich – piezometr P2) oraz jako nasypy i gliny o miąższości 2,3 m oraz zalegające pod nimi piaski i żwiry o miąższości 10,3 m - w części południowej (przy ulicy Wodnej – piezometr P3). Przy prowadzonej inwestycji na ul. Na Dołach 2 na działce 144/2 pomiędzy inwestycją, a ul. Powstańców Wielkopolskich (piezometr P1) miąższość gliny wynosi 3,4 m, a zalegających pod gliną piasków i żwirów 9,2 m. Staw Płaszowski sięga do utworów piaszczystych zalegających pod glinami. Nie sięga jednak do podłoża mioceńskiego tak jak zalew Bagry.

7. Warunki hydrogeologiczne rejonu badań

W rejonie Krakowa występują cztery piętra wodonośne: czwartorzędowe, trzeciorzędowe, jurajskie i kredowe. W miejscu badań występuje piętro wodonośne czwartorzędowe w dolinie rzeki Wisły, od zachodu graniczące ze zrębem wapiennym. Piętro to ma bezpośredni związek ze stanami wody w rzece Wiśle, która na pewnych odcinkach w wyniku spiętrzenia nabiera charakteru zasilającego, a na pozostałych ma wciąż charakter drenujący.

Czwartorzędowe piętro wodonośne

W tym piętrze warstwa wodonośna występuje w utworach piaszczysto – żwirowych najczęściej podścielonych nieprzepuszczalnymi iłami mioceńskimi. Jedynie lokalnie podłoże stanowią utwory jury i kredy. W miejscu lokalizacji Stawu Płaszowskiego nawiercono w podłożu iły mioceńskie. Miąższość warstwy wodonośnej w rejonie stawu wynosi 8,1 – 8,8 m. Zwierciadło wód podziemnych ma charakter swobodny lub lekko naporowy. Zwierciadło to stabilizuje się na rzędnych ok. 197,7 – 197,9 m n.p.m. W tym samym czasie (kwiecień 2016 r.) zwierciadło wody w Stawie Płaszowskim występuje na rzędnej 197,75 m n.p.m. a w zalewie Bagry na rzędnej 197,57 m n.p.m. Należy tu dodać, że na stopniu piętrzącym Dąbie na Wiśle zwierciadło wody w rzece występuje na rzędnej ok. 199,0 m n.p.m. Jak wynika z pomiarów zalew Bagry ma zwierciadło wody położone niżej od Stawu Płaszowskiego o ok. 20 cm. W celach porównawczych wykorzystano mapy archiwalne zwierciadła wód podziemnych w warstwie wodonośnej sprzed budowy stopnia piętrzącego Dąbie (zał. 7) i mapę prognozowanego zwierciadła wody przy odwadnianiu

otworami studziennymi (zał. 8) oraz sporządzono aktualną mapę zwierciadła wód podziemnych (zał. 9). Dodatkowo sporządzono przekrój hydrogeologiczny (zał. 10). Widać z tego porównania, że zwierciadło wód podziemnych przed wybudowaniem stopnia Dąbie kształtowało się w rejonie Stawu Płaszowskiego na rzędnej ok. 197,2 m n.p.m. (zał. 7). Prognoza (zał. 8) przewidywała stan taki jaki się stwierdza obecnie czyli rzędną ok. 197,7 m n.p.m. Stan taki przewidywano przy pracującej barierze ze studni odwadniających zabezpieczającą miasto i rejonu położone przy Wiśle przed podtopieniami.

Z dokumentacji geologiczno – inżynierskiej z 2008 roku dla 2 budynków mieszkalno – usługowych i 1 usługowo – produkcyjnego przy ulicy Wodnej wynika, że na południe od Stawu Płaszowskiego zwierciadło wód podziemnych kształtowało się w tamtym okresie na głębokości 1,0 – 1,2 m p.p.t. na rzędnych 198,4 – 198,8 m n.p.m. [6]. W trakcie budowy kolejnego budynku mieszkalno – usługowego przy stawie przy ul. Wodnej w maju 2010 roku stwierdzono poziom wody podziemnej na rzędnych 198,1 – 198,45 m n.p.m. [9]. W roku 2009 w lipcu przy ul. Wodnej wykonano badania geologiczne pod budowę zespołu 6 kondygnacyjnych budynków mieszkalnych z garażami podziemnymi w miejscu gdzie kiedyś prowadzono eksploatację gliny i piasku, a wyrobiska poeksploatacyjne zasypano gruzem i popiołem. Stwierdzono w otworach badawczych poziom wody gruntowej na głębokości 3,1 – 3,6 m p.p.t – rzędne 198,5 – 198,8 m n.p.m. [8].

Zgodnie z danymi z dokumentacji geologiczno – inżynierskiej [4] w sierpniu 2007 roku poziom zwierciadła wody w Stawie Płaszowskim kształtował się na rzędnej 198,25 m n.p.m., natomiast w lipcu 2008 r. [7] – woda w stawie była na rzędnej 198,75 m n.p.m. Obecnie (maj 2016 r.) zwierciadło wody w Stawie Płaszowskim występuje na rzędnej 197,8 m n.p.m. Jak widać z powyższych danych, na przestrzeni lat poziom zwierciadła wody w Stawie Płaszowskim ulegał zmianie. Archiwalne dane na temat poziomu zwierciadła wód podziemnych (zał. 12.1, zał. 12.2) potwierdzają obserwacje mieszkańców dot. obniżenia zwierciadła wody w Stawie Płaszowskim o ok. 0,5 – 1,1 m. Poziom ten obniżał się stopniowo na przestrzeni kilku lat. Zwierciadło wody w zalewie Bagry zgodnie z dokumentacją [2] w sierpniu 2005 roku występowało na rzędnej 197,5 m n.p.m., obecnie (maj 2016 r.) na rzędnej 197,57 m n.p.m. Zalew Bagry ze względu na charakter (zbiornik poeksploatacyjny piasków i żwirów) cechuje się stałym poziomem zwierciadła wody.

Warunki hydrogeologiczne w miejscu badań – w rejonie Stawu Płaszowskiego – kształtowane są przez stopień wodny Dąbie powodujący zasilający charakter Wisły oraz przez system studni odwadniających (bariera odwadniająca Miasta Krakowa), a także w mniejszym stopniu prowadzenie odwodnień wykopów pod poszczególne inwestycje budowlane. Nie bez znaczenia jest ilość infiltrujących wód atmosferycznych do warstwy wodonośnej jak również systematyczne ograniczanie tej infiltracji przez powstającą zabudowę terenu i odprowadzanie wód opadowych i roztopowych systemem kanalizacji burzowej.

8. Warunki atmosferyczne i hydrologiczne rejonu badań

Na warunki hydrogeologiczne rejonu badań, mają wpływ wody podziemne, które zasilają i kształtują zwierciadło wody w Stawie Płaszowskim i w zalewie Bagry.

Od poziomu (rzędnych) zwierciadła wód podziemnych zależny jest poziom (rzędne) zwierciadła wód w ww. wyrobiskach poeksploatacyjnych. Dodatkowy wpływ zarówno na warunki hydrogeologiczne jak i na zasilanie stawu i zalewu mają warunki atmosferyczne – opady deszczu i śniegu (zał. 14) oraz hydrologiczne (poziomy wody w rzece Wiśle i na stopniu piętrzącym Dąbie oraz za stopniem – czyli poziom wody górnej i poziom wody dolnej).

Roczne sumy opadów [mm]

1971 - 2000	1991 - 2000	2001 - 2005	2001 - 2010	2005	2010	2011	2012	2013	2014	2015
662	669	686	548	638	1020	549	620	644	629	551

2016 (styczeń – kwiecień) – 174,2 mm

Źródło: IMiGW Kraków

Z opadami atmosferycznymi wiąże się wielkość infiltracji wód opadowych i roztopowych w podłoże gruntowe i do warstwy wodonośnej. W rejonie Stawu Płaszowskiego jest to główny czynnik zasilania warstwy wodonośnej i tym samym stawu w wodę.

Wielkość infiltracyjnego zasilania piętra czwartorzędowego dla doliny rzeki Wisły w Krakowie kształtuje się w wysokości $2,9 \times 10^{-5} - 2,0 \times 10^{-4} \text{ m}^3/\text{d}/\text{m}^2$. Średnio na całym obszarze filtracji $8,85 \times 10^{-5} \text{ m}^3/\text{d}/\text{m}^2 = 32,3 \text{ litra}/\text{rok}/\text{m}^2$ – co odpowiada wskaźnikowi infiltracji $\eta = 0,052$ (5,2 %). Tak więc około 5,2 % wód opadowych infiltrowało bezpośrednio do warstwy wodonośnej i wpływało na poziom wód podziemnych i tym samym wód w Stawie Płaszowskim [11].

Sytuacja ta zmienia się drastycznie i niekorzystnie ponieważ w wyniku zabudowy i odprowadzania wód z dachów i z parkingów oraz z dróg kanalizacją burzową uniemożliwiło się infiltrację wody w grunt i do warstwy wodonośnej. Jest to nieunikniony czynnik urbanizacji miasta. W kierunku Stawu Płaszowskiego kiedyś również powierzchniowo odprowadzano wody opadowe i roztopowe z pobliskich terenów. Rozwój sieci kanalizacji burzowej zmienił tę sytuację. Obecnie znikoma ilość wód dopływa powierzchniowo do stawu.

Poziom wody w rzece Wiśle na stopniu piętrzącym Dąbie kształtuje się na rzędnej 199 m n.p.m. (woda górna), a poniżej stopnia na rzędnej 193,6 m n.p.m. (woda dolna). Zwierciadło to wzrasta w zależności od wielkości przepływów wody w Wiśle. Studnie bariery odwadniającej obniżają poziom zwierciadła wody w warstwie wodonośnej zapobiegając podtopieniom terenów sąsiadujących z Wisłą, w szczególności w okresach powodzi. Aktualnie ciągle pracują studnie odwodnieniowe nr 46 i 47 obniżając poziom wód podziemnych.

9. Wyniki badań i pomiarów

Wyniki odczytów z łaty wodowskazowej zainstalowanej na Stawie Płaszowskim zostały przedstawione w tabeli (zał. 11.3).

Wyniki wykonanych pomiarów zwierciadła wód podziemnych w obserwowanych studniach i piezometrach przedstawiono w zbiorczej tabeli – zał. 11.

Wyniki odczytów i pomiarów wskazują, że:

1. W okresie od 13.04.2016 r. do 17.05.2016 r. zwierciadło wody w Stawie Płaszowskim wzniosło się o 9 cm, z rzędnej 197,71 do 197,8 m n.p.m.
2. W warstwie wodonośnej w pobliżu stawu w okresie 21.04.2016 r. do 17.05.2016 r. zwierciadło wody podziemnej od strony wschodniej (piezometr P3) nie uległo istotnym zmianom – w granicach błędu pomiarowego, na rzędnej 197,97. Od strony północno – zachodniej (piezometry P1 i P2) zwierciadło wody podziemnej wzrosło odpowiednio o 13 cm i 25 cm, do rzędnych 197,82 m n.p.m. – 197,85 m n.p.m. Również w studni kopanej Sk2 przy ul. Krzywda 13 zaobserwowano wzrost zwierciadła wody o 7 cm do rzędnej 197,67 m n.p.m. Wyniki te wskazują, że następuje zasilanie stawu z warstwy wodonośnej.
3. Do 04.05.2016 r. prowadzono pompowanie odwadniające wykopu przy ul. Klimeckiego 1. W pobliżu inwestycji przy ul. Klimeckiego 1 w systemie ciągłym prowadzone jest pompowanie odwadniające dwiema studniami bariery odwadniającej Miasta Krakowa – studnie 46 i 47 (zał. 2, zał. 9, zał. 11.1). W trakcie odwadniania wykopu zwierciadło wody podziemnej kształtowało się na rzędnych 196,18 m n.p.m. – 197,0 m n.p.m. przy ściankach szczelnych (piezometry Ps4 i Ps5). Lej depresji w tym czasie oddziaływał na tereny sąsiednie, obejmując swym zasięgiem studnie kopaną Sk1, w której rzędna zwierciadła wody podziemnej wynosiła 197,19 m n.p.m. Po zakończeniu pompowania odwadniającego wykopu przy ul. Klimeckiego 1 poziom zwierciadła wód podziemnych w piezometrach Ps4 i Ps5 podniósł się do rzędnych 197,43 m n.p.m. – 197,5 m n.p.m., a w studni kopanej Sk1 do rzędnej 197,59 m n.p.m. Rzędne te odpowiadają stanowi z grudnia 2013 r. czyli przed rozpoczęciem budowy. Jednocześnie w większej odległości od inwestycji w piezometrze Ps3, po zakończeniu pompowania nastąpił wzrost zwierciadła wód podziemnych z rzędnej 197,58 m n.p.m. do 197,75 m n.p.m.
4. Studnie 46 i 47 bariery odwadniającej Miasta Krakowa pompowane w systemie ciągłym, utrzymują depresję w studniach na rzędnych: 46 – 193,39 m n.p.m. oraz 47 – 193,51 m n.p.m. Zasięg leja depresji pompowanych studni nie jest znany, ale z pewnością „przechwytuje” część wód podziemnych spiętrzonych w warstwie wodonośnej przez stopień wodny Dąbie na rzece Wiśle.

5. W okresie prowadzenia pomiarów w obrębie inwestycji przy ul. Na Dołach 2, odwodnienie wykopu nie było prowadzone, a studnie głębinowe zostały zlikwidowane (zabetonowane). Potwierdzają to również, pomiary zwierciadła wody podziemnej dokonywane w piezometrach P1 i P2. Nie zaobserwowano rozwoju leja depresji oraz znaczącego wzniosu zwierciadła wody podziemnej. Poziom zwierciadła wody podziemnej kształtuje się poniżej rzędnej posadowienia inwestycji, która wynosi 198,3 m n.p.m. W związku z tym, w okresie prowadzenia pomiarów nie było potrzeby odwadniania wykopu inwestycji Na Dołach 2.
6. Nie znana jest konstrukcja piezometrów na stacji paliw Arge (piezometry Ps1 i Ps2) – brak dokumentacji powykonawczej. Wyniki pomiarów zwierciadła wody podziemnej w tych piezometrach oscylują zdecydowanie wyżej aniżeli w pozostałych punktach pomiarowych. Wskazuje to, na złe wykonanie piezometrów, lub błędną konstrukcję części czynnej filtra – piezometry mogą ujmować również wody zaskórne.
7. Wyniki pomiarów zwierciadła wody podziemnej w punktach obserwacyjnych bariery odwadniającej Miasta Krakowa, prowadzone dla RZGW Kraków (zał. 11.2), wykazują zasilający charakter rzeki Wisły, z uwagi na spiętrzenie wody przez stopień Dąbie. Najniższe stany wystąpiły w styczniu 2016 r. Do maja 2016 r. stopniowo następował wzrost poziomu zwierciadła wód podziemnych. Można to skorelować z rekordowo niskimi opadami atmosferycznymi w grudniu 2015 r. i styczniu 2016 r. (zał. 14).
8. Poziom zwierciadła wody w Stawie Płaszowskim w dniu 25.04.2016 r. kształtował się na rzędnej 197,75 m n.p.m., natomiast poziom zwierciadła wody w zalewie Bagry na rzędnej 197,57 m n.p.m. Zalew Bagry położony ok. 0,9 km na południowy – wschód od Stawu Płaszowskiego, znajduje się w strefie gdzie rzeka Wisła ma charakter drenujący, co obrazuje mapa hydroizohips (zał. 9).

10. Wnioski i zalecenia

1. Dla rozwiązania postawionego zadania wykonano trzy piezometry przy Stawie Płaszowskim. Dodatkowo objęto monitoringiem 7 punktów pomiarowych (piezometry, studnie kopane). Punkty pomiarowe namierzono geodezyjnie, jednocześnie zmierzono poziom zwierciadła wody w Stawie Płaszowskim i zalewie Bagry. W ramach prowadzonych prac wykorzystano również pomiary z 14 punktów obserwacyjnych i 2 pompowanych studni bariery odwadniającej Miasta Krakowa (RZGW). Ponadto skorzystano z wyników odczytów z łąty wodowskazowej zlokalizowanej na Stawie Płaszowskim, dokonywanym przez ZIKiT, oraz danych dotyczących wielkości opadów atmosferycznych uzyskanych z IMiGW Kraków. W ramach prowadzonych prac dokonano szereg wizji terenowych, kontroli inwestycji i wywiadów z mieszkańcami.
2. Przeprowadzone miesięczne pomiary, analiza materiałów archiwalnych i udostępnionych danych oraz wywiadów pozwalają wstępnie określić przyczyny obniżania zwierciadła wody w Stawie Płaszowskim. Obniżenie zostało spowodowane następującymi czynnikami:
 - a. Zabudową terenów wokół Stawu Płaszowskiego i wzdłuż ulicy Powstańców Wielkopolskich przez szereg inwestycji (bloki mieszkalne, biurowce, centrum handlowe w większości z garażami podziemnymi, parkingi naziemne). Efektem zabudowy jest znaczne zmniejszenie infiltracji wód opadowych i roztopowych w podłoże gruntowe i do warstwy wodonośnej. Wody zamiast infiltrować (wsiąkać) w podłoże gruntowe, są ujmowane i odprowadzane do kanalizacji burzowej. Wraz z postępem zabudowy następował spadek zwierciadła wody w Stawie Płaszowskim i okolicznych studniach kopanych.
 - b. Działaniem bariery odwadniającej Miasta Krakowa. Aktualnie w systemie ciągłym pracują dwie studnie nr 46 i 47. Studnie te „przechwytyją” wody napływające od strony Wisły w kierunku Stawu Płaszowskiego
 - c. W ostatnich latach wykopy pod szereg inwestycji budowlanych prowadzonych wokół Stawu Płaszowskiego były odwadniane studniami głębinowymi. Odwodnienia te spowodowały zmiany warunków hydrogeologicznych, w wyniku szczyptywania wód podziemnych, pomimo ich okresowego prowadzenia.
 - d. Warunkami atmosferycznymi. Rok 2015 był rokiem bardzo suchym. Zgodnie z opiniami mieszkańców stopniowe obniżenie zwierciadła wody w Stawie Płaszowskim i studniach kopanych następowało w okresie 1 – 2 lat. Najbardziej intensywne obniżenie miało miejsce początkiem 2016 roku, po okresie 2 miesięcy z bardzo małą ilością opadów atmosferycznych.
3. Głębokość Stawu Płaszowskiego jest niewielka, trudna do ścisłego określenia bez pomiarów batyskafem. Zalew Bagry w porównaniu do Stawu Płaszowskiego jest znacznie głębszym akwenem. Związane jest to z eksploatacją surowców w obydwu zbiornikach. W stawie wybrano jedynie glinę i stropową warstwę piasków, natomiast w zalewie wyeksploatowano żwiry i piaski prawie do spągu. W związku z tym,

dopływ wody podziemnej do zalewu Bagry odbywa się przez całą miąższość warstwy wodonośnej, a w Stawie Płaszowskim przez dno, które obecnie może być w dużej mierze zakolmatowane.

4. Analiza stanu aktualnego oraz materiałów archiwalnych pozwala stwierdzić, że warunki hydrogeologiczne uległy zmianom na przestrzeni wielu lat. Dotyczy to zarówno Stawu Płaszowskiego jak i terenów przyległych. Nastąpiło obniżenie zwierciadła wody w Stawie Płaszowskim i w warstwie wodonośnej.
5. Po wstępnym rozpoznaniu tematu, proponuje się podjęcie działań mających na celu utrzymanie życia biologicznego w Stawie Płaszowskim:
 - a. Podjęcie rozmów z RZGW i przeprowadzenie analiz odnośnie konieczności dalszego działania studni 46 i 47 bariery odwadniającej.
 - b. Tymczasowe zasilenie Stawu Płaszowskiego w wodę poprzez przepompowywanie wody z zalewu Bagry. Przepompowywanie wody nie spowoduje znaczących ubytków w Bagrach. Ponadto, ze względu na pompowanie pompami zasilanymi z linii energetycznej, nie przewiduje się negatywnych oddziaływań na środowisko. Pompy nie powinny być zasilane z agregatów prądotwórczych z uwagi na hałas oraz czynności związane z eksploatacją ww. agregatu, co może uchronić przed ewentualnymi protestami wędkarzy, ekologów oraz mieszkańców. Pompowanie należy prowadzić pod stałym nadzorem i z zachowaniem warunku uzupełnienia wody w stawie do poziomu bezpiecznego dla okolicznych budowli. Zakłada się, że jakość wody w zalewie Bagry jest zbliżona do jakości wody w Stawie Płaszowskim.

Rozwiązanie to ma na celu podtrzymanie życia biologicznego w stawie przez okres letni (suchy).
 - c. Skierowanie wód opadowych i roztopowych z terenów okolicznych budowli, po wcześniejszym ich oczyszczeniu do Stawu Płaszowskiego.
 - d. Pogłębienie Stawu Płaszowskiego, poprzez wyeksploatowanie piasków i żwirów do spągu w obrębie zbiornika. Pomimo uszczerbku dla życia biologicznego w stawie w trakcie eksploatacji, jest to jedyne uzasadnione i trwałe rozwiązanie.
6. Zaleca się prowadzenie dalszego monitoringu położenie zwierciadła wody w Stawie Płaszowskim, zalewie Bagry i warstwie wodonośnej, w oparciu o istniejącą sieć monitoringową. W przyszłości pozwoli to na bardziej szczegółową analizę zmian warunków hydrogeologicznych i hydrologicznych w rejonie Stawu Płaszowskiego.