

## Dwadzieścia pięć lat doświadczeń w uzdatnianiu wód podziemnych w warstwie wodonośnej na ujęciu Wroniawy dla miasta Wolsztyna

Józef Górski<sup>1</sup>

**Twenty-five years of experience in groundwater treatment in the aquifer on the Wroniawy water capture for Wolsztyn town.** Prz. Geol., 65: 1257–1263.

*Abstract.* The water supply for Wolsztyn town and the surrounding villages is located in the Warsaw–Berlin ice-marginal valley near the village of Wroniawy. In the early 1990s, a method of groundwater treatment in the aquifer (Hydrox method) was implemented on this water capture. The implementation was preceded by application of a pilot study at one of the wells of the Wroniawy well-field in 1978. Based on the positive results of the pilot study, the method was implemented over the entire well-field, currently consisting of 8 wells that extract water from the ice-marginal aquifer with a yield of approx. 7000 m<sup>3</sup>/day. The method is used for more than 25 years and allows for the efficient removal of iron and manganese, and for the improvement of water quality in relation to colour, ammonia nitrogen and oxidability. Positive effects are achieved despite major changes in water chemistry in operating conditions related to the inflow of water of poor quality from the central part of the ice-marginal valley and from Wroniawy village. Moreover, application of the method allows for the long-term operation of wells (the oldest wells have been working for more than 20 years) under adverse hydrochemical conditions. The positive effects of treatment, as well as the positive economic effects as compared to traditional treatment, are achieved through the use of appropriate technical solutions and, above all, by proper observance of technological regimes recognized by the operator under hydrogeological supervision. Positive results obtained on the Wroniawy well-field are worth promoting, taking into consideration the fact that implementation of the method in Poland in some cases was improperly conducted, without hydrogeological supervision, which did not allow for obtaining good treatment effects.

**Keywords:** Warsaw–Berlin ice-marginal valley, Wroniawy well-field, Hydrox method

Na początku lat 90. ub.w. na ujęciu wód podziemnych dla miasta Wolsztyna we Wroniawach została wdrożona metoda uzdatniania wód podziemnych w warstwie wodonośnej, w celu usuwania z wody żelaza i manganu (metoda Hydrox) (Błaszyk i in., 1991). Zastosowanie tej metody było poprzedzone badaniami pilotowymi dla jednej studni w 1978 r. (Błaszyk, Górski, 1979). Na podstawie pozytywnych wyników metoda została wdrożona na całym ujęciu, składającym się z ośmiu studni ujmujących wody pradolinnego zbiornika wodonośnego z wydajnością ok. 7000 m<sup>3</sup>/dobę (ryc. 1).

Metoda jest stosowana od ponad 25 lat i pozwala na pozyskiwanie wody pozbawionej żelaza i manganu, a także na znaczącą poprawę jakości wód w zakresie barwy, obecności azotu amonowego i utleniałości. Pozytywne efekty uzyskuje się pomimo dużych, niekorzystnych zmian jakości wód podziemnych w warunkach eksploatacji wynikających z dopływu do ujęcia wód o niekorzystnej jakości, uwarunkowanej czynnikami geogenicznymi i antropogenicznymi. Zaletą stosowanej metody jest również ochrona filtrów studziennych przed intensywnym rozwojem procesów kolmatacji osadami żelazistymi. Najstarsze studnie pracują bowiem już ponad 20 lat, czego nie osiąga się na tradycyjnie eksploatowanych ujęciach w podobnych warunkach hydrogeochemicznych. Pozytywne efekty uzyskuje się dzięki zastosowaniu unikatowych rozwiązań technicznych oraz właściwego przestrzegania reżimów technologicznych pod nadzorem hydrogeologicznym.

Celem artykułu jest przedstawienie charakterystyki zastosowanych rozwiązań technicznych i technologicznych oraz efektów i efektywności uzdatniania w warunkach dużej różnicowania chemizmu wód dopływających z różnych części pradolinnego zbiornika wodonośnego.

### CHARAKTERYSTYKA UJĘCIA WODY WRONIAWY

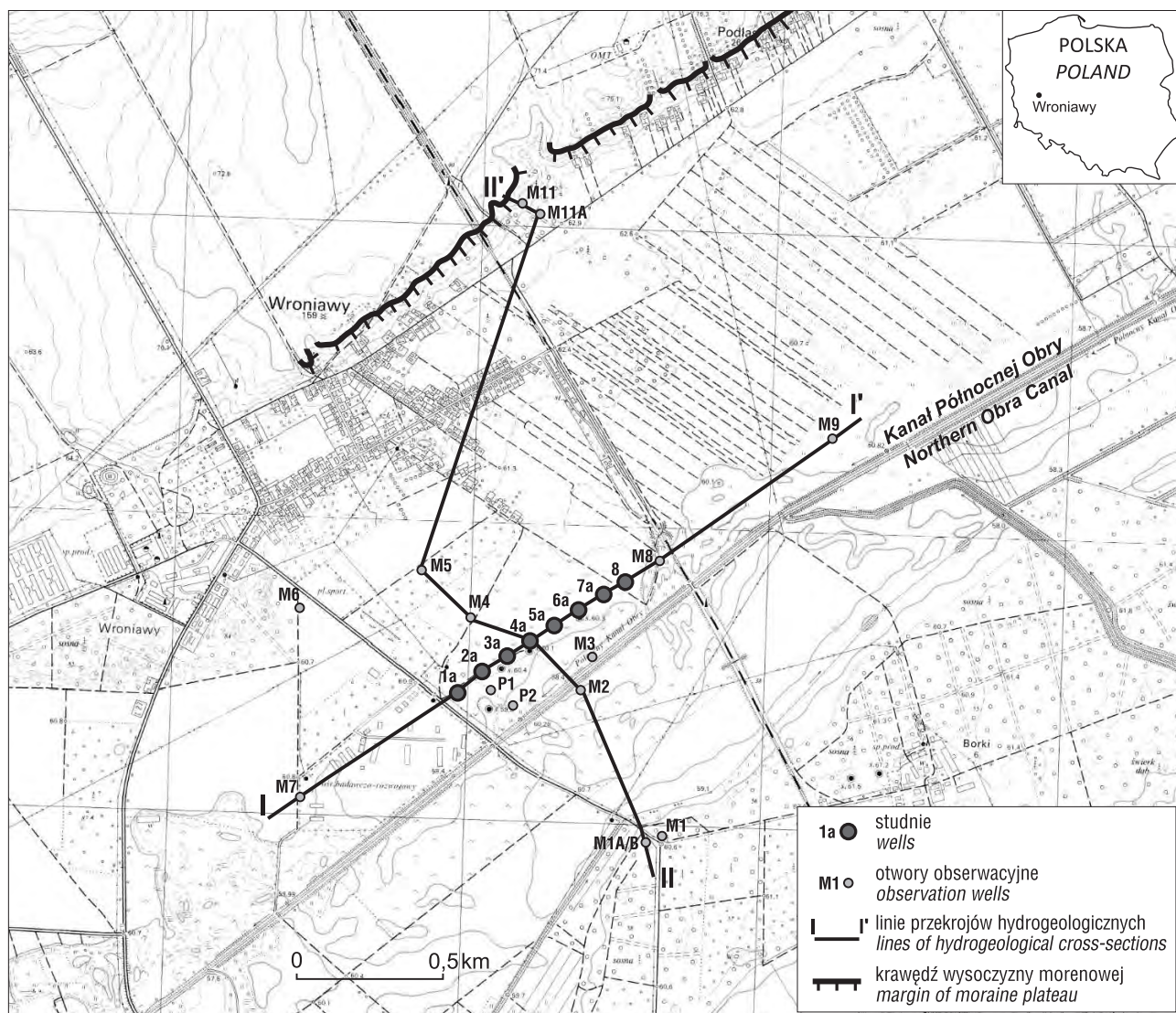
Ujęcie wód podziemnych we Wroniawach jest położone na terenie pradoliny warszawsko-berlińskiej przy Kanale Północnym Obry (ryc. 1).

Zlokalizowanych jest tu osiem studni wierconych o głębokości 25–30 m ujmujących wody odkrytego zbiornika pradolinnego. Pierwsze studnie ujęcia (nr 1 do 6) wykonano w 1968 r. i udokumentowano zasoby eksploatacyjne w kat. B w wysokości 1026 m<sup>3</sup>/h.

Eksploatację ujęcia rozpoczęto w 1973 r., przesyłając wodę nieuzdatnioną do stacji uzdatniania w Wolsztynie, oddalonej o ok. 7 km. W 1978 r., zostały przeprowadzone badania pilotowe w celu oceny możliwości uzdatniania wód podziemnych w warstwie wodonośnej metodą Hydrox (Błaszyk, Górski, 1979). Pozytywne wyniki tych badań stanowiły podstawę wdrożenia tej metody na ujęciu w roku 1989. W trakcie eksploatacji ujęcia, z wydajnością nieprzekraczającą ok. 20% zatwierdzonych zasobów, stwierdzono znaczące pogorszenie jakości wody, szczególnie w zakresie stężeń żelaza, manganu, a także azotu amonowego, chlorków, siarczanów i azotanów. Wykonane badania wykazały, że pogorszenie jakości wody jest związane głównie z dopływem wód o niekorzystnej jakości z centralnych partii pradoliny, a także z rozwojem procesów utleniania siarczków i substancji organicznej w tej strefie. Ponadto stwierdzono dopływ zanieczyszczeń z rejonu wsi Wroniawy oraz terenów rolniczych.

W tej sytuacji trzeba było ograniczyć zasoby eksploatacyjne ujęcia, stosując jakość wód jako kryterium weryfikacji zasobów. Weryfikację opracowano na podstawie modelowania matematycznego (Górski, Przybyłek, 2003).

<sup>1</sup> Zakład Hydrogeologii i Ochrony Wód, Instytut Geologii, Uniwersytet im. A. Mickiewicza w Poznaniu, ul. Bogumiła Krygowskiego 12, 61-680 Poznań; gorski@amu.edu.pl.



Ryc. 1. Ujęcie wody Wroniawy – mapa sytuacyjna  
Fig. 1. Sketch-map of the Wroniawy well-field

Na podstawie wykonanych symulacji modelowych ustalono, że w celu zapewnienia względnie korzystnej jakości wody zasoby eksploatacyjne ujęcia należy ograniczyć do 300 m<sup>3</sup>/h.

#### WARUNKI HYDROGEOLOGICZNE

Na ujęciu Wroniawy są pobierane wody pradolinnej warstwy wodonośnej o miąższości 25–27 m. W górnej partii, o miąższości 8–10 m, występują piaski drobnoziarniste i pylaste (ryc. 2, 3).

Dolną część tworzą fluwioglacjalne piaski różnoziarniste ze żwirem i żwirami o bardzo dobrej przepuszczalności ( $k$  w zakresie 5,4–7,5 m/h), pozwalającej na uzyskiwanie wydajności jednostkowej do 80 m<sup>3</sup>/h/1 m depresji. Zwierciadło wody występuje na niewielkiej głębokości rzędu 1–2 m. W podłożu warstwy wodonośnej zalegają osady mułkowo-ilaste i gliny zwałowe. Ujęcie jest zlokalizowane przy południowej krawędzi wyższego tarasu pradoliny, przylegającego do wysoczyzny morenowej. W warunkach naturalnego systemu krążenia do ujęcia dopływały więc wody drenowane z poziomów międzyglinowych na przylegającej wysoczyźnie morenowej i w pewnym stopniu wody infiltrujące na terenie wyższego tarasu pradoliny. W warunkach

poboru wód, do ujęcia zaczęły dopływać również wody od południa z centralnych partii pradoliny.

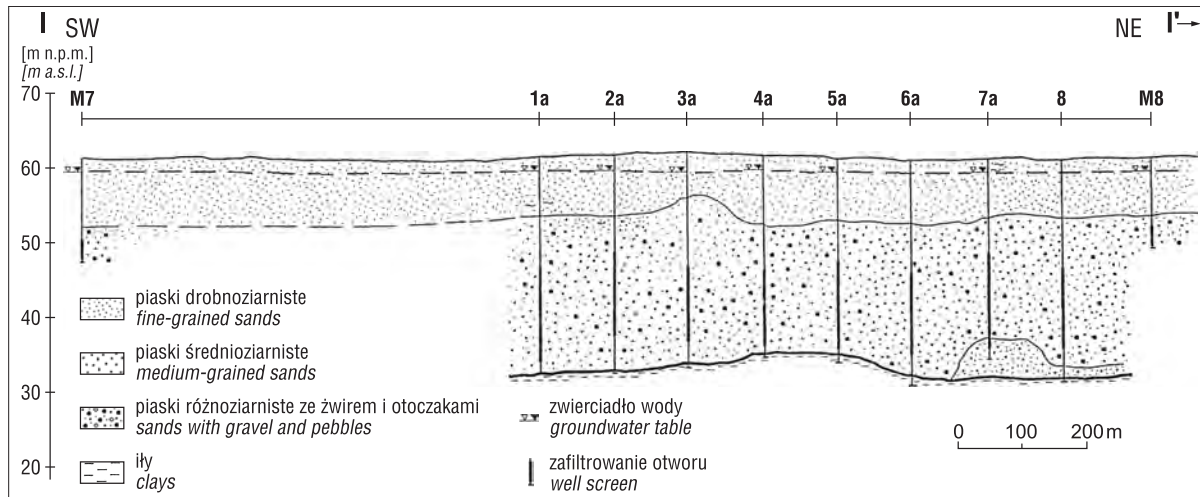
W roku 2002 wykonano na podstawie badań modelowych bilans składników zasilania ujęcia przy wydajności 300 m<sup>3</sup>/h. Wyniki tego bilansu przedstawiono w tabeli 1.

Wynika z niej, że w bilansie zasilania ujęcia znaczny udział (38%) mają zanieczyszczone geogenicznie wody dopływające od południa z centralnych partii pradoliny. Zanieczyszczone antropogenicznie wody dopływające z rejonu wsi Wroniawy stanowią zaś ok. 7%.

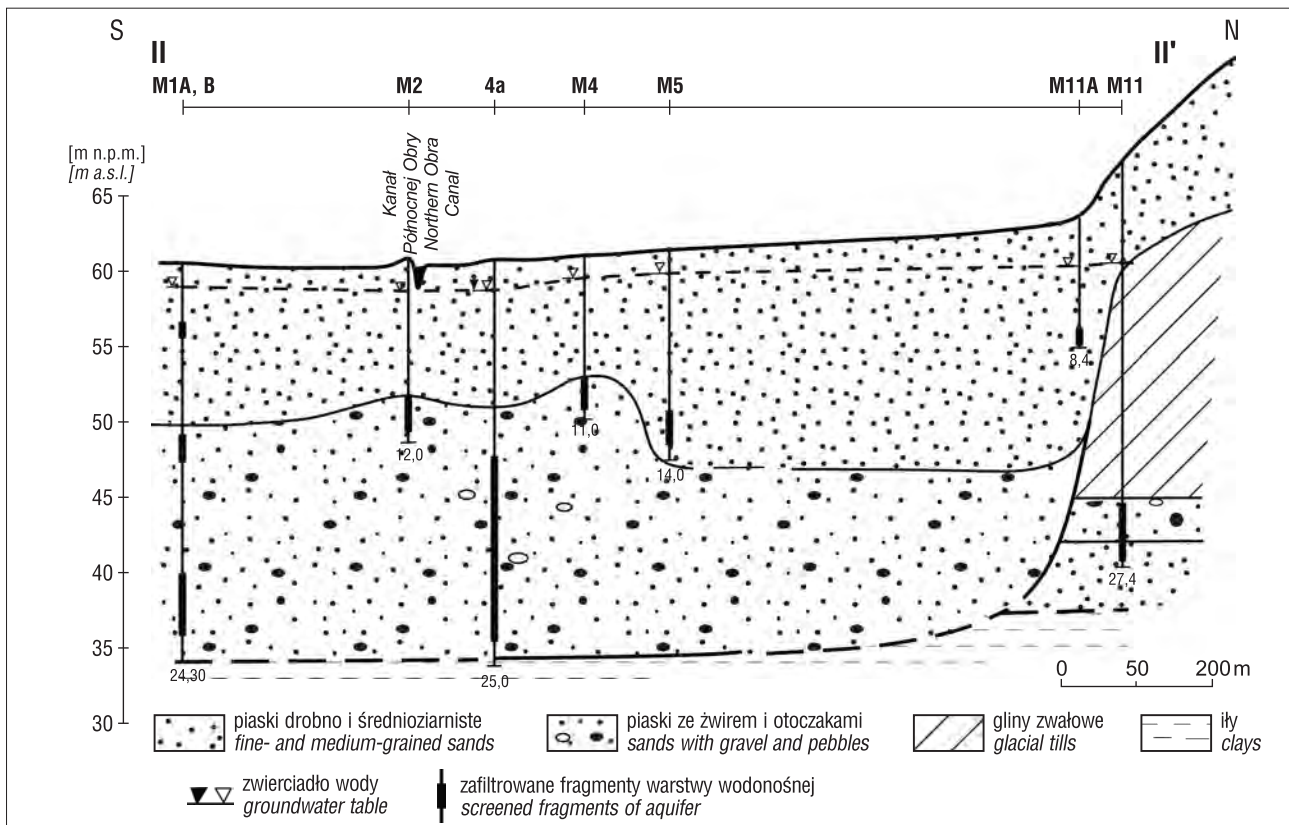
Należy podkreślić, że wraz ze wzrostem poboru wód zwiększa się udział wód o niekorzystnej jakości w bilansie zasilania ujęcia. Aktualny pobór wód z ujęcia wynosi ok. 290 m<sup>3</sup>/h (dane za rok 2015). Ponadto zwiększenie udziału wód o niekorzystnej jakości następuje w okresach susz hydrologicznych, ze względu na ograniczenie infiltracji wód opadowych na terenie pradoliny.

#### ZMIANY CHEMIZMU WÓD W WARUNKACH EKSPLOATACJI

W rejonie ujęcia Wroniawy, które jest położone na terenie wyższego tarasu pradoliny, przylegającego do wysoczyzny, w warunkach naturalnego krążenia wód występowały wody



Ryc. 2. Przekrój hydrogeologiczny I-I'  
Fig. 2. Hydrogeological cross-section I-I'



Ryc. 3. Przekrój hydrogeologiczny II-II'  
Fig. 3. Hydrogeological cross-section II-II'

o korzystnej jakości (tab. 2). W miarę rozwoju eksploatacji ujęcia następowało systematyczne pogarszanie jakości wód. Było to związane z:

- dopływem wód o gorszej jakości z centralnych partii pradoliny,
- oddziaływaniem zanieczyszczeń antropogenicznych, a w szczególności wpływu zabudowy wsi Wroniawy oraz istniejącej tu Spółdzielni Produkcyjnej,
- rozwojem przemian hydrochemicznych w warstwie wodonośnej związanych z utlenianiem siarczków i substancji organicznych.

Największy niekorzystny wpływ na jakość wód zasilających ujęcie mają wody dopływające z centralnych części

pradoliny, co obrazują dane przedstawione w tabeli 3 i na rycinie 4.

Są to bowiem wody o bardzo wysokich stężeniach żelaza, manganu, azotu amonowego oraz substancji organicznej. Ponadto w strefie dopływu tych wód zaznaczają się okresowo procesy utleniania się siarczków i substancji organicznej i w związku z tym w płytkich otworach obserwacyjnych notowano tu stężenia żelaza do  $60 \text{ mg/dm}^3$  i siarczanów do  $288 \text{ mg/dm}^3$ .

Z rejonu wsi Wroniawy dopływają natomiast wody silnie zanieczyszczone azotanami. Zawierają również podwyższone stężenia manganu. Korzystniejszą jakością cechują się natomiast wody dopływające z poziomów międzymoreno-

**Tab. 1.** Bilans składników zasilania ujęcia Wroniawy przy poborze wód w wysokości 300 m<sup>3</sup>/h na podstawie modelowania matematycznego (Górski, Przybyłek, 2003)**Table 1.** Balance of the recharge components of the Wroniawy well-field at exploitation of 300 m<sup>3</sup>/h based on mathematical modeling (Górski, Przybyłek, 2003)

Składnik bilansu <i>Component of recharge balance</i>	Udział w zasilaniu ujęcia <i>Contribution in intake recharge</i> [m <sup>3</sup> /h]	Udział w zasilaniu ujęcia <i>Contribution in intake recharge</i> [%]
Dopływ od południa z centralnych partii pradoliny <i>Inflow from the central parts of the ice-marginal valley, south of the well-field</i>	114	38,0
Dopływ z warstw międzymorenowych na terenie wysoczyzny morenowej na północ od ujęcia <i>Inflow from the inter till aquifers in moraine plateau north of the well-field</i>	164	54,7
Dopływ wód infiltrujących na terenie pradoliny na północ od ujęcia oraz spływających ze strefy krawędziowej wysoczyzny <i>Inflow of water infiltrating in the ice-marginal valley north of the well-field and flowing from the marginal zone of the plateau</i>	22	7,3

**Tab. 2.** Wybrane parametry chemizmu wód ze studni ujęcia Wroniawy przed rozpoczęciem eksploatacji (dane z roku 1969, zakresy wartości z sześciu badanych studni)**Table 2.** Selected parameters of water chemistry from the Wroniawy well-field before the beginning of exploitation (data from 1969, range of values from 6 wells tested)

Barwa <i>Colour</i> [mgPt/dm <sup>3</sup> ]	Żelazo <i>Iron</i> [mg/dm <sup>3</sup> ]	Mangan <i>Manganese</i> [mg/dm <sup>3</sup> ]	Jon amonowy NH <sub>4</sub> <i>Ammonium ion NH<sub>4</sub><sup>+</sup></i> [mg/dm <sup>3</sup> ]	Azotany <i>Nitrate</i> [mg/dm <sup>3</sup> ]	Siarczany <i>Sulphur</i> [mg/dm <sup>3</sup> ]
10–45	0,9–1,4	0,2–0,3	0,04–0,25	<0,44	37–59,5

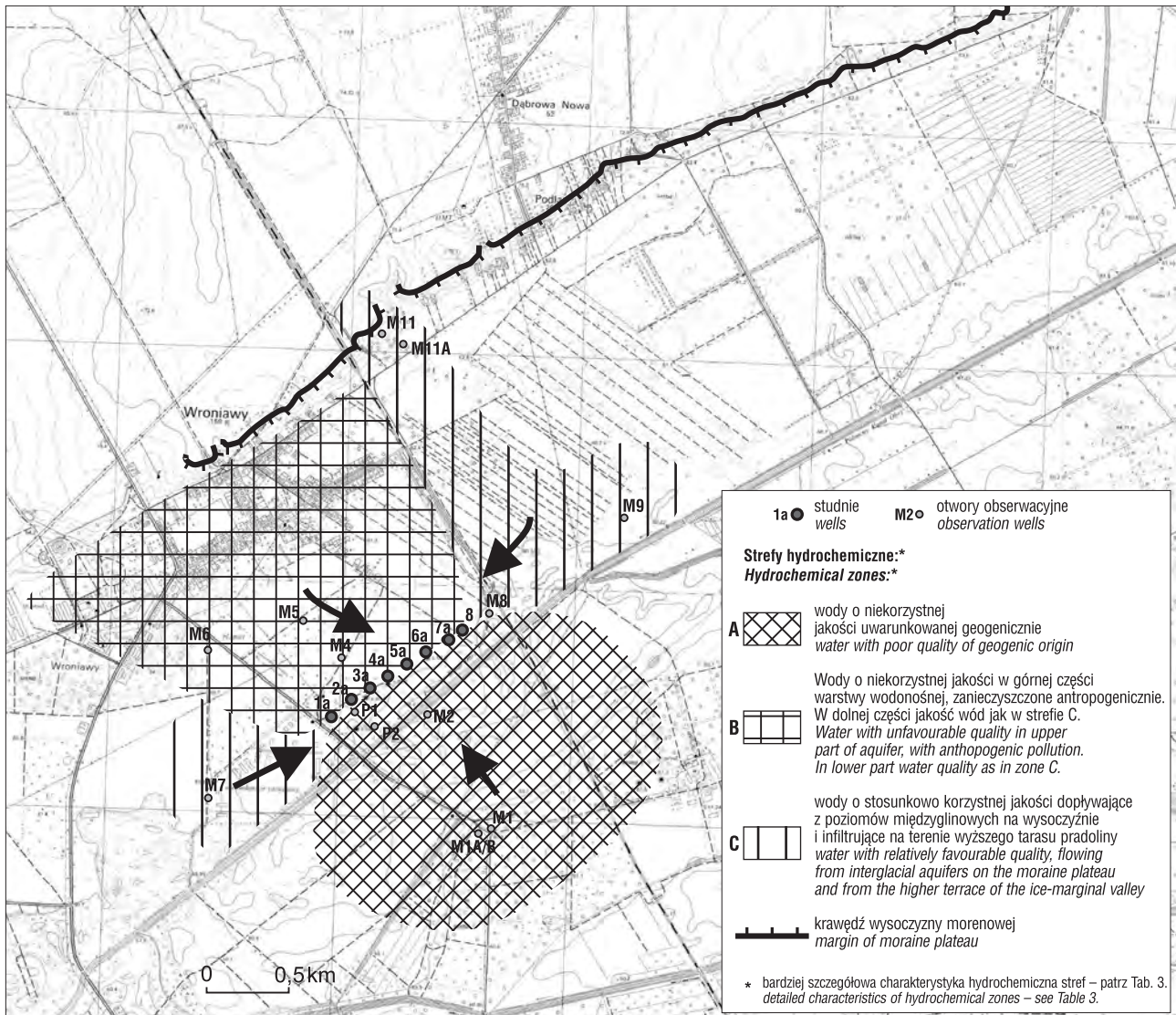
**Tab. 3.** Wybrane parametry chemizmu wód dopływających do ujęcia Wroniawy**Table 3.** Selected parameters of water chemistry inflowing to the Wroniawy well-field

Składnik bilansu zasilania ujęcia <i>Component of recharge balance</i>	Parametry chemizmu wód <i>Parameters of water chemistry</i>					
	barwa <i>colour</i> [mgPt/dm <sup>3</sup> ]	żelazo <i>iron</i> [mg/dm <sup>3</sup> ]	mangan <i>manganese</i> [mg/dm <sup>3</sup> ]	jon amonowy NH <sub>4</sub> <i>ammonium ion NH<sub>4</sub><sup>+</sup></i> [mg/dm <sup>3</sup> ]	azotany <i>nitrate</i> [mg/dm <sup>3</sup> ]	siarczany <i>sulphur</i> [mg/dm <sup>3</sup> ]
Wody dopływające od południa z centralnych partii pradoliny (strefa A, ryc. 4) <i>Water flowing from the central parts of the ice-marginal valley south of the well-field (zone A, Fig. 4)</i>	60	15,3	1,17	1,35	0,48	143
Wody dopływające z terenu pradoliny i strefy krawędziowej wysoczyzny w zasięgu oddziaływania wsi Wroniawy (strefa B, ryc. 4) <i>Water flowing from the ice-marginal valley and the marginal zone of the plateau under the influence of Wroniawy village (zone B, Fig. 4)</i>	30	<0,020	1,09	0,17	<0,44	163
Wody dopływające z warstw międzymorenowych na terenie wysoczyzny morenowej na północ od ujęcia (strefa C, ryc. 4) <i>Water flowing from horizons between glacial tills in the moraine plateau to the north of the well-field C, Fig. 4)</i>	10	2,09	0,21	0,24	88,6	270
Wody jw. poza zasięgiem oddziaływania wsi Wroniawy (strefa C, ryc. 4) <i>Water as above, beyond the influence of Wroniawy village (zone C, Fig. 4)</i>	10	2,72	0,42	0,37	<0,10	119

wych na wysoczyźnie i z terenu pradoliny poza strefą oddziaływania wsi Wroniawy. Efektem oddziaływań geogenicznych i antropogenicznych są w szczególności znacznie wyższe niż w warunkach naturalnych stężenia manganu, żelaza, azotu amonowego i substancji organicznej. Stosowanie uzdatniania w warstwie wodonośnej pozwala na skuteczne usuwanie tych zanieczyszczeń. Mają one jednak wpływ na stosunkowo niską wartość współczynnika efektywności uzdatniania, tj. stosunku objętości wód uzdatnionych do zużytych do iniekcji.

### CHARAKTERYSTYKA STOSOWANEJ NA UJĘCIU WRONIAWY METODY HYDROX

Metoda Hydrox, stosowana na ujęciu od ponad 25 lat, polega na okresowej iniekcji wody napowietrzanej i odgazowanej do warstwy wodonośnej wokół filtra studziennego. Woda do iniekcji jest pobierana z rurociągu zbierającego wodę uzdatnioną z poszczególnych studni i jest kierowana do stacji napowietrzania i odgazowania, gdzie następuje jej napowietrzenie w systemie kaskadowym tak, żeby stężenie



**Ryc. 4.** Mapa hydrochemiczna ujęcia Wroniawy  
**Fig. 4.** Hydrochemical map of the Wroniawy well-field

rozpuszczonego tlenu wynosiło co najmniej  $8 \text{ mgO}_2/\text{dm}^3$ . Po napowietrzeniu następuje usunięcie nierozpuszczonej fazy gazowej i następnie woda jest kierowana rurociągiem do poszczególnych studni (ryc. 5).

Iniekcję wody do warstwy wodonośnej prowadzono początkowo przez układ hydrauliczny, składający się ze studni i trzech otworów rozmieszczonych wokół studni. Następnie system ten został zmieniony i iniekcja jest przeprowadzana przez studnię i jeden otwór iniekcyjny zlokalizowany w bezpośrednim sąsiedztwie studni.

Wprowadzanie wody napowietrzonej i odgazowanej odbywa się przez 20–24 h z wydajnością odpowiadającą efektywności eksploatacyjnej studni, 60% wody iniekowana jest przez studnię, a 40% przez otwór iniekcyjny. Następnie jest stosowany postój studni przez 4–6 h, po którym jest uruchomiona eksploatacja wody uzdatnionej, tj. pozbawionej żelaza i manganu. W miarę postępu eksploatacji wyczerpuje się stopniowo tlen zaadsorbowany w strefie aktywnej warstwy wodonośnej i w eksploatowanej wodzie zaczyna pojawiać się mangan i żelazo. Wtedy, przy śladowych jeszcze stężeniach ww. metali poniżej poziomu dopuszczalnego w wodzie do picia, eksploatacja jest przerywana i do

warstwy wodonośnej należy ponownie zatłoczyć wodę napowietrzoną i odgazowaną.

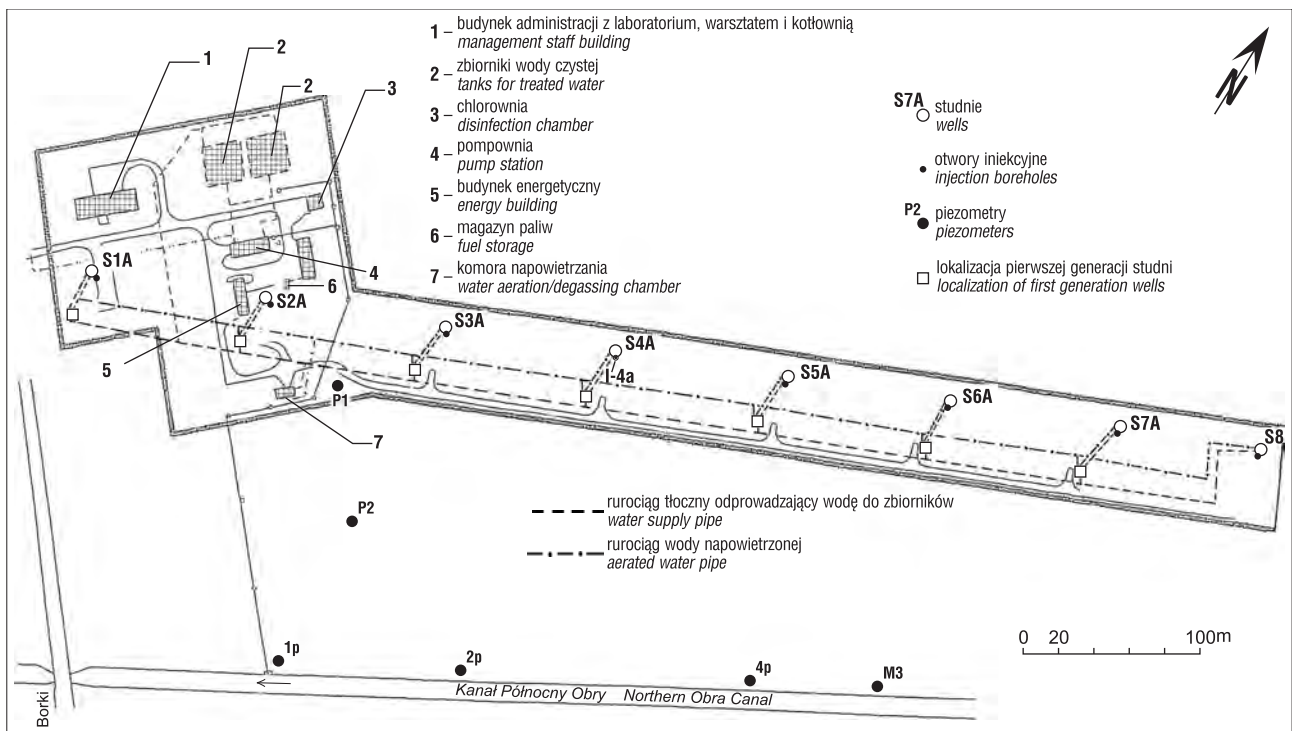
### EFEKTY I EFEKTYWNOŚĆ UZDATNIANIA

W wyniku modyfikacji środowiska hydrogeochemicznego w warstwie wodonośnej wokół studni na ujęciu Wroniawy następuje nie tylko odżelazianie i odmanganianie wody, ale również poprawa jakości w zakresie stężenia azotu amonowego, barwy oraz zawartości substancji organicznej. Pozostałe parametry na ogół nie ulegają większym zmianom (ryc. 6, tab. 4).

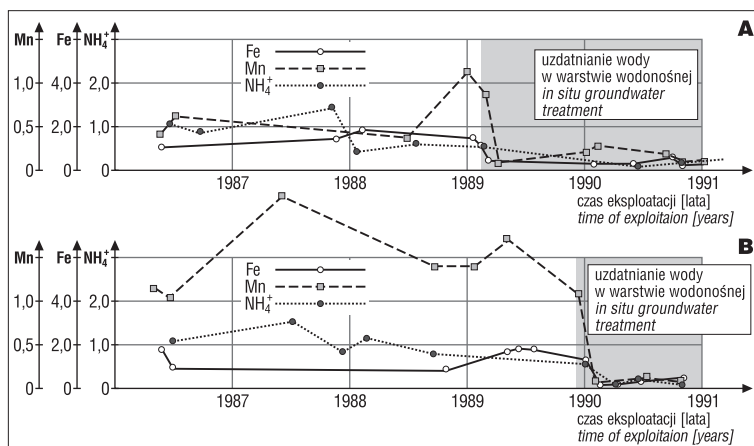
Należy jednak podkreślić, że pełne efekty uzdatniania uzyskuje się po wpracowaniu warstwy wodonośnej przy studni, tj. rozwinięciu się flory bakteryjnej katalizującej procesy utleniania żelaza i manganu, co trwa ok. 6 miesięcy (Górski, 2010).

Efektywność procesu uzdatniania, określona stosunkiem objętości wody uzdatnionej do zużytej do iniekcji, jest zróżnicowana w poszczególnych studniach i zmienia się w zakresie 2,6–6,8 (tab. 5).

Jest to związane ze zróżnicowaniem chemizmu wód dopływających do poszczególnych studni. Najniższe war-



Ryc. 5. Plan ujęcia Wroniawy  
Fig. 5. Sketch of the Wroniawy well-field



Ryc. 6. Charakterystyka jakości wody z wybranych studni ujęcia Wroniawy przed i po zastosowaniu metody uzdatniania warstwie wodonośnej  
Fig. 6. Characteristics of groundwater quality from selected wells of the Wroniawy well-field before and after application of groundwater treatment in the aquifer

tości współczynnika występują w studniach położonych w części środkowej, do których dopływa najwięcej wód o niekorzystnej jakości z centralnych partii pradoliny oraz z rejonu wsi Wroniawy. W studniach skrajnych współczynniki są wyższe, bo w bilansie ich zasilania większy udział mają wody o korzystniejszej jakości dopływające z poziomów międzyglinowych na wysoczyźnie oraz z obrębu wyższego tarasu pradoliny przylegającego do wysoczyzny (ryc. 4).

### ŻYWIOTNOŚĆ STUDNI

Stosowanie uzdatniania w warstwie wodonośnej pozwala nie tylko na efektywne oczyszczanie wody, ale również chroni filtry studzienne przed intensywnym rozwojem kolmatacji związkami żelaza i manganu. Na ujęciu Wro-

niawy w pierwszych sześciu studniach wybudowanych w 1969 r. były stosowane filtry kamionkowe. Studnie te eksploatowane metodą tradycyjną uległy procesom starzenia (rozpad mechaniczny filtrów kamionkowych, kolmatacja). W związku z tym po zastosowaniu metody Hydrox zaczęto stopniowo budować nowe studnie, które zostały zlokalizowane w odległości 25 m od starych zlikwidowanych (ryc. 5). W nowych studniach zastosowano filtry szczelinowe na rurach PVC. Najstarsze studnie nowej generacji pracują już ponad 20 lat bez stosowania jakichkolwiek zabiegów dekolmatacyjnych. Takie efekty trudno byłoby uzyskać w przypadku tradycyjnej studni w istniejących warunkach hydrogeochemicznych. Doświadczenia wielu ujęć w Polsce wykazują, że w podobnych warunkach intensywne zakolmatawanie filtra jest widoczne już po trzech latach eksploatacji, a śmierć techniczna studni następuje po kilku latach, w przypadku nie podejmowania zabiegów dekolmatacyjnych lub ochronnych ograniczających rozwój bakterii żelazistych i manganowych. Na ujęciu Wroniawy obserwuje się wprawdzie również powolne zmniejszanie wydajności jednostkowych studni. Jest to jednak proces na tyle powolny, że studnie, które mają ponad 20 lat mogą być nadal eksploatowane z wydajnością rzędu 70 m<sup>3</sup>/h. Należy dodać, że pozytywny wpływ na stan filtra może mieć stosowanie iniekcji wody poprzez studnię.

### PODSUMOWANIE

Pozytywne efekty długoletniego stosowania metody uzdatniania wód podziemnych w warstwie wodonośnej na ujęciu Wroniawy potwierdzają tezę, że ta ekologiczna

**Tab. 4.** Przykłady efektów uzdatniania wody w warstwie wodonośnej dla wybranych studni ujęcia Wroniawy  
**Table 4.** Examples of effects of water treatment in the aquifer for selected wells of the Wroniawy well-field

Wskaźnik Indicator		Studnie w strefie korzystnych warunków hydrochemicznych Wells in the zone of favourable hydrochemical conditions				Studnie w strefie niekorzystnych warunków hydrochemicznych Wells in the zone of unfavourable hydrochemical conditions	
		Studnia nr 2 / well No. 2		studnia nr 7 / well No. 7		studnia nr 3 / well No. 3	
		woda surowa raw water	woda uzdatniona treated water	woda surowa raw water	woda uzdatniona treated water	woda surowa raw water	woda uzdatniona treated water
Barwa Colour	[mgPt/dm <sup>3</sup> ]	20	10	15	5	–	–
Utlonialność Oxidation	[mgO <sub>2</sub> /dm <sup>3</sup> ]	3,1	3,0	2,5	2,4	7,1	3,4
Twardość Hardness	[mval/dm <sup>3</sup> ]	5,2	5,1	4,85	4,89	–	–
Zasadowość Alkalinity		3,85	3,80	3,2	3,1	4,5	3,4
Żelazo Iron	[mg/dm <sup>3</sup> ]	1,80	0,02	1,1	0,0	3,9	0,0
Mangan Manganese		0,25	<0,1	0,2	0,03	0,35	<0,1
Azot amonowy Ammonium nitrogen		0,16	0,05	0,3	0,09	0,68	0,14
Azot azotanowy Nitrate nitrogen		0,1	0,1	0,6	0,14	0,2	0,4
Siarczany Sulphates		77	72	72	25	95	84

**Tab. 5.** Zestawienie współczynników efektywności uzdatniania\* wód podziemnych w warstwie wodonośnej dla poszczególnych studni na ujęciu Wroniawy wg danych z lat 2009–2013

**Table 5.** Summary of coefficients of groundwater treatment efficiency\* in the aquifer for particular wells of the Wroniawy well-field according to data from 2009–2013

Wartość współczynnika Coefficient value	Numer studni / Well number							
	1	2	3	4	5	6	7	8
	4,3–4,4	4,0–4,3	3,5–3,8	2,6–2,8	3,7–4,1	3,8–4,2	2,6–3,7	6,5–6,8

\* współczynnik efektywności uzdatniania – stosunek objętości wody uzdatnionej do objętości wody zużytej do iniekcji  
 coefficient of treatment efficiency – ratio of volume of treated water to volume of water used for injection

i ekonomiczna metoda może z powodzeniem zastępować tradycyjne uzdatnianie. Dobre efekty uzyskuje się dzięki zastosowaniu właściwych rozwiązań technicznych w zakresie iniekcji wody napowietrzanej do warstwy wodonośnej oraz ścisłego przestrzegania reżimów technologicznych dotyczących czasu i wydajności iniekcji, postępu studni po iniekcji oraz czasu eksploatacji wody uzdatnionej. Ważne znaczenie ma również fakt, że eksploatacja jest prowadzona pod nadzorem hydrogeologicznym.

Należy podkreślić, że metoda zdała egzamin pomimo dużych zmian chemizmu wód podziemnych w warunkach eksploatacji związanych z dopływem wód o niekorzystnej jakości, uwarunkowanej czynnikami geogenicznymi i antropogenicznymi. Pozytywne efekty uzyskane na ujęciu Wroniawy wskazują na możliwość szerszego zastosowania tej metody w Polsce. Dotychczasowe doświadczenia nie zawsze były bowiem w pełni pozytywne, co wynikało jednak przede wszystkim ze stosowania niewłaściwych rozwiązań technicznych i technologicznych bez właściwego nadzoru hydrogeologicznego (Górski, 2004).

Autor dziękuje recenzentowi prof. Stanisławowi Witczakowi za cenne uwagi, które przyczyniły się do ulepszenia niniejszej pracy. Badania przedstawione w artykule były częściowo finansowane z działalności statutowej Instytutu Geologii UAM w Poznaniu.

## LITERATURA

- BLĄSZYK T., GÓRSKI J. 1979 – Odżelazianie i odmanganianie wody w warstwie wodonośnej. Człowiek i Środowisko, 3 (1/2): 157.  
 BLĄSZYK T., GÓRSKI J., MARCINIĄK M. 1991 – Uzdatnianie wód podziemnych metodą Hydrox na ujęciu we Wroniawach (Sprawozdanie końcowe z nadzoru naukowego). Arch. Zakł. Hydrogeol. UAM w Poznaniu (pr. niepubl.).  
 GÓRSKI J. 2004 – Uzdatnianie wody w warstwie wodonośnej, przykłady dobrych i złych doświadczeń z wdrożeń w Polsce. Mat. VI Międzynarod. Konf. „Zaopatrzenie w wodę, jakość i ochrona wód”. PZLiTS Poznań: 557–565.  
 GÓRSKI J., PRZYBYŁEK J. 2003 – Dodatek do dokumentacji hydrogeologicznej ujęcia wód podziemnych dla miasta Wolsztyna we Wroniawach. Instytut Geologii UAM (pr. niepubl.).  
 GÓRSKI J. 2010 – Uzdatnianie wód podziemnych w warstwie wodonośnej. [W:] Nawrocki J. (red.), Uzdatnianie wody, procesy chemiczne i biologiczne. Część 2, Wyd. Nauk. UAM i PWN, Warszawa.