

SZKIC ZAGADNIENIŃ HYDROGEOLOGICZNYCH KRAKOWA

UKD 556.3(438.31)

Kraków przeżywa kolejny w historii okres żywych zainteresowań wodami podziemnymi miasta i najbliższych okolic. Wiąże się on obecnie z trzema równoległymi nurtami badań.

Pierwszy nurt dotyczy rozpoznania podłoża dla projektowania kolei podziemnej, która w nadchodzącym XXI wieku stanie się niezbędna, w związku z narastającymi problemami komunikacyjnymi. Nie da się ich rozwiązać bez uwzględnienia czy ominięcia historycznego wnętrza Krakowa – Starego Miasta. Jednocześnie tam właśnie nie ma warunków do naziemnego lub płytkiego podziemnego prowadzenia ciągów komunikacyjnych. Musiałoby to bowiem pociągać za sobą zniszczenie bezcennej substancji zabytkowej i tak już poważnie naruszonej przez różne czynniki środowiska.

Od 1988 r. są wykonywane wiercenia sponsorowane przez władze miejskie, a dozorowane przez mgr inż. J. Setmajera, wspomaganego zespołem doradczym. Są również prowadzone badania geofizyczne podłoża metodami gravimetrycznymi. Badania obejmują strefę głębokości do ok. 80–100 m do rzędnych ok. 110 m npm, a zainteresowanie jest skierowane głównie na poznanie cech geologiczno-inżynierskich skał, ale także warunki hydrogeologiczne i budowę geologiczną.

Drugi nurt badań – to rozpoznawanie wód podziemnych Krakowa jako źródła dobrej wody pitnej. Zaopatrzenie miasta z wód powierzchniowych po uruchomieniu w latach 1987/1988 ujęcia Raba II w Dobczycach jest ilościowo wystarczające. Jednakże jakość wody pozostawia wiele do życzenia, zwłaszcza jeśli się uwzględni bezpośrednią konsumpcję.

Jednocześnie Kraków może być zaopatrywany w wodę pitną z istniejących na miejscu wód podziemnych dobrej jakości i w dostatecznej ilości. Biorąc pod uwagę potrzeby bezpośredniej konsumpcji wielkości ok. 2,5 l na mieszkańca i dobę, a nawet ok. 5,0 l, można zapewnić dostateczną ilość wody o wysokiej jakości dla wszystkich. Autor niniejszych rozważań sugeruje władzom miejskim możliwości zaspokojenia potrzeb na wodę pitną już od ponad piętnastu lat, niestety z małym skutkiem.

Z tym nurtem zainteresowań hydrogeologicznych są związane prace dotyczące tzw. studzien awaryjnych. Aby zapewnić miastu choćby niewielkie ilości wody w czasie awarii sieci wodociągowej zachowuje się część dawniej istniejących zwykle płytkich studzien i konserwuje się je. Wykonuje się studnie nowe, tam gdzie ich brak. W ostatnich latach zinwentaryzowano te studnie, zbadano ich obecny stan i możliwości eksploatacyjne, określono jakość wód. Dane geologiczne i hydrogeologiczne z nowych studzien, dane hydrochemiczne ze wszystkich ujęć uzupełniają obraz

warunków hydrogeologicznych na dużych obszarach miasta, ale tylko w płytkim zasięgu tego rodzaju studzien.

Na terenie Krakowa istnieją trzy poziomy wodonośne, które mogą dostarczać wody pitnej o dobrych właściwościach: czwartorzędowy, trzeciorzędowy i jurajski (ryc.). Dobre jakościowo i dość obfite wody czwartorzędowe są związane z żwirami i piaskami doliny i pradoliny Wisły i stożkami napływowymi jej lewobrzeźnych dopływów: Sanki, Rudawy, Prądnika – Białuchy, Dłubni i Potoku Kościelnickiego. Większe ujęcia wód podziemnych, budowane w ostatnich trzydziestu latach, częściowo działające do dziś, eksploatowały ten poziom wodonośny, wykazujący miąższość do 10–15 m. Brak ciągłej grubszej warstwy ochronnej i pogarszania się warunków w otoczeniu na powierzchni, powodują silne zagrożenie jakości tych wód. Zaznacza się znaczne pogorszenie jakości wód czwartorzędowych w różnych punktach miasta.

Poziom trzeciorzędowy jest związany z piaskami mioceńskimi warstw grabowieckich, które noszą miejscową nazwę piasków bogucickich (od miejscowości Bogucice, leżącej na północny wschód od Wieliczki). Piaski bogucickie (piaski, piaskowce, żwiry, zlepieńce z przewarstwieniami ilów) osiągają miąższość do 250 m (Bieżańów). Stanowią one obfity poziom wodonośny, który pilnie wymaga ochrony, zwłaszcza w obszarach zasilania, gdzie utwory piaszczyste trzeciorzędu występują bezpośrednio na powierzchni lub są chronione tylko cienką pokrywą utworów pylastych.

Wodonośny poziom jurajski występuje w obrębie wapieni górnej jury, rozpoznanych na powierzchni w licznych zrębach, a ujawnionych wierceniami w niżej położonych zrębach i rowach tektonicznych (Kobierzyn, Kurdwanów – Bonarka itd.). Wapienie jurajskie kontaktują się z leżącymi na nich fragmentarycznie marglami kredowymi (na północny wschód od centrum miasta w zwartej pokrywie), a także lokalnie z podścielającymi je wapieniami dewońskimi (Kobierzyn). Mają silnie urzeźbioną powierzchnię; deniwelacje ich stropu osiągają na krótkich odległościach kilkanaście do 20 m. Wodę prowadzą głównie szczeliny, a w mniejszym stopniu kawerny krasowe.

Strop wapieni w rowach leży przeważnie na rzędnych 100–120 m npm, 140–160 m npm, a we wschodniej części miasta głębiej na rzędnych ok. 50 m npm. Wody występujące w wyniesionych ponad powierzchnię zrębach (Tynec, Sowiniec, Wzgórze Św. Bronisławy, Wawel, Skałka, Krzemionki i inne) są silniej narażone na zanieczyszczenia, bywają często zdegradowane jakościowo.

Wydajność studzien czwartorzędowych wynosi 30–70 m³/h, płytszych studzien w piaskach bogucickich 30–50 m³/h, głębszych do 200 m³/h; wydajność studzien jurajskich jest bardzo zmienna i wynosi od 1–80 m³/h.

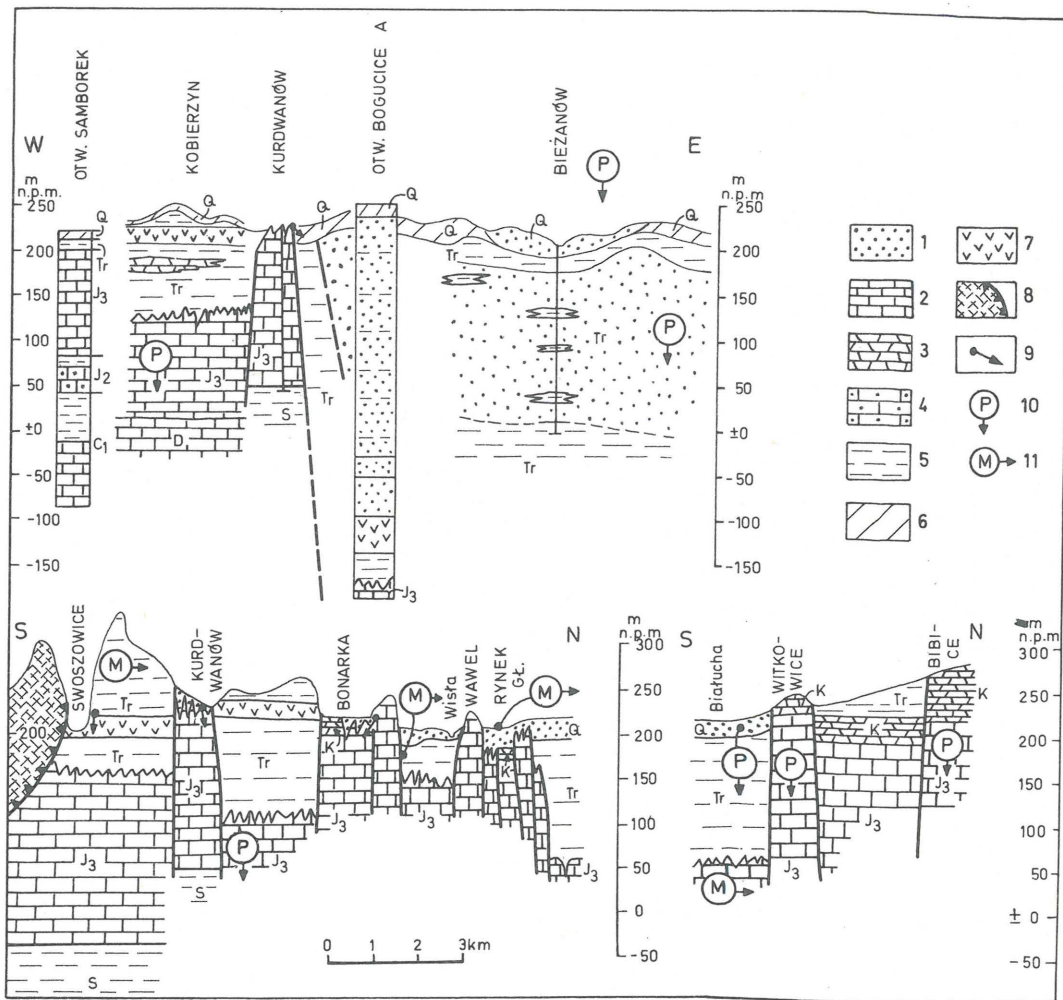
Jakość wód we wszystkich trzech poziomach jest dobra – wody o przewodzie jonów HCO_3^- i Ca^{2+} (wody czwartorzędowe i jurajskie) zawierają też dość znaczne ilości jonu Mg^{2+} , tak istotnego dla tworzenia przeciwwagi dla metali ciężkich środowiska.

Wody jurajskie, występujące w rowach tektonicznych, wykazują nieco podwyższoną mineralizację (do $1,0 \text{ g/dm}^3$), wody czwartorzędowe i trzeciorzędowe są mniej zmineralizowane. Pierwsze z nich bywają jednak zażelazone i są silnie narażone na degradujące wpływy zewnętrzne, drugie wykazują w głębszych wydajnych studniach (Bieżanów i okolice) zażelazienie i obecność niewielkich ilości H_2S .

Wody pitne należałoby udostępnić na miejscu w punktach czerpalnych (studnie) umożliwiając każdemu pobranie wody lub też w pojemnikach rozprowadzanych w sklepach spożywczych, jak to się dzieje w wielu miastach na świecie, a ostatnio także w Polsce.

Wody jurajskie są dostępne wierceniami na terenie prawie całego Krakowa poza częścią wschodnią, gdzie występują głęboko i są zmineralizowane. Występowanie wód trzeciorzędowych jest ograniczone przestrzennie do okolic na północ od Wieliczki i ku wschodowi w stronę Niepołomic (Bieżanów).

Trzeci nurt współczesnych zainteresowań hydrogeologicznych Krakowa to wody mineralne. Użytkowane, choć na niewielką skalę, są tylko wody z utworów trzeciorzędowych (piaski paleogeńskie w kieszeniach krasowych jury, piaski, wapień i margle osiarkowane produkty przemian gipsów mioceńskich). Wody te o mineralizacji $2,5-3,0 \text{ g/dm}^3$, z zawartością H_2S , występują w zakładzie przyrodolecznym Mateczny w Podgórzcu i w Swoszowicach. Nie wykorzystane są natomiast solanki znane z wierceń (Zakłady Farmaceutyczne Polfa ul. Mogińska nad Białuchą, Lusina na S od Swoszowic), a także opisywane w XIX w. w samym sercu miasta w Rynku Głównym.



Przekroje hydrogeologiczne przez obszar Krakowa

Hydrogeological cross-section through the Cracow region

1–4 – utwory wodonośne: 1 – piaski i żwiry, 2 – wapień, 3 – margle, 4 – piaskowce; 5–8 – utwory niewodonośne i słabo wodonośne: 5 – iły, 6 – pyły, namuły, gliny, 7 – seria ewaporatów: iły z gipsami, anhydrytami, osiarkowanymi wapieniami i marglami, solą kamienną, 8 – nasunięcie karpackie i skały fliszu karpackiego; 9 – źródła, 10 – możliwości uzyskania wód pitnych, 11 – możliwości uzyskania wód mineralnych. Wiek utworów: Q – czwartorzęd, Tr – trzeciorzęd, K – kreda, J_3 – jura górna, J_2 – jura środkowa, C_1 – karbon dolny, S – sylur

1–4 – aquifers: 1 – sands and gravels, 2 – limestones, 3 – marls, 4 – sandstones; 5–8 – non-aquiferous deposits and poor aquifers: 5 – clays, 6 – silts, muds and loams, 7 – evaporitic series: clays containing gypsum, sulphur-bearing anhydrites, limestones and rock salt-bearing marls, 8 – Carpathian overthrust and Carpathian flysch deposits; 9 – springs, 10 – perspective areas for obtaining drinking waters, 11 – perspective areas for obtaining mineral waters. Age: Q – Quaternary, Tr – Tertiary, K – Cretaceous, J_3 – Upper Jurassic, J_2 – Middle Jurassic, C_1 – Lower Carboniferous, S – Silurian

nym. Były tam znane z płytkiej ubudowanej studzienki, a ich mineralizacja ok. 11 g/dm³ wskazywała na ascencję ze znacznej głębokości ok. 400–500 m.

Historycznie ujmując – duże zainteresowanie wodami podziemnymi Krakowa ujawniło się w końcu XIX w. i trwało na początku XX w., w związku z projektami wodociągu krakowskiego i jego budową. Okres ten wiąże się z pracami Zaręcznego i Ingardena, a później Kuźniara i Żelechowskiego, z analizami chemicznymi wód dokonywanymi przez Olszewskiego, Trochanowskiego, Wróblewskiego i Bujwida.

Wydawało się początkowo, że wodociąg bielański projektowany przez Ingardena, będzie korzystać z wód podziemnych, jak to wówczas mówiono z wód gruntowych. Dopiero z czasem okazało się, to błędne – szybko zczerpiane zasoby wód podziemnych zostały zastąpione infiltracją brzegową wód Wisły. Prowadzono wówczas intensywne badania wód podziemnych bliższej i dalszej okolicy Krakowa, sięgając rozważaniami aż po źródła regulickie i jeszcze dalej – po źródła tatrzańskie.

Następny okres intensywnych badań hydrogeologicznych, poczynając od końca lat czterdziestych XX w., wiąże się z projektami i budową wielkiego kombinatu metalurgicznego na wschód od Krakowa. Rozpoznawano wówczas wierceniami możliwości zaopatrzenia zakładów przemysłowych i ludności w wody podziemne. Pracami hydrogeologicznymi kierowali Rosłowski i Gołąb, przy udziale pierwszych absolwentów hydrogeologów Akademii Górniczo-Hutniczej Badziocha, Konika, a później też – autora tych słów. Wynikiem tych badań stało się zbudowanie trzech ujęć wód czwartorzędowych, z których dwa działają w pełni do chwili obecnej, choć są silnie zagrożone przez zanieczyszczenia z powierzchni. Wody jurajskie okazały się w wyniku badań ówczesnych mało wydajne, ujawniło się silne oddziaływanie głębokich studzien jurajskich (Batowice, Zesławice, Raciborowice).

Duże nasilenie zainteresowań i prac hydrogeologicznych wiązało się z piętrzeniem Wisły, stopniami wodnymi Dąbie i Przewóz, zwłaszcza z tym pierwszym, który zmienił stosunki wodne na terenie Krakowa, ukształtowane głównie w stuleciu 1850–1950. Stopień Dąbie przywracał bowiem stan wód ok. 199 m npm, bliski temu, jaki istniał jako średni w połowie XIX w. Został zaś obniżony o ok. 4 m w ciągu stulecia przez erozję wgłębną wywołaną regulacją rzeki oraz eksploatacją żwirów i piasków z jej dna. Następstwa spiętrzenia wód podziemnych spływających ku Wiśle trzeba było niwelować budową bariery studzien odwadniających. Stały się one niezbędne dla utrzymania stanu wód podziemnych w nisko położonych dzielnicach Krakowa. Wkroczyło tu bowiem w wyniku obniżenia się zwierciadła wód podziemnych w latach 1850–1950 szerokim frontem budownictwo mieszkaniowe i przemysłowe.

W tym okresie badania hydrogeologiczne prowadzili Wiczysty, Flisowski, Kleczkowski, Niedzielski, Kmietowicz-Drathowa, Setmajer i zespół pracowników Przedsiębiorstwa Hydrogeologicznego Budownictwa Wodnego Hydrogeo. Uzyskano postęp badań hydrogeologicznych, głównie w zakresie modelowania procesów hydrodynamicznych i hydrogeochemii.

Dzięki badaniom związanym z rozpoznaniem warunków hydrogeologicznych dla Nowej Huty i dla piętrzenia Wisły stopniem Dąbie można było opracować wszechstronną dokumentację wód podziemnych Krakowa (pod kierownictwem Myszkii), podać monograficzny opis wód podziemnych miasta (praca doktorska Myszkii), a także dobrze ująć szkic hydrogeologiczny mapy geologicznej Kraków

1:50 000 (ze względu na cięcie arkusza nie obejmującej wschodniej części miasta).

Badania hydrogeologiczne Krakowa, wiele prac dyplomowych z tego zakresu, wykonywanych w uczelniach (Uniwersytet Jagielloński, Akademia Górniczo-Hutnicza, Wyższa Szkoła Pedagogiczna), liczne wiercenia, specjalne obserwacje doprowadziły także do znacznego postępu w rozpoznaniu skomplikowanej budowy podłoża Krakowa i złożonych warunków hydrogeologicznych.

W badaniach prowadzonych po 1945 r. poszczególne nurty wносиły różne nowe elementy poznawcze w aspekcie głębokościowym i terytorialnym. Badania dla Nowej Huty objęły zarówno płytkie wody czwartorzędowe, jak i głębokie poziomy jurajskie, sięgając nawet do kilkuset metrów w głąb (wiercenie F w Luboczy), ale tylko we wschodniej części Krakowa.

W kręgu zainteresowań hydrogeologicznych wywołanych potrzebami budowy bariery odwadniającej pozostawały tylko wody czwartorzędowe i to w obrębie niskiego tarasu Wisły (nisko położone dzielnice Krakowa). Sytuację hydrogeologiczną tej części Krakowa wyjaśniały też dość liczne płytkie otwory geologiczno-inżynierskie wykonane dla budowy stopni wodnych i obiektów z nimi związanych. Do rozpoznania płytkiej hydrogeologii dużo wnoszą liczne wiercenia geologiczno-inżynierskie dla budownictwa, a także wspomniane już studnie awaryjne.

Sieć piezometrów obserwacyjnych, założona w związku z budową i eksploatacją bariery odwadniającej, dostarczyła ciekawych danych o wahaniach zwierciadła wody, głównie w dolinnych utworach czwartorzędowych. Niestety sieć ta została w znacznej mierze zdewastowana, a obserwacji zaniechano. Przerwano również wieloletnie obserwacje w obrębie sieci studzien w dolinie Wisły poniżej stopnia Dąbie, a w zasięgu piętrzenia stopnia Przewóz. Pierwszy cykl obserwacyjny z tych punktów opracowała Pietrygowa, drugi do końca istnienia sieci – piszący te słowa ze współpracownikami (opracowanie nie publikowane).

Wiadomości o głębszym podłożu Krakowa, o warunkach hydrogeologicznych w obrębie głębszych poziomów (trzeciorzęd, jura i ich podłoża) pochodzą z otworów badawczych, wierceń prowadzonych w celu rozpoznania przedłużenia ku wschodowi formacji węglonożnej karbunu, rozpoznania formacji solonożnej miocenu, poszukiwań gazu ziemnego i ropy naftowej. Dopiero w ostatnich latach 1988–1989 wiercenia związane z projektem kolei podziemnej są ukierunkowane na zbadanie podłoża Krakowa, jego warunków geologiczno-inżynierskich i hydrogeologicznych, głównie wzdłuż przewidzianych tras komunikacyjnych.

Wiele materiałów ze średnich głębokości rozpoznania uzyskano z wierceń studziennych prowadzonych w poszukiwaniu wód podziemnych. Także dużą rolę w poznaniu warunków hydrogeologicznych na niewielkich głębokościach – w strefie aeracji ponad zwierciadłem wody – odgrywają zwłaszcza w historycznym centrum miasta wykopy i sondáže archeologiczne, obserwacje czynione w czasie zabezpieczania fundamentów budynków, rozpoznawania i zabezpieczania kanałów blokowych itp.

Warto podać skalę głębokości rozpoznania:

- bardzo płytkie sięga do ok. 10 m – takie są najgłębsze piwnice starych budynków, taka jest maksymalna miąższość starych nasypów w centrum miasta,
- płytkie rozpoznanie hydrogeologiczne obejmuje poziom czwartorzędowy; sięga ono do ok. 30 m,
- średnio głębokie rozpoznanie obejmuje strefę do głęb. ok. 100 m, do rzędnych ok. +100 m, w której wody

wykazują poza wschodnią częścią miasta mineralizację do ok. 1,0 g/dm³,

— głębokie rozpoznanie warunków hydrogeologicznych sięga do kilkuset a nawet tysiąca metrów.

Jak już zaznaczono na początku szkicu, obecny etap badań oparty na wierceniach celowo uzupełniających obraz budowy geologicznej, warunków geologiczno-inżynierskich i hydrogeologicznych podłoża miasta, może się stać punktem wyjścia do opracowania nowej syntezy hydrogeologicznej Krakowa.

Wody podziemne nie mogą obecnie służyć pełnemu zaopatrzeniu miasta, tak jak to było przez wieki minione aż do czasów wybudowania średniowiecznego wodociągu pobierającego wody z Rudawy, a także później — po zniszczeniu go w czasie wojen szwedzkich aż do początku XX wieku. Wówczas to liczne studnie na terenie miasta pokrywały wszystkie potrzeby wodne mieszkańców. Mogą jednak i powinny być źródłem dobrej, smacznej i zdrowej wody pitnej do przyrządzania napojów i potraw, do produkcji napojów chłodzących. Trzeba także w znacznie wyższym stopniu, niż obecnie, wykorzystywać wody siarczkowe miasta i okolicy, a także sięgnąć po interesujące a nie wykorzystane dotychczas zupełnie solanki do celów leczniczych — kuracji pitnej i kąpielowej. Wody podziemne mogą służyć zdrowiu mieszkańców Krakowa, trzeba je tylko mądrze zagospodarować i użytkować, a także chronić przed wzrastającymi niebezpieczeństwami wiążącymi się z zanieczyszczeniem środowiska. To jednak już nie rola hydrogeologów, którzy mogą tylko wskazać na możliwości i usilnie o nich przypominać.

Na obu przekrojach (ryc.) wyraźnymi znakami dobitnie wskazano na miejsca, w których można uzyskać dobre wody pitne — P i wody mineralne — M.

S U M M A R Y

Recent hydrogeological studies of the Cracow area follow three main directions: drilling (up to ca. 100 m) and gravimetric profiling conducted with the aim at estimating conditions for the construction of underground railway; rendering ground waters accessible for drinkable purposes; and the utilization of mineral waters.

In the past, hydrogeology has drawn public attention at the end of the 19th century, in connection with projects of waterworks construction. The eastern part of the city was hydrogeologically studied in the years of 1948—1949, in conjunction with the planned steelworks and its future water supply (Jurassic and Quaternary waters). Shallow subsurface waters of the low terrace of the Vistula river were investigated (1955—1970) considering the damming up the river by the Dąbie stage (built in 1965), as well as the drilling of draining wells. As far as larger areas are concerned, hydrogeological conditions were being studied

at the time of drilling of reserve wells, providing supply for individual industrial plants (1970—1980).

Subterranean waters have supplied the city for ages by shallow Quaternary and Jurassic wells, except for the period of existence of the medieval waterworks in 1350—1650 AD. The large present-day demand for water cannot be fulfilled by subterranean waters which, however, should be used for drinkable purposes. There are possibilities of obtaining high-quality, tasty water, up to 2.5—5.0 l per twenty-four hours per one inhabitant, from deeper reaching Jurassic wells and from waterbearing Bogucice sands, occurring north of Wieliczka (Fig. 1). The use of mineral, H₂S — bearing sulphur waters and of not hitherto exploited brines, should also be encouraged.

Р Е З Ю М Е

Современная изученность гидрогеологии Кракова связана с 3 направлениями работ: бурением скважин (до глубины около 100 м) и гравиметрическими исследованиями условий постройки метро, вскрытием подземных вод для питьевых целей и использованием минеральных вод.

В прошлом гидрогеологией этого района интересовались в конце XIX века в связи с концепциями постройки водопровода. В восточной части города гидрогеологические исследования (1948—1949) были связаны с постройкой металлургического комбината и его водоснабжением (юрские и четвертичные воды). Неглубокие подземные воды низкой террасы Вислы были подвергнуты исследованиям (1955—1970) в связи с поднятием уровня воды у плотины Домбе (конец 1965 г.) и созданием барьера дренирующих колодцев. На больших участках гидрогеологические условия лучше познавались в ходе бурения аварийных колодцев и колодцев для индивидуального водоснабжения промышленных предприятий (1970—1980).

Подземные воды обеспечивают водоснабжение города неглубокими четвертичными и юрскими колодцами в течении многих веков (кроме периода существования средневекового водопровода около 1350—1650). В настоящее время подземные воды не могут обеспечить потребностей, но они должны быть использованы для питьевых целей. Есть возможности обеспечения хорошей, здоровой и вкусной воды для каждого жителя, в количестве 2,5—5,0 л в сутки, из более глубоких юрских колодцев и из водоносных богучицких песков, распространенных к северу от Велички (рис. 1). Следует также увеличить использование минеральных сульфатных вод содержащих H₂S и соляных рассолов, которые до сих пор совсем не применяются.