

JAKOŚĆ WÓD PODZIEMNYCH NA OBSZARZE ZASILANIA UJĘCIA INFILTRACYJNEGO ŚWIERCZKÓW W TARNOWIE

GROUNDWATER QUALITY IN THE CATCHMENT AREA OF THE ŚWIERCZKÓW INFILTRATION GROUNDWATER INTAKE IN TARNÓW

GRZEGORZ WOJTAL¹, ANDRZEJ KOWALCZYK², TADEUSZ RZEPECKI¹

Abstrakt. Infiltracyjne ujęcie wody Świerczków w Tarnowie eksploatowane jest od 1910 r. W okresie budowy ujęcia okoliczne tereny były niezagospodarowane, wolne od potencjalnych przemysłowych źródeł zanieczyszczenia wód podziemnych. Studnie ujmują wody plejstocenijskiego poziomu wodonośnego, który okresowo jest dodatkowo zasilany wodami rzecznyymi z Dunajca. Ujęcie graniczy bezpośrednio z terenami przemysłowymi należącymi do Zakładów Azotowych w Tarnowie Mościcach (ZAT SA), które rozpoczęły swą działalność w latach dwudziestych ubiegłego wieku. Wartości parametrów fizykochemicznych wód podziemnych plejstocenijskiego poziomu wodonośnego w rejonie ujęcia Świerczków w Tarnowie wskazują na znaczne przeobrażenie składu chemicznego tych wód. Potwierdzają to m.in. podwyższone zawartości jonów Cl^- , Na^+ , K^+ , NH_4^+ , Al^{3+} , Cd^{2+} , jak również obecność wielojonowych typów chemicznych większości badanych wód. Głównymi czynnikami odpowiedzialnymi za obecny stan chemiczny i jakość badanych wód są zdeponowane odpady na terenie oraz wokół ZAT SA oraz emitowane z tych zakładów zanieczyszczenia, które bezpośrednio lub pośrednio przenikają do wód podziemnych.

Słowa kluczowe: infiltracyjne ujęcie wody, zagrożenia przemysłowe, skład chemiczny wód podziemnych, jakość wody, Tarnów.

Abstract. The Świerczków infiltration groundwater intake in Tarnów has been exploited since 1910. While building the intake, the surrounding area was undeveloped and free of potential industrial sources of groundwater contamination. At present, the Świerczków intake is surrounded by an industrial area of a large chemical company Zakłady Azotowe in Tarnów Mościce SA established in the 1920s. The infiltration wells extract water from the Pleistocene aquifer periodically additionally recharged by surface waters from the Dunajec River. Physiochemical parameters indicate significant changes in chemical composition of groundwater from the Pleistocene aquifer around the Świerczków water intake. Increased contents of Cl^- , Na^+ , K^+ , NH_4^+ , Al^{3+} and Cd^{2+} ions as well as the presence of multi-ion chemical types of most of the tested waters confirm the above theory. The wastes deposited in the area of Zakłady Azotowe and around, as well as pollution emitted by the factory are the main factors responsible for the quality and chemical state of the groundwater because of their direct and indirect permeation to water.

Key words: infiltration groundwater intake, industrial hazards, groundwater chemistry, water quality, Tarnów.

WSTĘP

Ujęcie Świerczków powstało w 1910 roku jako główne źródło wody dla Tarnowa. Pierwotnie w jego skład wchodziło 9 studni wierconych. W trakcie eksploatacji liczba

studni ulegała zmianie i obecnie ujęcie składa się z 19 studni. Ze względu na złą jakość wody 3 z nich są na stałe wyłączono z eksploatacji, a 16 jest nadal czynnych. Aby zwiększyć

¹ Tarnowskie Wodociągi Sp. z o.o., ul. Narutowicza 37, 33-100 Tarnów; e-mail: wojtal@tw.tarnow.pl, rzepecki@tw.tarnow.pl

² Uniwersytet Śląski, Wydział Nauk o Ziemi, ul. Będzińska 60, 41-200 Sosnowiec; e-mail: andrzej.kowalczyk@us.edu.pl

wydajność ujęcia w 1959 roku uruchomiono system wzbogacania warstwy wodonośnej poprzez rowy nawadniające, do których pompowana jest woda z Dunajca.

Omawiane ujęcie leży w południowo-wschodniej Polsce, we wschodniej części województwa małopolskiego, na terenie powiatu grodzkiego tarnowskiego. Studnie są zlokalizowane na prawobrzeżnym tarasie Dunajca, na obszarze międzywala, 30,4 km od jego ujścia do Wisły oraz ok. 0,7 km powyżej ujścia Białej do Dunajca. Studnie ujmują wody plejstocenijskiego poziomu wodonośnego, który okresowo jest dodatkowo zasilany wodami rzecznyymi z Dunajca. W okresie budowy ujęcia okoliczne tereny były niezagospodarowane, a zatem wolne od potencjalnych przemysłowych źródeł zanieczyszczenia wód podziemnych. Obecnie ujęcie graniczy bezpośrednio z terenami przemysłowymi należącymi do Zakładów Azotowych w Tarnowie Mościcach SA (ZAT SA), które rozpoczęły swą działalność w latach dwudziestych ubiegłego wieku. Wokół zakładów zdeponowano odpady technologiczne, w tym popioły z elektrociepłowni. Ich ilość i jakość, a w niektórych przypadkach nawet lokalizacja nie są dokładnie poznane. W celu zabezpieczenia ujęcia od strony składowiska popiołów z elektrociepłowni, w połowie lat 70-tych została wykonana ścianka szczelna, którą zagłębiono do poziomu miocenu. Około 1,7 km w górę Dunajca od ujęcia Świerczków znajduje się ujęcie powierzchniowe i podziemne ZAT SA.

BUDOWA GEOLOGICZNA I WARUNKI HYDROGEOLOGICZNE

Teren badań położony jest w obrębie Przedgórze Karpaciego. Dolina Dunajca, tworząca wraz z doliną Białej Tarnowskiej rozległy obszar o szerokości kilku kilometrów, jest tu wypreparowana w ilastych osadach miocenu i wypełniona osadami plejstocenu i holocenu. Neogen reprezentują ility i iłupki miocenu. Zalegają one na głębokości około 8–10 m p.p.t. Plejstocen reprezentują osady aluwialne wykształcone w postaci piasków różnoziarnistych i żwirów z dużą domieszką otoczków. Ich miąższość w rejonie ujęcia waha się od 5 do 7 m. W stropie utworów plejstocenu występują holocenijskie osady madowe, o zmiennej miąższości, dochodzącej do 3,5 m, wykształcone jako gliny piaszczyste, piaski gliniaste oraz namuły organiczne.

W profilu hydrogeologicznym omawianego obszaru stwierdzono występowanie użytkowych wód podziemnych tylko w osadach plejstocenu. W obrębie tych utworów występuje jeden poziom wodonośny związany z osadami piaszczysto-żwirowymi i otoczkami. Zwierciadło wody ma charakter swobodny. Występuje na głębokościach od 2,5 do 6,3 m p.p.t. (184–189 m n.p.m.) (fig. 1). Jego położenie jest

Omawiany obszar jest objęty badaniami od 1906 r. Pierwsze badania były związane z poszukiwaniem terenu pod budowę ujęcia wody dla Tarnowa (Trochanowski, 1911). W ramach budowy kolejnych ujęć wody zlokalizowanych w tym rejonie powstało szereg dokumentacji hydrogeologicznych, część z nich znajduje się w archiwach Tarnowskich Wodociągów Sp. z o.o. (Materiały...).

W listopadzie 2008 r. zostały przeprowadzone badania terenowe, w ramach których pobrano próby wody z piezometrów na obszarze spływu wód do ujęcia oraz z kilku wybranych studni ujęcia Świerczków. Badaniami objęto również wody powierzchniowe Dunajca i Rowu Świerczkowskiego przepływającego przez teren ujęcia. Rów Świerczkowski odprowadza głównie wody opadowe pochodzące niejednokrotnie z terenów zanieczyszczonych. Do września 2008 r. stanowił on ponadto odbiornik ścieków odprowadzanych z lokalnej oczyszczalni ścieków zlokalizowanej w pobliskim Zakładzie Karnym.

Celem przeprowadzonych badań była wstępna ocena jakości wód podziemnych w obszarze spływu wód do ujęcia, analiza zmian składu chemicznego wód na drodze przepływu oraz wstępna identyfikacja ognisk zanieczyszczeń wód podziemnych, które w zasadniczy sposób wpływają na jakość wody pobieranej ujęciem.

zmienne i jest uwarunkowane stanami wody w Dunajcu i wielkością poboru wody z ujęcia oraz zależy od intensywności zasilania warstwy wodonośnej z infiltracji opadów atmosferycznych i z rowów nawadniających. Miąższość warstwy wodonośnej w rejonie ujęcia waha się od 5,0 do 7,3 m.

Zasilanie poziomu wodonośnego odbywa się na całym obszarze jego występowania przez bezpośrednią infiltrację wód opadowych. Dodatkowym źródłem zasilania jest sieć rowów nawadniających. W okresach zwiększonego poboru wody z ujęcia, a także przy wyższych stanach wody w Dunajcu, zasilanie eksploatowanego poziomu wodonośnego w rejonie ujęcia następuje poprzez infiltrację wód z rzeki (Wojtal i in., 2006). Wydajności studni ujęcia Świerczków wahają się w granicach od 1 do 58 m³/h. Wyznaczone na podstawie wyników próbnych pompowań współczynniki filtracji wynoszą od 0,00004 do 0,004 m/s, przy czym niższe wartości wynikają z kolmatacji studni. Obecnie łączny pobór wody z ujęcia waha się od ok. 7000–9000 m³/d (291–375 m³/h).

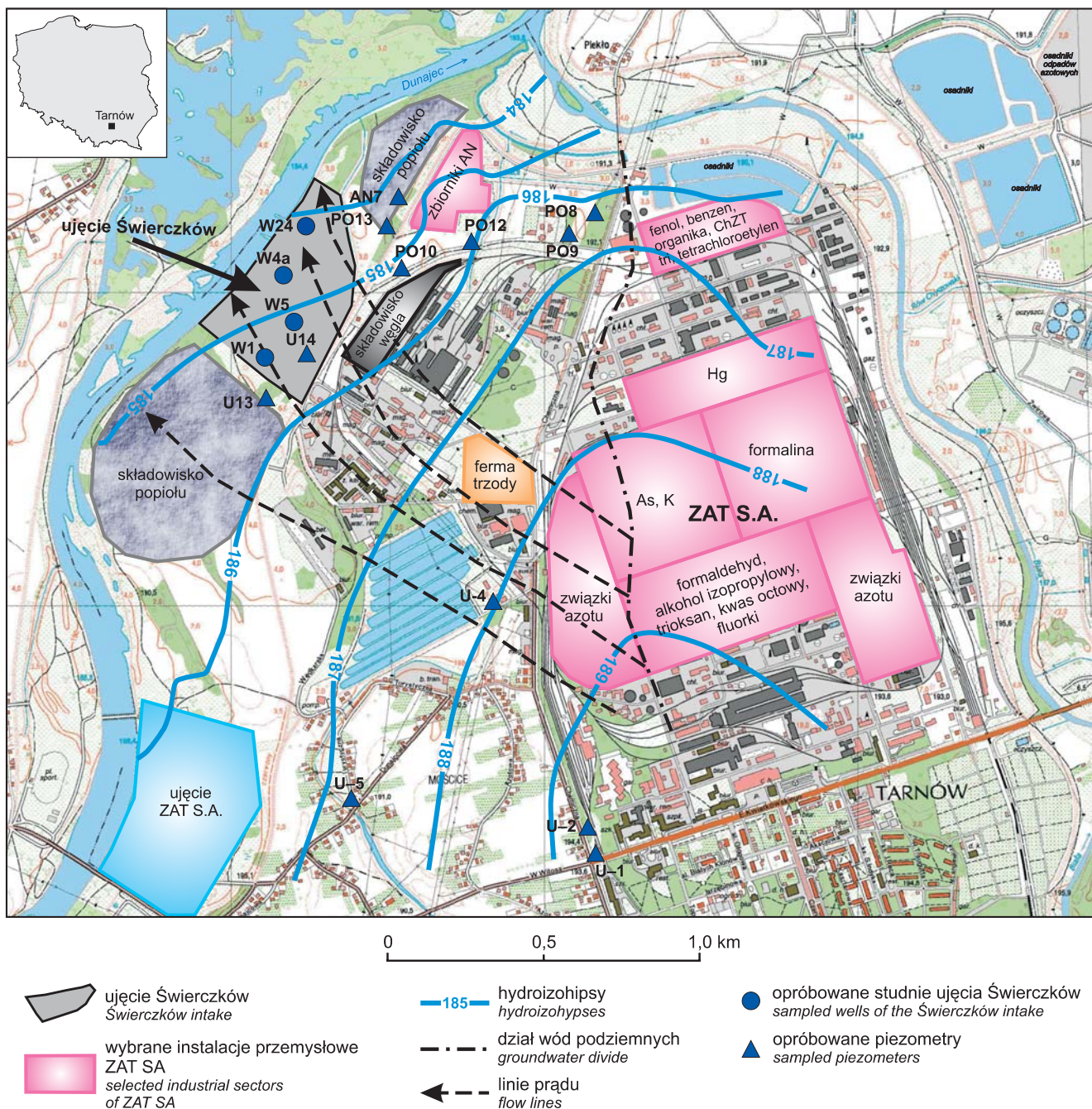


Fig. 1. Mapa hydrogeologiczna z lokalizacją ujęcia Świerczków oraz ZAT SA i wybranych instalacji przemysłowych ZAT SA zagrażających jakości wód podziemnych

Hydrogeological map with locations of the Świerczków intake and ZAT SA and selected industrial sectors of ZAT SA hazardous for water quality shown

ZAGOSPODAROWANIE TERENU I POTENCJALNE OGNISKA ZANIECZYSZCZEŃ WÓD PODZIEMNYCH

Ujęcie jest zlokalizowane w pobliżu terenów przemysłowych związanych z ZAT SA (fig. 1). Teren zakładów, wraz z obiektami towarzyszącymi, takimi jak elektrociepłownia, zajmuje powierzchnię około 3 km². Z funkcjonowaniem tych zakładów wiąże się największe potencjalne zagrożenie dla wód podziemnych. Na terenie ZAT SA istnieje szereg instalacji produkujących różnego rodzaju związki chemiczne, które stanowią potencjalne ogniska zanieczyszczeń wód podziemnych. Lokalizację tych instalacji zaznaczono na mapie (fig. 1). Najbliżej ujęcia wody Świerczków zlokalizowana jest elektrociepłownia wraz ze składami węgla. Wokół zakładów przez dziesięciolecia składowano w sposób niekontrolowany i bez żadnych zabezpieczeń odpady technologiczne, popioły z elektrociepłowni oraz substancje niebezpieczne. Składowiska te lokalizowano m.in. wzdłuż Dunajca, pomiędzy wałem i rzeką, nie zważając na bliskość ujęcia wody. Nie są znane dokładne ilości, rodzaj oraz skład chemiczny zdeponowanych odpadów.

Aby ograniczyć wpływ zanieczyszczeń wymywanych ze składowiska popiołu zlokalizowanego przy południowej granicy ujęcia, w latach 70-tych wybudowano ściankę

szczelną przebiegającą w przybliżeniu prostopadle do Dunajca. Po północnej stronie ujęcia, w widłach rzek Dunajca i Białej zlokalizowano składowiska substancji niebezpiecznych, AN1–AN3 (Mieczkowska, Borkiewicz, 1995), na których składowano m.in.: odpady z produkcji i regeneracji katalizatorów (rtęciowych, miedziowych, chromowych, niklowych, cynkowych i innych), odpady i szlamy pochodzące z hydrolizy organicznych związków cyjanowych, osady arsenowo-potasowe, sole hartownicze, odpady formaliny, urotropiny, emulsje olejowo-wodne, ciężkie frakcje z destylacji chloropochodnych metanu, oleje piankowe, czterochloroetylen, a także okresowo ścieki z oczyszczalni ścieków zawierające arsen i formaldehyd.

Poza ZAT SA, w rejonie ujęcia funkcjonuje szereg firm, których działalność może stanowić poważne zagrożenie dla stanu środowiska, w tym także dla wód podziemnych. Nie bez znaczenia jest również zanieczyszczenie środowiska tlenkami siarki i azotu oraz ogniska o charakterze liniowym: drogi, rurociągi technologiczne oraz przepływający przez teren ujęcia Rów Świerczkowski, prowadzący wody zanieczyszczone.

METODYKA BADAŃ

W ramach badań przeprowadzonych przez Katedrę Hydrogeologii i Geologii Inżynierskiej Wydziału Nauk o Ziemi Uniwersytetu Śląskiego opróbowano 12 piezometrów zlokalizowanych w obszarze spływu wód do ujęcia, 4 studnie ujęcia Świerczków oraz pobrano dwie próby wód powierzchniowych. Przed pobraniem prób z piezometrów zostały one

przepompowane, minimalna ilość wypompowanej wody stanowiła trzykrotną objętość wody stagnującej w otworze. Próbkę wody były filtrowane w terenie przy pomocy filtra membranowego o porowatości 45 μm. Przeprowadzono również badania terenowe, których zakres i metodyka była zgodna z tabelą 1.

Tabela 1

Zakres oraz metodyka pomiarów terenowych

Range and methodology of field measurements

Nazwa parametru	Rodzaj przyrządu	Norma lub metodyka	Jednostka	Granica oznaczalności
Temperatura	termometr szklany	PN-77/C-04584	°C	0,1
Przewodność elektrolityczna właściwa	konduktometr CC-315	PN-77/C-04542	μS/cm	1
pH	pehametr CC-315	PN90/C-04540.01	–	0,1
Potencjał redox Eh	pehametr VCC-315	metoda elektrometryczna	mV	1
Mętność	skala wzorców	PN-79/C-04583.03	mg SiO ₂ /l	5
Barwa	SiO ₂ skala Hazena	PN-74/C-04558	mg/Pt/l	5
Zawiesiny łatwoopadające	lej Imhoffa	PN-72/C-04559.03	cm ³ /l	–
Zapach	organoleptycznie	PN-72/C-04557	–	–
Zasadowość	biureta automatyczna 10 ml	PN90/C-04540.03	mval/l	0,1
Kwasowość	biureta automatyczna 10 ml	PN90/C-04540.03	mval/l	0,1

Badania laboratoryjne wód zostały wykonane w Laboratorium Analiz Wody WNoZ Uniwersytetu Śląskiego. Oznaczenie stężeń metali: Al, Fe, Cd, Cu, Ni, Pb, Zn, Mn – wykonano przy zastosowaniu spektrofotometru absorpcji atomo-

wej *Solaar M*, oznaczenia PO_4^{3-} i SiO_2 – spektrofotometru *Cecil 2011*, pozostałe oznaczenia – chromatografu jonowego *Metrohm 761 Compact IC*.

WYNIKI BADAŃ

Wyniki badań laboratoryjnych zestawiono w tabeli 2. Na uwagę zasługuje duża zmienność badanych parametrów. Badane wody wykazują odczyn od słabo kwaśnego do słabo zasadowego ($\text{pH} = 6,88\text{--}7,46$). Przewodność elektrolityczna właściwa zmienia się w zakresie od 376 do 2900 $\mu\text{S}/\text{cm}$. Stężenia sodu mieściły się w przedziale 8,61–341,00 $\text{mg Na}^+/\text{l}$, chlorków – 8,97–730,60 $\text{mg Cl}^-/\text{l}$, potasu – 1,51–14,83 $\text{mg K}^+/\text{l}$. Stężenia wapnia zmieniały się w granicach 49,78–225,45 $\text{mg Ca}^{2+}/\text{l}$, magnezu – 10,59–38,95 $\text{mg Mg}^{2+}/\text{l}$,

natomiast wodorowęglanów – 176,95–396,61 $\text{mg HCO}_3^-/\text{l}$. Na uwagę zasługuje również duża zmienność stężeń związków azotu. Zanotowane stężenia wyniosły: amoniak – 0,01–26,53 $\text{mg NH}_4^+/\text{l}$, azotyny – 0,00–0,09 $\text{mg NO}_2^-/\text{l}$, a azotany – ok. 0,00–45,74 $\text{mg NO}_3^-/\text{l}$. Stężenia żelaza ogólnego były stosunkowo niskie i wynosiły maksymalnie ok. 0,5 $\text{mg Fe}_{\text{og}}/\text{l}$, zawartości manganu wahały się w od 0,0014 do 1,2794 $\text{mg Mn}^{2+}/\text{l}$. Z grupy metali ciężkich podwyższone stężenia wykazywał kadm – od 0,0034 do 0,047 $\text{mg Cd}^{2+}/\text{l}$.

INTERPRETACJA I Dyskusja Wyników

Uzyskane wyniki badań wskazują na znaczne przeobrażenia składu chemicznego badanych wód. Wskazują na to m.in.: podwyższona przewodność elektrolityczna, wysokie stężenia Na^+ , Cl^- , NH_4^+ oraz zaobserwowane podwyższone stężenia Al i Cd. Na badanym obszarze nie stwierdzono występowania wód o składzie chemicznym zbliżonym do naturalnego. Wody o najlepszej jakości występują w kilku otworach na terenie ujęcia Świerczków i należy to wiązać z rozcieńczaniem wód podziemnych poprzez wody infiltrujące z Dunajca, jak również z rowów nawadniających.

Dokonana ocena stanu chemicznego badanych wód podziemnych (Rozporządzenie Ministra Środowiska..., 2008) potwierdza znaczne ich przeobrażenie. W żadnym z opróbowanych punktów nie stwierdzono występowania wód bardzo dobrej i dobrej jakości klas I i II. Klasę III – wód o zadowalającej jakości (w których wartości elementów fizykochemicznych są podwyższone w wyniku naturalnych procesów lub słabego wpływu działalności człowieka) stwierdzono w 5 badanych punktach. Są to głównie otwory zlokalizowane w obrębie ujęcia Świerczków. O przynależności do tej klasy decydowały głównie stężenia kadmu. Jedną próbę zakwalifikowano do klasy IV – wód o niezadowalającej jakości, natomiast aż 10 próbek zakwalifikowano do V klasy jakości, czyli wód o złej jakości (w których wartości elementów fizykochemicznych potwierdzają znaczący wpływ działalności człowieka). O przynależności do tej klasy decydowały głównie stężenia kadmu, rzadziej amoniaku i sodu (tab. 3).

Ocena badanych wód pod kątem przydatności do spożycia przez ludzi wykazała, że tylko jedna próbka (ze studni W4a) w zakresie oznaczonych wskaźników spełniała kryteria wody przydatnej do spożycia. Zanotowane przekroczenia dopuszczalnych stężeń określonych Rozporządzeniem Mini-

stra Zdrowia... (2007) dotyczyła głównie takich wskaźników jak: glin, kadm, mangan i amoniak (tab. 3).

Zanotowane i opisane powyżej wysokie lub podwyższone stężenia niektórych wskaźników zanieczyszczeń, a także wielojonowe typy chemiczne badanych wód należy wiązać głównie z antropopresją przemysłową związaną z działalnością ZAT SA. Za podwyższone stężenia jonów chloru, sodu, potasu i bromu odpowiedzialne jest w głównej mierze składowisko węgla kamiennego zlokalizowane przy elektrociepłowni (fig. 1). Stwierdzone lokalnie wysokie stężenia jonu amoniowego (piezometry U4 i U13) należy wiązać z bezpośrednim oddziaływaniem ZAT SA, szczególnie instalacji związanych z produkcją nawozów azotowych. Niskie stężenia azotanów nieprzekraczające 50 mg/l (tab. 2) mogą świadczyć zarówno o „świeżej” dostawie azotu i krótkim czasie przepływu wód, jak również o zachodzących procesach geochemicznych w warstwie wodonośnej (Macioszczyk, Dobrzyński, 2002). Na obecnym etapie rozpoznania trudno jest określić źródło podwyższonych stężeń kadmu i glinu, które w znacznym stopniu wpływają na jakość tych wód.

Zgodnie z klasyfikacją Szczukariewa-Prikłońskiego przebadane wody są trzy-, cztero- i pięciodonowe, przeważnie typu: Ca-Mg-HCO_3 ; $\text{Ca-Mg-HCO}_3\text{-SO}_4$ i $\text{Ca-Mg-HCO}_3\text{-SO}_4\text{-Cl}$. Na uwagę zasługuje występowanie wód, w których do typu hydrochemicznego wchodzi jony chloru i sodu: Na-Ca-Cl-HCO_3 ; $\text{Na-Ca-HCO}_3\text{-Cl}$; $\text{Na-Ca-HCO}_3\text{-Cl-SO}_4$ oraz $\text{Ca-Na-HCO}_3\text{-SO}_4\text{-Cl}$; $\text{Ca-Na-HCO}_3\text{-Cl-SO}_4$ (tab. 3).

Na podstawie dotychczasowego rozpoznania terenu można stwierdzić, że formowanie się składu chemicznego wód podziemnych omawianego poziomu wodonośnego jest determinowane przez szereg czynników, wśród których należy wyróżnić:

Tabela 2

Wyniki analiz chemicznych wody
Water chemical analysis results

Oznaczenie	Jednostki	Numer piezometru/studni													Dunajec	Rów Świerzkowski						
		U1	U2	U4	U5	PO8	PO9	PO10	PO12	PO13	AN7	U14	U13	studnia W1			studnia W5	studnia W4a	studnia W24			
pH		6,95	6,88	7,13	6,91	7,08	7,09	7,10	6,88	7,10	7,12	7,10	13,50	11,20	7,12	7,10	7,09	7,45	7,43	7,31	8,17	7,51
P.E.W.	µS/cm	1013	1042	916	975	956	947	947	947	2900	1120	376	993	601	442	464	2150	393	464	2150	393	468
Ca ²⁺		121,82	134,98	98,82	126,54	91,50	60,50	94,71	225,45	118,18	87,73	49,78	111,60	86,33	57,75	60,21	156,50	48,59	60,21	156,50	48,59	53,77
Mg ²⁺		21,10	22,73	19,59	21,47	19,12	10,59	18,78	38,95	21,00	17,24	10,61	22,00	16,27	12,02	12,01	25,00	11,67	12,01	25,00	11,67	11,55
Na ⁺		50,99	37,52	22,59	36,85	79,27	147,56	75,60	341,00	167,00	139,08	8,61	29,96	20,68	11,48	13,35	278,05	8,61	13,35	278,05	8,61	12,46
K ⁺		6,91	5,31	7,57	10,60	1,51	3,41	4,97	13,15	10,55	4,66	4,47	12,28	6,37	4,04	5,15	14,83	3,43	5,15	14,83	3,43	6,20
NH ₄ ⁺		0,03	0,47	26,53	0,01	0,29	1,10	0,22	0,89	0,19	0,21	0,70	23,94	1,87	0,57	0,46	0,02	0,26	0,46	0,02	0,26	3,65
NO ₂ ⁻		0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,09	0,00	0,00	0,09	0,00	0,00	0,00
NO ₃ ⁻		24,73	24,75	25,55	23,08	0,00	0,00	1,24	2,15	1,85	1,20	8,20	45,74	14,92	7,46	7,47	20,30	3,77	7,47	20,30	3,77	0,30
HCO ₃ ⁻		335,59	372,20	289,83	390,51	335,59	341,70	295,93	314,24	366,10	372,20	176,95	384,41	259,32	213,56	213,56	396,61	167,80	213,56	396,61	167,80	201,36
F ⁻		0,41	0,41	0,17	0,41	0,39	0,85	0,23	0,05	0,20	0,18	0,91	0,34	1,47	1,22	0,46	0,23	0,09	0,46	0,23	0,09	0,15
Cl ⁻		76,60	69,41	34,56	55,81	85,15	78,76	124,20	730,60	195,15	128,09	8,97	34,06	24,35	12,93	14,61	436,70	8,20	14,61	436,70	8,20	13,08
Br ⁻		1,23	1,34	1,29	0,00	1,17	1,06	0,00	4,45	0,00	1,18	0,59	1,48	1,04	0,69	0,69	3,03	0,59	0,69	3,03	0,59	0,68
PO ₄ ³⁻	mg/l	0,00	0,00	0,00	0,00	0,23	0,00	0,01	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
SO ₄ ²⁻		118,00	95,68	142,66	90,25	92,22	82,92	52,33	155,35	100,58	91,15	27,15	109,04	53,94	36,11	33,08	125,93	25,93	33,08	125,93	25,93	32,30
CHZT O ₂		2,22	2,63	2,87	2,16	3,92	7,13	3,92	7,43	4,15	3,39	2,40	3,57	2,63	2,51	2,11	6,14	3,57	2,11	6,14	3,57	7,31
Al		0,2252	0,2343	0,2274	0,2197	0,2205	0,0374	0,2257	0,2285	0,2412	0,2320	0,0477	0,0488	0,0234	0,0529	0,0444	0,0286	0,0450	0,0444	0,0286	0,0450	0,0227
Fe		0,0000	0,0025	0,0000	0,0000	0,0516	0,5072	0,0017	0,0283	0,0183	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0011	0,0000	0,0000	0,0011	0,0000	0,0229
Cd		0,0420	0,0360	0,0048	0,0290	0,0360	0,0036	0,0410	0,0350	0,0420	0,0470	0,0045	0,0041	0,0038	0,0034	0,0039	0,0420	0,0043	0,0039	0,0420	0,0043	0,0360
Cu		0,0012	0,0027	0,0023	0,0038	0,0019	0,0064	0,0035	0,0010	0,0000	0,0031	0,0100	0,0070	0,0066	0,0081	0,0050	0,0070	0,0061	0,0050	0,0070	0,0061	0,0054
Ni		0,0000	0,0000	0,0016	0,0000	0,0000	0,0048	0,0000	0,0010	0,0000	0,0000	0,0027	0,0041	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000
Pb		0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0021	0,0000	0,0000	0,0021	0,0000	0,0000
Zn		0,0067	0,0022	0,0037	0,0000	0,0000	0,0046	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0031	0,0058	0,0027	0,0097	0,0084	0,0524	0,0040	0,0084	0,0524	0,0040	0,0000
Mn		0,0803	0,0257	0,0214	0,0042	0,4138	0,2201	0,2124	1,2794	0,3176	0,3472	0,0285	0,3044	0,0087	0,0028	0,0039	0,0014	0,0013	0,0039	0,0014	0,0013	0,0929

szare pola – wartości maksymalne / grey fields – maximum values, podkreślenie – wartości minimalne / underlined – minimum values

Tabela 3

Jakość wód podziemnych w obszarze spływu wód do ujęcia Świerczków
Groundwater quality in the area of water inflow to the Świerczków intake

Numer punktu	Klasa jakości*	Wskaźniki decydujące o przynależności do danej klasy jakości	Przydatność do spożycia**	Typ hydrochemiczny
U1	V	Cd	NON (Al, Cd, Mn)	Ca-Na-HCO ₃ -SO ₄ -Cl
U2	V	Cd	NON (Al, Cd)	Ca-Mg-HCO ₃ -SO ₄ -Cl
U4	V	NH ₄	NON (NH ₄ , Al)	Ca-Mg-HCO ₃ -SO ₄
U5	V	Cd	NON (Al, Cd)	Ca-Mg-HCO ₃ -SO ₄
PO8	V	Cd	NON (Al, Cd, Mn)	Ca-Na-HCO ₃ -Cl-SO ₄
PO9	III	Cd	NON (NH ₄ , Fe, Mn)	Na-Ca-HCO ₃ -Cl-SO ₄
PO10	IV	Al	NON (Al, Cd, Mn)	Ca-Na-HCO ₃ -Cl
PO12	V	Na, Cl	NON (PEW, NH ₄ , Mg, Na, Cl, Al, Cd, Mn)	Na-Ca-Cl-HCO ₃
PO13	V	Cd	NON (Al, Cd, Mn)	Na-Ca-HCO ₃ -Cl
AN7	V	Cd	NON (Al, Fe, Cd, Mn)	Na-Ca-HCO ₃ -Cl
U14	III	Cd	NON (NH ₄)	Ca-Mg-HCO ₃
U13	V	NH ₄	NON (NH ₄ , Mn)	Ca-Mg-HCO ₃ -SO ₄
studnia W1	III	Cd, F, NH ₄	NON (NH ₄)	Ca-Mg-HCO ₃ -SO ₄
studnia W5	III	Cd, F	NON (NH ₄)	Ca-Mg-HCO ₃
studnia W4a	III	Cd	-	Ca-Mg-HCO ₃
studnia W24	V	Cd	NON (Mg, Cl, Al, Cd)	Na-Ca-Cl-HCO ₃

* Rozporządzenie Ministra Środowiska... (2008)

** Rozporządzenie Ministra Zdrowia... (2007)

- charakter litologiczny warstwy wodonośnej,
- wpływ terenów przemysłowych – ZAT SA oraz zdeponowanych wokół nich odpadów,
- bliskość rzeki i jej wpływ na intensywność przebiegu procesów geochemicznych w warstwie wodonośnej,
- wieloletnią eksploatację wody powodującą zmiany hydrodynamiczne w warstwie wodonośnej, przyczyniającą się do intensyfikacji procesów hydrogeochemicznych,
- wpływ innych potencjalnych ognisk zanieczyszczeń, takich jak zanieczyszczone wody powierzchniowe w

rowach oraz drogi, a także znaczna emisja do powietrza tlenków siarki i azotu z terenu ZAT SA.

Wyjaśnienie roli i wpływu tych czynników na kształtowanie się składu chemicznego i jakości eksploatowanych wód podziemnych będzie wymagać szczegółowych badań składu chemicznego wody, w zakresie składników nieorganicznych i organicznych, a także rozpoznania procesów geochemicznych w środowisku wód podziemnych.

PODSUMOWANIE

Wartości parametrów fizykochemicznych wód podziemnych plejstocenijskiego poziomu wodonośnego w rejonie ujęcia Świerczków w Tarnowie wskazują na znaczne przeobrażenie składu chemicznego tych wód. Potwierdzają to m.in. podwyższone zawartości jonów Cl⁻, Na⁺, K⁺, NH₄⁺, Al³⁺, Cd²⁺, jak również obecność wielojonowych typów chemicznych większości badanych wód.

Pod względem przydatności do spożycia badane wody na ogół nie spełniają wymagań Rozporządzeniem Ministra

Zdrowia... (2007). Stosunkowo najlepszą jakość wykazują wody eksploatowane studniami ujęcia.

Głównymi czynnikami odpowiedzialnymi za obecny stan chemiczny i jakość badanych wód są zdeponowane odpady na terenie oraz wokół ZAT SA oraz emitowane z tych zakładów zanieczyszczenia, które bezpośrednio lub pośrednio przenikają do wód podziemnych.

Pobieżna analiza układu hydrodynamicznego, który tworzy plejstocenijski poziom wodonośny z Dunajcem, kształto-

wanego przez stany wody w rzece oraz przez eksploatację ujęcia wskazuje, że o względnie dobrym stanie i jakości wody w studniach ujęcia decyduje mieszanie się wody o dobrej jakości z rzeki, z wodą podziemną dopływającą do ujęcia.

Przedstawione w wyniku wykonanych badań hipotezy wymagają potwierdzenia na drodze szczegółowych badań hydrogeochemicznych i modelowych.

Prace i badania, które posłużyły do napisania niniejszego artykułu wykonano w ramach projektu badawczego nr NN525 410535 przyznanego przez Ministerstwo Nauki i Szkolnictwa Wyższego pn.: „Wpływ terenów miejsko-przemysłowych na zasoby i eksploatację wód podziemnych na przykładach miast Tarnowskie Góry i Tarnów”.

LITERATURA

- MACIOSZCZYK A., DOBRZYŃSKI D., 2002 – Hydrogeochemia strefy aktywnej wymiany wód podziemnych. Wyd. Nauk. PWN, Warszawa.
- MATERIAŁY archiwalne Tarnowskich Wodociągów Sp. z o.o.
- MIECZKOWSKA E., BORKIEWICZ J., 1995 – Ranking składowisk odpadów niebezpiecznych w układzie wojewódzkim i krajowym etap II zadanie II. Karty informacyjne wytypowanych składowisk stwarzających potencjalne zagrożenie dla środowiska, na których lokowane są/były odpady niebezpieczne. Instytut Gospodarki Odpadami w Katowicach na zlecenie Ministerstwa Ochrony Środowiska. Arch. WIOŚ w Krakowie, Delegatura w Tarnowie.
- ROZPORZĄDZENIE MINISTRA ŚRODOWISKA z dnia 23 lipca 2008 r. w sprawie kryteriów i sposobu oceny stanu wód podziemnych. Dz.U. Nr 143, poz. 896.
- ROZPORZĄDZENIE MINISTRA ZDROWIA z dnia 29 marca 2007 w sprawie jakości wody przeznaczonej do spożycia przez ludzi. Dz.U. Nr 61, poz. 417.
- TROCHANOWSKI K., 1911 – Sprawozdanie z prac chemicznych i bakteriologicznych, dokonanych w latach 1906–1911; celem zaopatrzenia miasta Tarnowa we wodę. Archiwum Tarnowskich Wodociągów Sp. z o.o.
- WOJTAL G., RZEPECKI T., KOWALCZYK A., 2006 – Hydrogeologiczne i antropogeniczne uwarunkowania zmian składu chemicznego wody ujęcia infiltracyjnego na przykładzie ujęcia Świerczków dla miasta Tarnowa. 2006 r. *W*: Hydrogeochemia '06 Sosnowiec–Złoty Potok, 2006 r.

SUMMARY

The Świerczków infiltration groundwater intake in Tarnów has been exploited since 1910 as a main source of water for the city of Tarnow. While building the intake, the surrounding area was industrially undeveloped. At present, the intake includes 19 wells located in the right-bank river terrace of Dunajec.

The infiltration wells extract water from the Pleistocene aquifer represented by gravel-sand sediments. Depth to the groundwater table is 2.5 to 6.3 m.

The intake is now located close to an industrial area of a large chemical company ZAT SA established in the 1920s. Technological wastes, including ash from the power station, have been deposited around the area.

In November 2008, field measurements were conducted, and 12 piezometers from the area of water runoff to the intake as well as 4 infiltration wells have been sampled. The aim of the measurements was a preliminary evaluation of groundwater quality in the area of water runoff to the intake.

The results of the investigations indicate significant changes in chemical composition of water: increased contents of Cl^- , Na^+ and NH_4^+ ions, higher conductivity as well as increased concentrations of Al and Cd.

Water chemical composition close to natural one has not been reported from the test area. The best water quality has been found in only several boreholes within the intake. The better water quality in these places can be due to both dilution of groundwater by infiltration water from the Dunajec River and the presence of infiltration ditches.

The wastes that are deposited in the area of ZAT SA and around, as well as pollution emitted by the factory are the main factors responsible for the quality and chemical state of the analyzed groundwater because of their direct and indirect permeation to water.