

Mariusz Rinke

Wpływ budowy metodą mikrotunelingu kolektora ścieków odcinka VI Śleza we Wrocławiu na kształtowanie się pierwszego poziomu wód podziemnych

The influence of microtunnelling Sleza collector part VI in Wrocław into the variation of first groundwater level

Streszczenie: Przedstawione wyniki badań dotyczą wpływu budowy metodą mikrotunelingu odcinka VI kolektora Śleza we Wrocławiu na zmiany pierwszego poziomu wód podziemnych. Odcinek VI kolektora o średnicy 1000 mm ma długość 2400 m, komory oddalone są od siebie od 60 do 150 m. Do badań wytypowano 6 komór kolektora, w których ścianki szczelne nie były dogłębione do gruntów nieprzepuszczalnych, a w podłożu komór występowały głównie piaski. Warunki gruntowe na trasie przebiegu kolektora były zróżnicowane, dominowały grunty spoiste (gliny, ropy) pokryte nieregularnie osadami wodnolodowcowymi (piaskami). W podłożu niektórych komór po jednej stronie występowały grunty przepuszczalne, po drugiej nieprzepuszczalne (ropy). Pomiary poziomu wody wykonywano w 2 lub 3 piezometrach zlokalizowanych w odległości 4–35 m od komory. W czasie prowadzenia odwodnienia przy każdej z komór stwierdzono obniżenie poziomu wody gruntowej o około 1,0–1,2 m, w dwóch komorach o 1,8–2,0 m. Po zakończeniu prac zwierciadło powracało do pierwotnego położenia przez okres 4–7 miesięcy, miejscami ponad rok. Tak powolny wzrost poziomu wody wiązać należy z ograniczonym zasilaniem warstwy wodonośnej nie tworzącej na całym terenie jednego, ciągłego poziomu.

Słowa kluczowe: kolektor ścieków, mikrotuneling, odwodnienie, wody podziemne

Abstract: The research concerning the influence of the collector Sleza part VI in Wrocław into variation of groundwater first level. Characteristic of the part VI collector: diameter 1000 mm, length 2400 m, intervals cells from 60 to 150 m. The 6 cells of collector were chosen, which formwork did not reach. Under cells there were permeable soil – fine sand or medium sand. Impermeable soil's roof, quaternary or tertiary clays, which was covered fluvio-glacial sediments, formed irregular (1–15 m depth). In some cells soil substratum were miscellaneous, there was permeable sand on one side and impermeable clay on other side. Measurements were carried out in 2

or 3 piezometers localized 4 to 35 m distance from cells. During pumping of ground water decline of water level at 1,0–2,0 m was observed. After work ending ground-water table was restoring to natural level for 4 to 7 months, and in some place even over one year. Such a slow increasing of water level was the result probably the non linear of aquifer and its limited recharge.

Key words: collector, mikrotunnelling, pumping, ground water

Wstęp

Przeprowadzone badania dotyczyły wpływu budowy w technologii mikrotunelingu wielkośrednicowego kolektora ściekowego na kształtowanie się pierwszego poziomu wód podziemnych w rejonie inwestycji.

Kolektor Ślęza przebiega przez tereny zurbanizowane. Jego zadaniem jest odprowadzenie ścieków z południowych dzielnic Wrocławia (istniejących i planowanych) do nowoczesnej oczyszczalni ścieków „Janówek” zlokalizowanej w zachodniej części miasta. Budowę kolektora realizowaną w latach 2001–2005 podzielono na 6 odcinków, z których 4 zostały wykonane metodą otwartą – w wykopie, a odcinki V i VI z uwagi na problemy lokalizacyjne (wg Biura Projektów Budownictwa Komunalnego, 2001) wynikające z przebiegu przez Park Południowy oraz na niewielką odległość od nasypu kolejowego – metodą mikrotunelingu.

Wpływ instalacji podziemnych na warunki gruntowo-wodne

Przebiegające lub budowane instalacje podziemne, np. kolektory kanalizacji sanitarnej, deszczowej, ciepłowniczej, mogą wpływać na zmianę reżimu wód podziemnych (kierunki i prędkości spływu, poziom wody i wielkości wahań).

Kolektory najczęściej układane są w wykopach otwartych, które przy niesprzyjających warunkach wodnych w czasie ich wykonywania wymagają odwodnienia. Obniżenie zwierciadła wody może doprowadzić do osiadania pobliskich budynków lub innych budowli, zagrażając ich stateczności.

Wobec konieczności przejścia instalacji podziemnych pod rzekami, budynkami lub obszarami o rozbudowanej infrastrukturze podziemnej albo w przypadku płytkiego poziomu wody gruntowej stosuje się technologię mikrotunelingu (Bottero, Peila, 2006). Zakłada się, że metoda mikrotunelingu stanowi rozwiązanie w pełni zabezpieczające otaczające tereny i gwarantuje realizację inwestycji bez wpływu na zmiany warunków gruntowo-wodnych (Petrow-Ganew, 2005). Redukuje również powierzchnię obszaru koniecznego do zajęcia w procesie budowy, a więc jego oddziaływanie na środowisko (Bottero, Peila, 2006).

Charakterystyka inwestycji

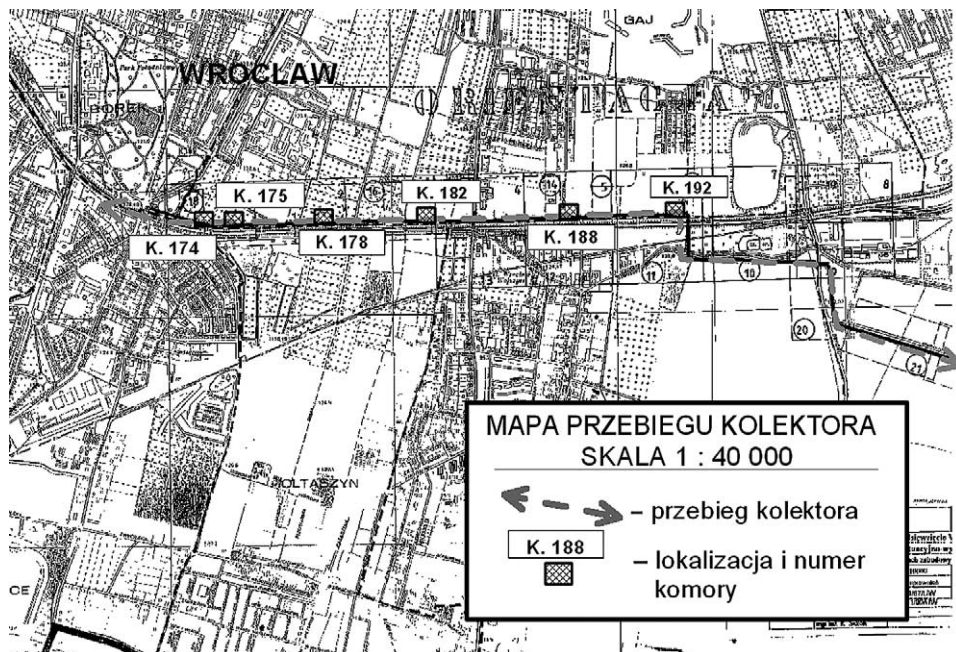
Trasa tego kanału grawitacyjnego (odcinka VI) liczącego 2404,5 m przebiega wzdłuż nasypu kolejowego. Został on wykonany metodą bezwykopową – przeciśków, ma średnicę wewnętrzną $D_w=1,0$ m, w końcowym odcinku $D_w=0,8$ m (przebieg kolektora zaznaczono na ryc. 1).

W projekcie budowlanym założono konieczność wykonania na trasie tego odcinka 23 komór (co ok. 100 m), w rzeczywistości odległości pomiędzy komorami wahały się w granicach 60–150 m. Do budowy wykorzystano rury wykonane z żywicy epoksydowych typu HOBAS. Głębokość posadowienia kolektora na tym odcinku wynosi 5,67–2,47 m.

Wykopy pod komory nadawcze i odbiorcze umocnione były ściankami szczelnymi, a ich odwadnianie odbywało się bezpośrednio z wykopu za pomocą pompy zanurzeniowej lub/i igłofiltrów.

Komory były zagłębione od ca 6 m po stronie zachodniej badanego odcinka do ca 3,5–4 m po jego stronie wschodniej.

Ścianki szczelne komór (grodzice) w części centralnej i wschodniej odcinka nie osiągały stropu utworów nieprzepuszczalnych (glin morenowych lub ilów neogenskich).



Ryc. 1. Trasa przebiegu odcinka VI kolektora Śleza we Wrocławiu
Fig. 1. The localization of collector Śleza part VI in Wrocław

Monitoring pierwszego poziomu wód podziemnych

Wykonane opracowanie hydrogeologiczne (Najwer, 2002) wskazało na konieczność prowadzenia monitoringu zmian poziomu wody w czasie wykonywania prac budowlanych. Po przeanalizowaniu budowy geologicznej, warunków hydrogeologicznych oraz założeń technologicznych planowanej inwestycji punkty obserwacyjne (piezometry) zlokalizowano przy 6 komorach kolektora nr: 174, 175, 178, 182, 188, 192. Przy każdej z komór wykonano po 2–3 piezometry: pierwszy – w pobliżu komory kolektora, drugi – w odległości około 4–8 m, trzeci – około 35 m. Pomiary rozpoczęto przed przystąpieniem do odwadniania każdej z komór, zakończono po odtworzeniu zwierciadła wody gruntowej. Okresowe wielkości wahań zwierciadła wód podziemnych na tym terenie były znane z wcześniejszych obserwacji (Rinke, 2002).

Charakterystyka przyrodnicza terenu

Teren jest położony w obrębie plejstocenijskiej wysoczyzny morenowej wzniesionej w rejonie badań od 120,40 do 124,30 m n.p.m.

Deniwelacje na trasie kolektora grawitacyjnego dochodzą do 1,80 m. Teren opada łagodnie w kierunku zachodnim.

Budowa geologiczna i warunki hydrogeologiczne

W podłożu trasy kolektora występują utwory neogeńskie oraz czwartorzędowe – plejstocenijskie i holocenijskie (Jastrzębski, Trepka, 2000).

W zachodniej części projektowanego odcinka kolektora w podłożu dominują osady neogeńskie – ily, pokryte około metrową warstwą glin. Strop ilów zapada w kierunku wschodnim.

W centralnej i wschodniej części odcinka na stropie ilów neogeńskich zalegają plejstocenijskie utwory wodnolodowcowe wykształcone w postaci różnoziarnistych piasków o miąższości od kilku do ponad 10 m. Utwory te są przewarstwiane glinami pylastymi, piaszczystymi i pyłami.

Strop glin morenowych występuje nieregularnie w centralnej części badanego odcinka kolektora, kształtując się na głębokości od ok. 5,0 do ponad 10,0 m.

Warunki hydrogeologiczne

Warstwę wodonośną stanowią piaszczysto-żwirowe osady fluwioglacjalne o swobodnym zwierciadle wody, w miejscach, gdzie bezpośrednio pod nasypami występują gliny lub namuły, woda gruntowa znajduje się pod niewielkim ciśnieniem hydrostatycznym.

Naturalny poziom zwierciadła wody kształtuje się na głębokości 1,0–2,0 m, tylko w części zachodniej terenu nieco głębiej ca 2,2–2,8 m ppt.

Zmiany poziomu wody podziemnej w wybranych komorach

Komory wytypowane do obserwacji miały wymiary $4,8 \times 8,0$ m, ich głębokość wahała się od 4,3 m do 6,2 m (tab. 1), zagłębienie grodzic w grunt w komorach 174 i 175 wynosiło ok. 9,0 m, a w komorach 178, 182, 188 i 192 – ok. 7,0 m. Spośród obserwowanych 6 komór na rycinach nr 2, 3 i 4 przedstawiono zmiany pierwszego poziomu wód podziemnych obserwowane w piezometrach przy komorach 175, 178 i 182.

Komora 174: W czasie odwodnienia następował intensywny dopływ wody do komory (tab. 1). Stwierdzono obniżenie zwierciadła poza komorą do głębokości 3,7–3,8 m. Okres prowadzenia odwodnienia (ok. 3 miesiące) pokrywa się z obniżonym zwierciadłem wody w rejonie komory. Po jego zakończeniu następuje powolne podnoszenie zwierciadła trwające ponad 16 miesięcy. Zwierciadło po zakończeniu pomiarów kształtowało się na poziomie około 2,8–3,0 m p.p.t., tj. o około 1,0 m poniżej pierwotnego poziomu (przed rozpoczęciem inwestycji). Nie stwierdzono deformacji powierzchni terenu przy komorze.

Komora nr 175: Prowadzone intensywne odwodnienie spowodowało obniżenie zwierciadła wody poza komorą o około 1,2 m (ryc. 2). Po zakończeniu odwodnienia zwierciadło powraca do poziomu z początku prowadzenia pomiarów przez około 5 miesięcy; poziom ten jest jednak o około 0,2 m niższy od poziomu przed rozpoczęciem odwodnienia.

Prowadzone odwodnienie spowodowało przy komorze zapadnięcie o około 1 m gruntu o objętości około $1,0\text{--}1,5$ m³.

Komora 178: Wynikiem odwodnienia było wyraźne obniżenie poziomu wody o 1,4–1,8 m poza komorą widoczne w piezometrze oddalonym o około 8 m od komo-

Tabela 1. Parametry hydrogeologiczne warstwy wodonośnej w pobliżu komór odcinka VI kolektora Śleża we Wrocławiu

Table 1. The Hydrogeologicals parameters of acquifere near cells of the collector Sleza part VI

Nr kom.	Głębokość komory (dna) [m]	Miąższość warstwy wodonośnej [m]	Głębokość zwierciadła (przed odwadnianiem) naw/ustab.	Wsp. filtracji k w-wy wodonośn. [m/d]	Czas odwadniania [miesiąc]	Dopływ do komory	
						założony*** [m ³ /d]	rzeczywisty [m ³ /d]
174	6,2	7,9	1,8/1,8	7,0	3	360	180–200
175	6,0	11,5	4,3/3,0	3,0–7,0	3	47	230–250
178	5,5	5,5–9,5*	1,9/0,9	16,0	10**	568	60–80
182	5,9	2,7– >9,0*	1,5/1,5	3,0	5	132	80–100
188	4,5	5,5	2,7/1,6	8,5	4	250	250–300
192	4,3	5,8	2,2/1,1	18,0	6	145	140–160

*ścianki części komory dogłębione do stropu utworów półprzepuszczalnych

**odwodnienie nieregularne z przerwami

***za: Najwer (2000)

Tabela 2. Zmiany poziomu wody w piezometrach w czasie odwodnienia (kolektor Śleza odc. VI)

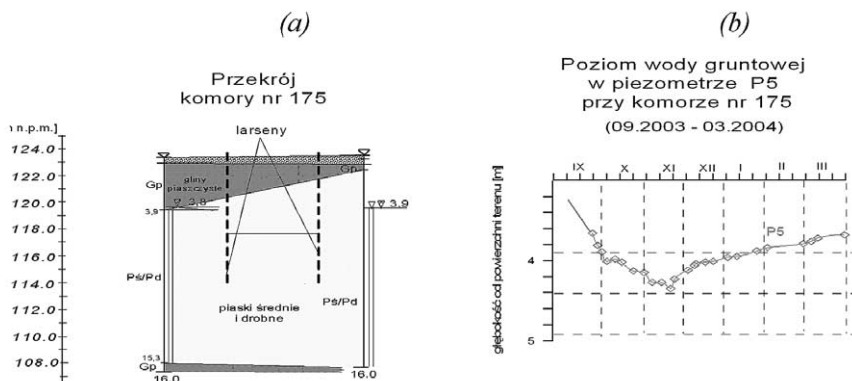
Table 2. The variation of ground water level in piezometers during pumping of groundwater (collector Sleza part VI, 2003–2005)

Nr komory	Odległość piezometru od komory [m]	Obniżenie zwierciadła wody poniżej poziomu naturalnego [m]	Czas powrotu zwierciadła wody [miesiąc]	Depresja resztkowa [m]
174	P1 – 7	1,8–2,0	12	1,0
	P2 – 35	1,8	12	0,5–1,0
175	P5 – 7	0,5–0,7	5–6	0,2
178	P6 – 8	1,2–1,4	4	0,0
	P7 – 35	± 0,7 m	1–2	0,0
182	P8 – 4	Osuszenie warstwy	7	0,0
	P9 – 35	0,6–0,8 m	7	0,0
188	P10 – 7	1,0–1,2	6	0,0
	P11 – 39	0,55	8	0,0
192	P12 – 7	1,21	3	0,0
	P13 – 35	1,1	3	0,0

ry, natomiast w piezometrze oddalonym o około 35 m wahania poziomu wody gruntowej są nieregularne, powtarzają się w cyklach 1–2-miesięcznych (ryc. 3).

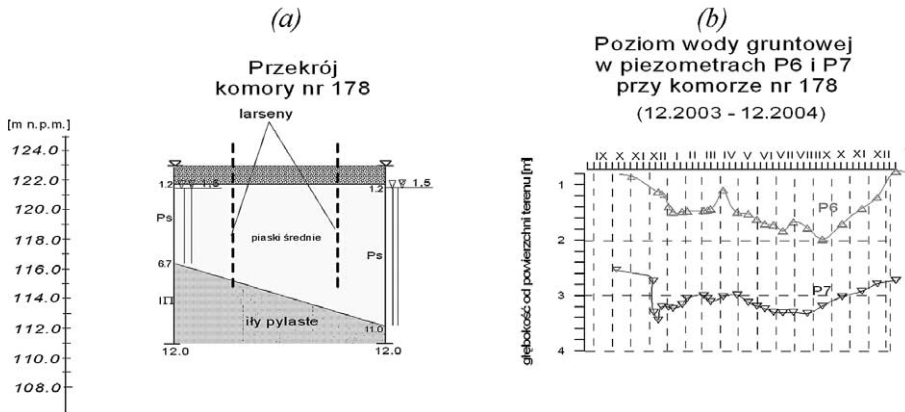
Po likwidacji komory nastąpiło powolne podnoszenie zwierciadła wody w obu piezometrach do poziomu 1,2–1,4 m p.p.t. trwające około 4 miesiące.

Komora 182: Odwodnienie spowodowało osuszenie warstwy wodonośnej (o miąższości ca 1,6 –2,0 m) w pobliżu komory. W odległości około 35 m od komory nastąpiło obniżenie zwierciadła o 0,6–0,8 m od poziomu pierwotnego oraz jego wahania w granicach 0,2–0,4 m (ryc. 4). Dopiero po 2–3 miesiącach po zasypaniu komory w jej pobliżu następuje odtworzenie warstwy wodonośnej: początkowo



Ryc. 2. a) przekrój komory, b) zmiany poziomu wody gruntowej w piezometrze P5

Fig. 2. a) the scheme of the cell, b) the variation of groundwater level in piezometer P5



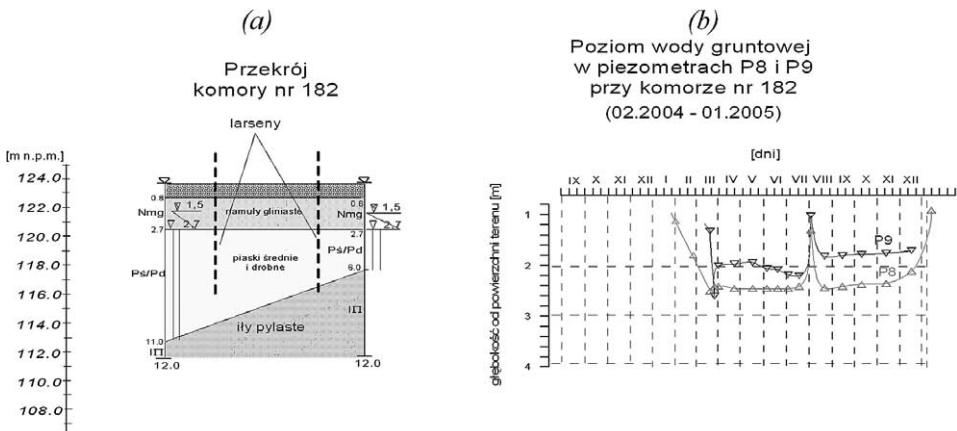
Ryc. 3. a) przekrój komory, b) zmiany poziomu wody gruntowej w piezometrze P6 i P7
 Fig. 3. a) the scheme of the cell, b) the variation of groundwater level in piezometer P6 and P7

powolne, a około 7 miesięcy po zasypaniu komory szybkie podnoszenie się zwierciadła wód podziemnych, które osiąga poziom pierwotny.

Komora 188: W wyniku odwodnienia zwierciadło wody uległo obniżeniu o około 0,55–1,2 m. Po zakończeniu odwodnienia zwierciadło powraca do poziomu z początku okresu prowadzenia pomiarów przez około 6 miesięcy.

Na zewnątrz ścianki szczelnej w promieniu około 2 m powierzchnia terenu uległa obniżeniu, co było prawdopodobnie spowodowane zwiększeniem zagęszczenia gruntu wywołanego wysokim ciśnieniem sphywowym działającym w dół oraz wymywaniem gruntu z dna wykopu (nastąpiło jego rozluźnienie).

Komora 192: Odwodnienie spowodowało regularne obniżanie zwierciadła wody w piezometrze położonym w pobliżu komory, zróżnicowane wahania obserwuje się w piezometrze w odległości około 35 m od komory. W okresie prowadzenia odwodnienia zwierciadło wody obniżyło się o około 1,2 m w piezometrze



Ryc. 4. a) przekrój komory, b) zmiany poziomu wody gruntowej w piezometrze P8 i P9
 Fig. 4. a) the scheme of the cell, b) the variation of groundwater level in piezometer P8 and P9

położonym przy komorze i 1,1 m w piezometrze oddalonym od niej. Po zakończeniu odwodnienia zwierciadło powraca do poziomu z początku okresu prowadzenia pomiarów przez około 3 miesiące.

Podsumowanie i wnioski

Prowadzony monitoring wód podziemnych na trasie przebiegu odcinka VI kolektora Ślęza dostarczył wiarygodnych i interesujących informacji o kształtowaniu się zwierciadła wód podziemnych w rejonie inwestycji.

Pomiary wykazały, że odwodnienie komór o ściankach szczelnych nie dogłębiowych do stropu gruntów półprzepuszczalnych powoduje obniżenie pierwszego poziomu wód podziemnych poza komorą. Obserwowane obniżenie poziomu wody wywołane odwodnieniem w granicach 1,0–1,2 m jest porównywalne z naturalnymi wahaniami zwierciadła wody w tej części Wrocławia dochodzącymi do około 1,0 m (Rinke, 2002). Tylko w rejonie dwóch komór obniżenie zwierciadła było wyraźnie większe (1,8–2,0 m) od wahań naturalnych.

Bardzo duża zmienność warunków gruntowo-wodnych nawet w obrębie jednej komory sprawiła szereg problemów przy ich wykonywaniu. Dopływy wody w przypadku dwóch komór (175 i 188) były wyższe od zakładanych, następowało podniesienie dna komory, trudności z obniżeniem wody w wykopie, wymywanie gruntu z dna i spoza komory oraz zaciskanie grodzic.

Różnice pomiędzy dopływem założonym do poszczególnych komór a dopływem rzeczywistym wynikają z niewystarczającego rozpoznania hydrogeologicznego dokonanego na etapie wykonywania dokumentacji geotechnicznej, złożoności warunków hydrogeologicznych oraz zastosowania uproszczonej metody obliczeniowej.

Zastosowana nowoczesna metoda przecisków do wykonywania kolektorów wielkośrednicowych oddziałuje na otaczające warunki wodne, jednak, na co wskazują prowadzone pomiary, oddziaływanie to jest czasowe, a zwierciadło wody po okresie wzmożonych wahań i obniżeniu wywołanym odwodnieniem wraca do swojego pierwotnego położenia po około 4–7 miesiącach. W wyjątkowych przypadkach (np. komora 174) okres ten może być dłuższy, co wynika prawdopodobnie z ograniczonego zasilania nawodnionych soczew lub przewarstwień gruntów występujących w otoczeniu kolektora, które nie tworzą jednego ciągłego horyzontu wodonośnego o dużej zasobności.

Bez problemów technicznych wykonywane były komory, w których ścianki zagłębione były w twory półprzepuszczalne (gliny), trudności z odwodnieniem pojawiały się, gdy grodzice nie osiągały stropu glin lub ilów.

Zastosowana metoda mikrotunelingu pomimo pewnego wpływu na otaczające wody podziemne oraz grunty (zapadanie przy komorach) może być polecana do wykonywania tego typu inwestycji na terenach zurbanizowanych.

Literatura

- Biuro Projektów Budownictwa Komunalnego Sp. z o.o., 2001. Projekt budowlany kolektor „Śłęza”, przedsięwzięcie VI etap A, Wrocław, ul. Opolska 11/19.
- Bottero M., Peila D., 2006. Mikrotunelowanie czy instalacja w wykopie porównanie alternatywnych metod. Inżynieria Bezwykopowa 1.
- Jastrzębski W., Trepka S., 2000. Dokumentacja geotechniczna do projektu budowy kolektora Śłęza – przedsięwzięcie VI we Wrocławiu, Wrocław.
- Najwer T., 2002. Opinia hydrogeologiczna dotycząca ewentualnego oddziaływania komór przeciskowych odcinka grawitacyjnego kolektora Śłęza na stateczność nasypu kolejowego linii Święta Katarzyna – Wrocław Kuźniki. HYDROS – Zakład Hydrogeologiczny we Wrocławiu, ul. Dąbrowskiego 48.
- Pazdro Z., 1983. Hydrogeologia ogólna. Wydawnictwa Geologiczne, Warszawa.
- Petrow-Ganew D., 2005. ABC mikrotunelingu. Inżynieria Bezwykopowa 3, 1–2.
- Rinke M., 2002. Sprawozdanie z pomiarów głębokości zalegania zwierciadła wody gruntowej na terenie Parku Południowego, okres od stycznia do grudnia 2001, i od października 1996 do grudnia 2001. Zarząd Inwestycji Miejskich we Wrocławiu.
- Wieczysty A., 1982. Hydrogeologia inżynierska. PWN, Warszawa.

