

Badania zmienności i zależności temperatury wód podziemnych od wód rzecznych na ujęciach infiltracyjnych

Jan Przybyłek¹, Dariusz Kasztelan¹

Studies of the variability and relationship of groundwater temperature to river water temperature on infiltration intakes.
Prz. Geol., 65: 1356–1362.

A b s t r a c t. The paper presents the results of measurements of groundwater and surface water temperature in the area of the Krajkowo water intake. The influence of extreme natural phenomena on Warta River in Krajkowo on the conditions of exploitation of the shore barrier and the radius well are shown. Changes in the velocity of water flow from the Warta River to the well of the shore barrier has been noticed. Such results shown an important role of protective monitoring of a water capture.

Keywords: infiltration water intake, water temperature, interdependence of surface waters and groundwaters, variability of exploitation conditions

Współzależność wód powierzchniowych i podziemnych można badać na podstawie danych o ich temperaturze w warunkach krążenia wymuszonego eksploatacją infiltracyjnych ujęć wody. Uzyskane zależności rozpatruje się na wykresach czasowych, na przekrojach hydrodynamicznych i na mapach pola temperatur wód podziemnych, pozostających pod wpływem warunków dopływu strumieni wód infiltracyjnych do barier studni.

Jak wynika z kwerendy, dokonanej w bazie Polskie Publikacje Hydrogeologiczne, istnieje zaledwie kilka artykułów w literaturze polskiej podejmujących praktycznie problematykę analizy rozkładu pola temperatury wód podziemnych w relacji wody powierzchniowe – wody podziemne na podstawie przykładów doświadczeń na obiektach związanych z kształtowaniem się procesów infiltracji brzegowej. Pleczyński (1985) podjął ww. problematykę, analizując przypadek wykorzystania zbiornika powrobiskowego o głębokości 6–22 m w utworach piaszczysto-żwirowych do sztucznego zasilania ujęcia brzegowego składającego się z dwóch studni położonych w odległości 30 m od zbiornika napełnianego wodą powierzchniową z sąsiedniej rzeki Wełny w rejonie Obornik. Za pomocą zespołu piezometrów badał rozkład temperatur na przekroju przed i po 12 dobach pompowania studni i próbował określić metodą termiczną udział wód infiltracyjnych. Wykorzystanie zmian temperatury wód gruntowych do określenia udziału wód infiltracyjnych na przykładzie ujęcia Reda III w miejscowości Reda Pieleszewo zaprezentowali w swoich publikacjach Janik, Młyńczak, Malina (1988) oraz Młyńczak, Malina (1988). Badania zmienności pola temperatur w ocenie krążenia wód podziemnych w warunkach naturalnych i zmienionych eksploatacją na tym samym obiekcie przedstawili Malina, Szczepański (1993). Metodę termometryczną w badaniach wód podziemnych wykorzystał Kasztelan (2001) do wyznaczenia stref ucieczek wody ze zbiornika retencyjnego Jeziorsko na rzece Warcie do czwartorzędowo-górnokredowego systemu wodonośnego w rejonie zapory czołowej i zapór bocznych. Na podstawie obserwacji, przeprowadzonych w kilkudziesięciu piezometrach, sporządzono mapy rozkładu temperatury wód podziemnych na przedpolach wszystkich zapór

wg stanu w marcu i wrześniu 2000 r., wykazując uprzywilejowane strefy ucieczek wody ze zbiornika retencyjnego. Udowodniono, że w bezpośrednim sąsiedztwie zapory czołowej temperatura wód podziemnych wykazuje zmienność przestrzenną, podporządkowaną ściśle budowie geologicznej, związanej z ukształtowaniem powierzchni stropu spękanych margli górnej kredy.

W przeciwieństwie do opisanych krótkookresowych badań terenowych, w niniejszej publikacji przedstawiono wyniki długoterminowych pomiarów temperatury wód podziemnych i powierzchniowych, prowadzonych na ujęciu infiltracyjnym metropolii poznańskiej w Krajkowie k. Mosiny w latach 1993–2005. Celem pracy jest określenie zakresu zmienności i czasu rzeczywistego przepływu wód infiltrujących z koryta rzeki Warty do dużego ujęcia brzegowego.

Systematyczne pomiary temperatury wody na ujęciu w Krajkowie były wykonywane w następujących obiektach: rzeka Warta, studnia promienista z drenami pod dnem Warty, studnia wiercona nr 14L ujęcia brzegowego (ryc. 1). Prowadzone pomiary pozwoliły na uzyskanie powtarzalnych w okresie kilkunastu lat maksimów i minimów temperatury wody na poszczególnych obiektach, z wykazanymi na wykresach czasowymi opóźnieniami przemieszczania się strumieni wód infiltrujących z koryta rzecznoego do studni ujęcia brzegowego w różnych porach roku. Zidentyfikowano również skutki kolmatacji osadów w korycie rzeki Warty na kształtowanie się dróg przepływu wód infiltracyjnych. Kolmatacja brzegu Warty od strony ujęcia wymusiła infiltrację wody rzecznej z brzegu przeciwległego. Uzyskane różnice czasowe, przy znanej drodze przepływu, pozwoliły na obliczenie rzeczywistej prędkości filtracji i określenie zakresu jej zmienności.

CHARAKTERYSTYKA UJĘCIA WODY W KRAJKOWIE

Ujęcie infiltracyjne w Krajkowie położone jest w odległości 8 km na SSE od miasta Mosina. Wybudowano je na 272,5–274,5 km biegu rzeki Warty (ryc. 1) w Pradolinie Warszawsko-Berlińskiej (GZWP nr 150), we fragmencie

¹ Instytut Geologii, Uniwersytet im. Adama Mickiewicza w Poznaniu, ul. Bogumiła Krygowskiego 12, 61-680 Poznań; janex@amu.edu.pl, darkoski@amu.edu.pl.

nałożenia się jej osadów na osady starszej, regionalnej struktury dolinnej (Dolina kopalna Wielkopolska – GZWP nr 144) z okresu interglacjału wielkiego. Ukształtowane w tych warunkach miąższości i parametry filtracyjne osadów w rejonie ujęcia brzegowego w Krajkwie zostały przedstawione na przekroju (ryc. 2). Bariera studni ujęcia brzegowego składa się z 29 studni, wykonanych w rozstawie co 90 lub 45 m i położonych w odległości kilkudziesięciu metrów od koryta rzeki Warty. W 1993 r. oddano do eksploatacji na 273 km doświadczalną studnię promienistą z 8 drenami założonymi na głębokości ok. 5 m pod dnem rzeki (ryc. 1 i 2). Ujęcie jest wykorzystywane w sposób ciągły od 1984 r. z wydajnością od 50 do 60 tys. m³/d. Udział wód infiltracyjnych kształtuje się na poziomie ok. 75% przy określonej wydajności ujęcia. W warunkach współdziałania ujęcia brzegowego ze studnią promienistą, na odcinku ok. 350 m biegu rzeki, infiltracja wzrasta do 90% (Przybyłek, 2011).

METODY POMIARÓW TEMPERATURY WODY

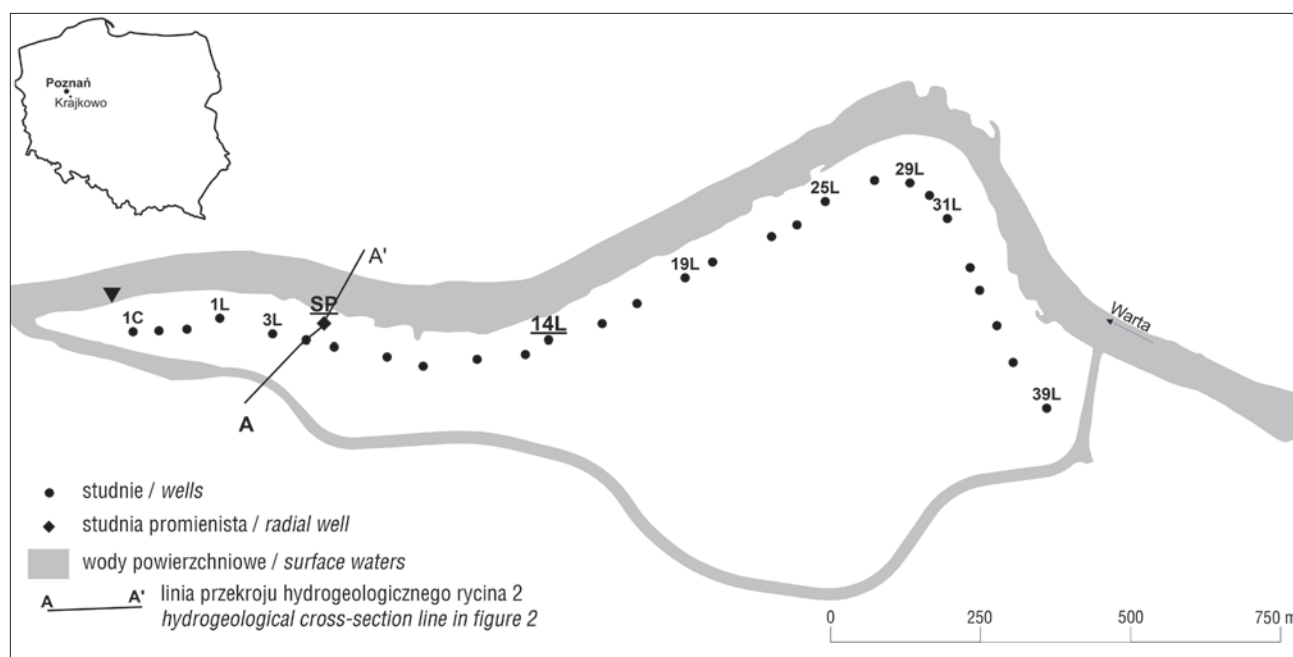
Do terenowych pomiarów temperatury wody w latach 90. XX w. wykorzystywano przyrządy analogowo-cyfrowe, w których czujnikiem temperatury był spolaryzowany element półprzewodnikowy (dioda lub tranzystor krzemowy), w którym oporność zmieniała się liniowo wraz z temperaturą. Zmiany parametrów elektrycznych czujnika przetwarzane były na sygnał cyfrowy, umożliwiającą odczyt temperatury na wyświetlaczu ciekłokrystalicznym LCD lub wyświetlaczu LED. Stosowano dwa rodzaje termometrów: bez oprzyrządowania oraz połączone z elektroniczną świstawką hydrogeologiczną. Sonda z czujnikiem temperatury była umieszczona na końcu przewodu pomiarowego z podziałką metryczną, odwijanego z bębna zwijacza. Mierzona temperatura była wyświetlana z rozdzielczością 0,1°C. Błąd pomiaru temperatury zazwyczaj nie przekraczał $\pm 0,2^\circ\text{C}$. Tak wysoką dokładność pomiaru temperatury uzyskiwano dzięki dwupunktowej kalibracji

termometrów, tj. w temp. 0°C oraz temperaturze ok. 80°C . Jako termometr wzorcowy wykorzystywano termometr rtęciowy z atestem o dokładności $0,01^\circ\text{C}$. Każdy termometr był okresowo sprawdzany po kątem poprawności wskazań, w porównaniu z termometrem wzorcowym. Począwszy od 2001 r. termometry analogowo-cyfrowe zastępowane były termometrami cyfrowymi, w których odczyt temperatury odbywał się na podobnych wyświetlaczach, natomiast czujnikiem pomiarowym był mikroprocesorowy czujnik temperatury DS18B20 produkcji Dallas Semiconductor, którego dokładność pomiaru temperatury według deklaracji producenta była nie gorsza niż $\pm 0,5^\circ\text{C}$ dla zakresu temperatur od -10 do $+85^\circ\text{C}$. W praktyce, dla zakresu mierzonych temperatur wód podziemnych i powierzchniowych (0 – 30°C), dokładność pomiaru była nie gorsza niż $\pm 0,3^\circ\text{C}$. Zaletą nowszych wersji termometrów był brak wrażliwości na zmiany parametrów opornościowych przewodu pomiarowego i tym samym brak konieczności okresowych kalibracji terenowych termometrów.

ZAKRES POMIARÓW TEMPERATURY NA UJĘCIU W KRAJKOWIE

Analizowane w niniejszym artykule systematyczne pomiary temperatury wody powierzchniowej i wody podziemnej na ujęciu w Krajkwie były prowadzone w latach 1993–2005, od momentu uruchomienia studni promienistej (1993 r.), co najmniej 1 raz w tygodniu na następujących posterunkach:

- rzeka Warta – port w Krajkwie. Pomiar temperatury wody prowadzono w nurcie rzeki, szerokość rzeki przy stacjach NW wynosi około 60 m;
- studnia promienista. Pomiar temperatury wody prowadzono w szybie zbiorczym 8 drenów promieniście rozłożonych na głębokości 5 m pod dnem rzeki Warty;
- studnia wiercona nr 14L w barierze brzegowej poza oddziaływaniem studni promienistej, oddalona od brzegu Warty o 70 m. Pomiar temperatury prowadzono na wypły-



Ryc. 1. Szkic ujęcia brzegowego w Krajkwie

Fig. 1. Sketch of the Krajkwie shore water intake

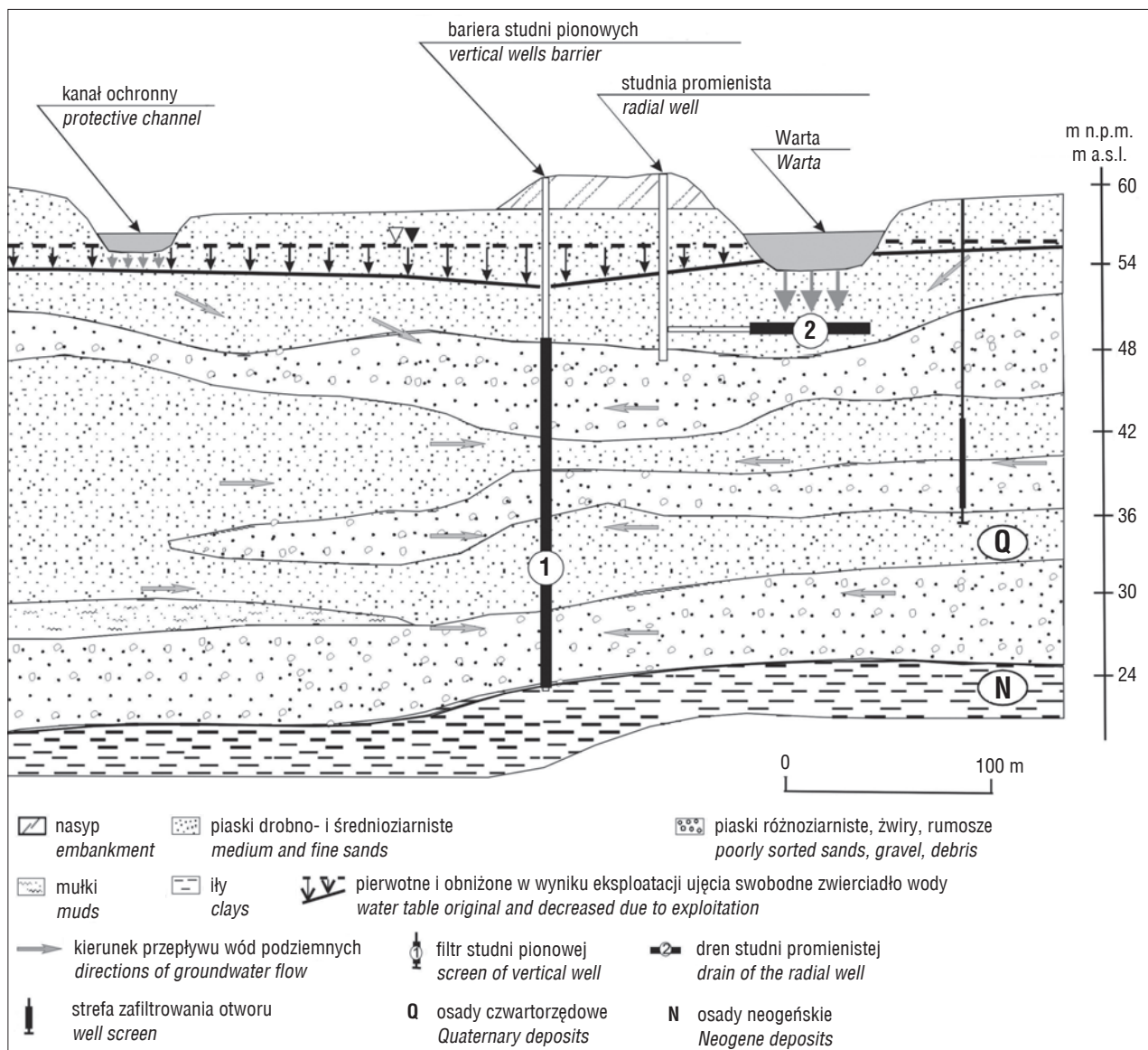
wie wody ze studni z filtrem na głębokości 16–34 m poniżej korony wału ochronnego, odpowiednio 9–27 m poniżej dna rzeki Warty.

OPIS BADAŃ I INTERPRETACJA UZYSKANYCH WYNIKÓW

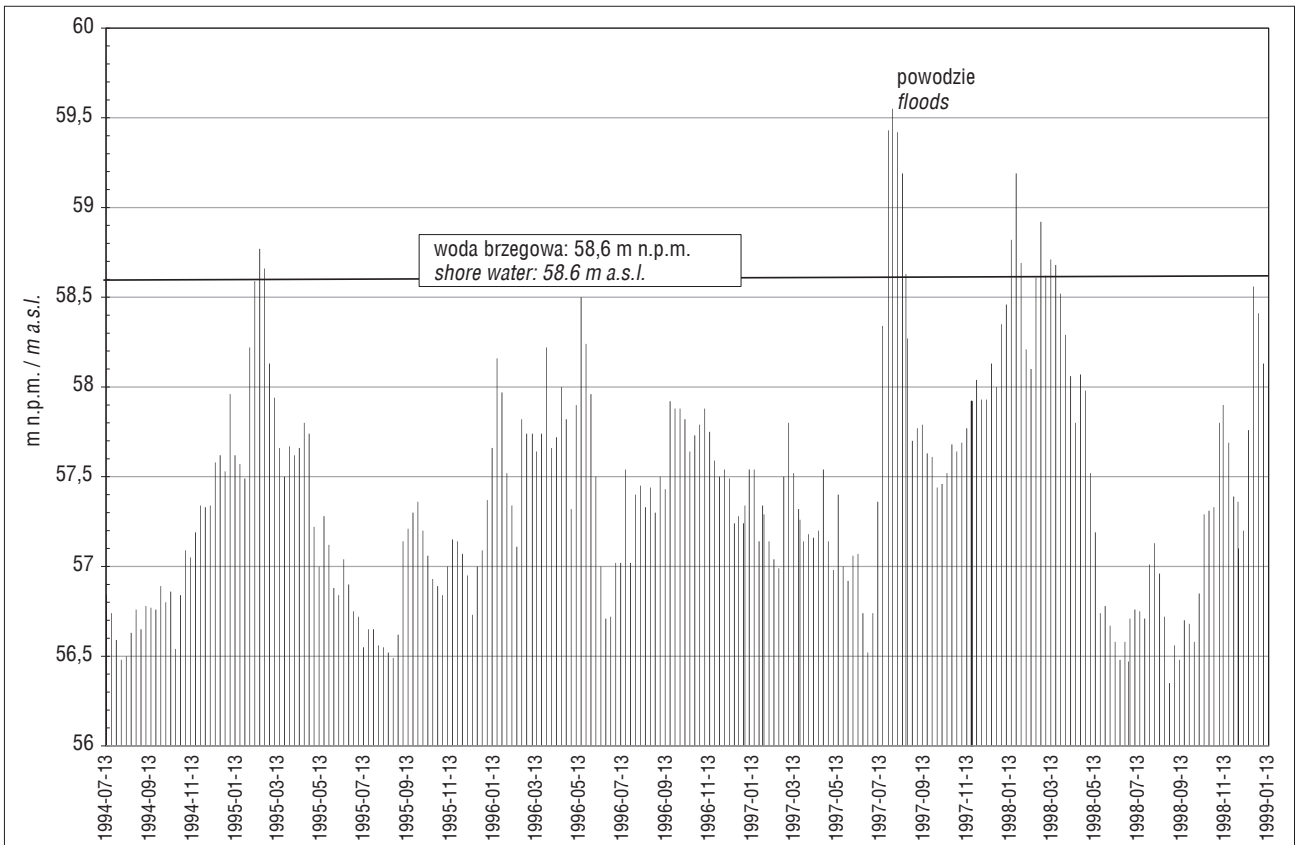
Podczas 14 lat obserwacji miała miejsce stała eksploatacja ujęcia brzegowego z możliwie równomierną wydajnością, w zależności od stanów i przepływów Warty i stopnia kolmatacji jej osadów korytowych. Eksploatacji ujęcia towarzyszyły ponadto przemienność klimatyczna w postaci mroźnych lub łagodnych zim oraz gorących lub chłodnych okresów letnich, i związane z tymi zjawiskami procesy decydujące o natężeniu infiltracji wody powierzchniowej do warstwy wodonośnej, a w konsekwencji do bariery studni ujęcia brzegowego oraz drenów studni promienistej. Na rycinie 3 przedstawiono stany rzeki Warty w Krajkwowie w porównaniu ze stanami niżówek oraz wezbrań powodziowych w latach 1994–1998, a na rycinie 4 wykresy temperatury wody Warty, studni promienistej oraz w studni 14L ujęcia brzegowego w ujęciu czasowym. Na rycinie 4

zaznacza się szczególnie wpływ dwóch zjawisk klimatyczno-hydrologicznych na rozkład temperatury: bardzo mroźnej zimy 1995/96 z długotrwałym zlodzeniem Warty w Krajkwowie oraz gorącego lata 1997 r. połączonego z wielką powodzią, która miała miejsce w miesiącach lipiec–sierpień (ryc. 3).

Brak dopływu wód gruntowych do koryta Warty na tym odcinku może mieć znaczący wpływ na zlodzenie rzeki w strefie eksploatowanego ujęcia brzegowego. W strefach ujęć brzegowych, wymuszających infiltrację wody z koryta rzeki, zachodzi bowiem zjawisko pozbawienia rzeki dopływów strumieni wód gruntowych o temperaturze 8–10°C, „podgrzewających” w warunkach naturalnych jej dno i brzegi. Przy bardzo niskich temperaturach powietrza, obniżonej infiltracji wód „zmrożonych” i przy zmniejszonej objętości przepływu w rzece (stany niskie), może dochodzić do tworzenia się stałej pokrywy lodowej, a nawet do przemarzania brzegów, łach i mielizn w obrębie koryta rzeki. Woda rzeczna uwięziona pod lodem przy zmniejszonym przekroju przepływu zaczyna erodować dno, przemieszczać i przebudowywać swoje rumowisko, doprowadzając do jego dekolmatacji, co ma korzystny

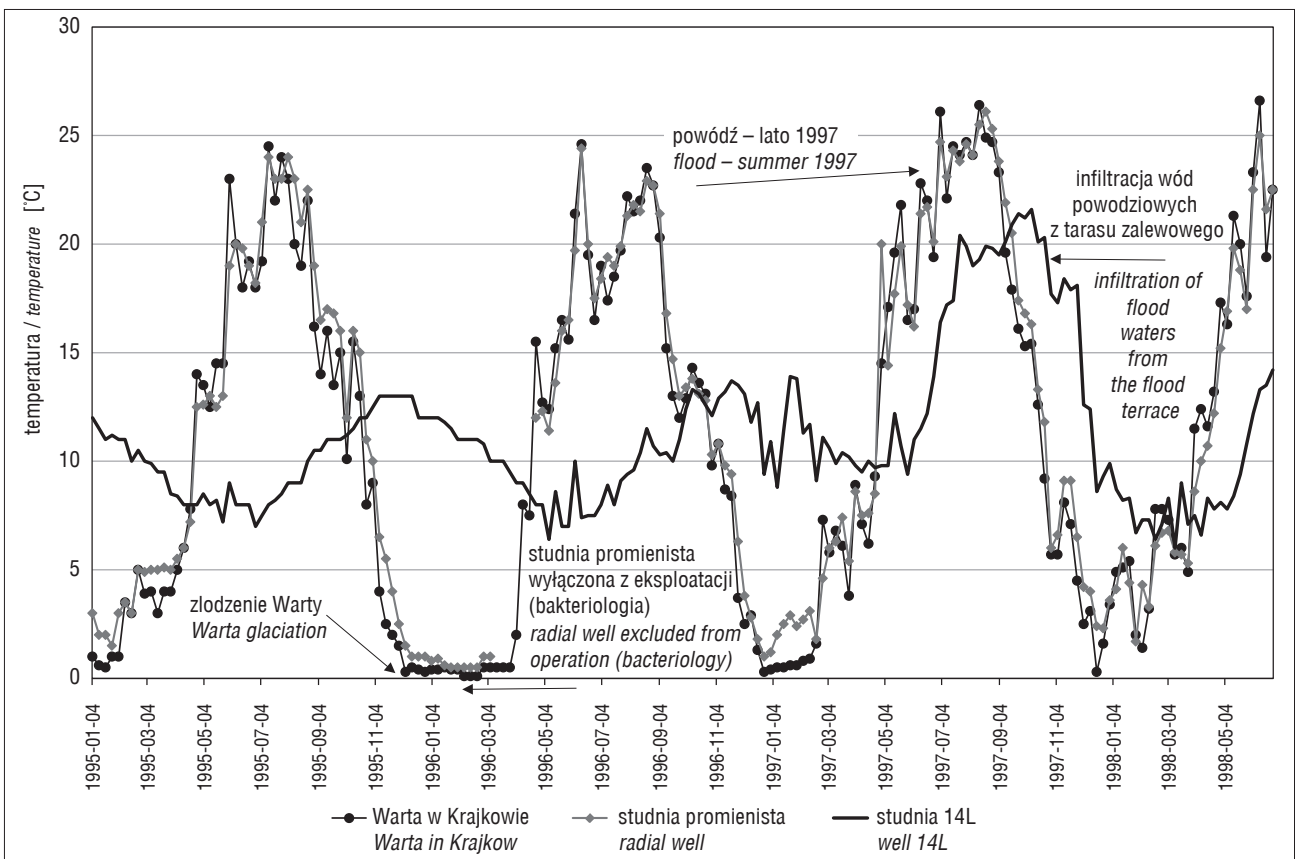


Ryc. 2. Schematyczny przekrój hydrogeologiczny A–A'
Fig.2. Schematic hydrogeological cross-section A–A'



Ryc. 3. Stany rzeki Warty w Krajkowie w okresie pomiarów temperatury

Fig. 3. States of the Warta River in Krajkowo during the temperature measurement interval



Ryc. 4. Ekstremalne zjawiska przyrodnicze na rzece Warcie w Krajkowie kształtujące warunki eksploatacji bariery brzegowej i studni promienistej

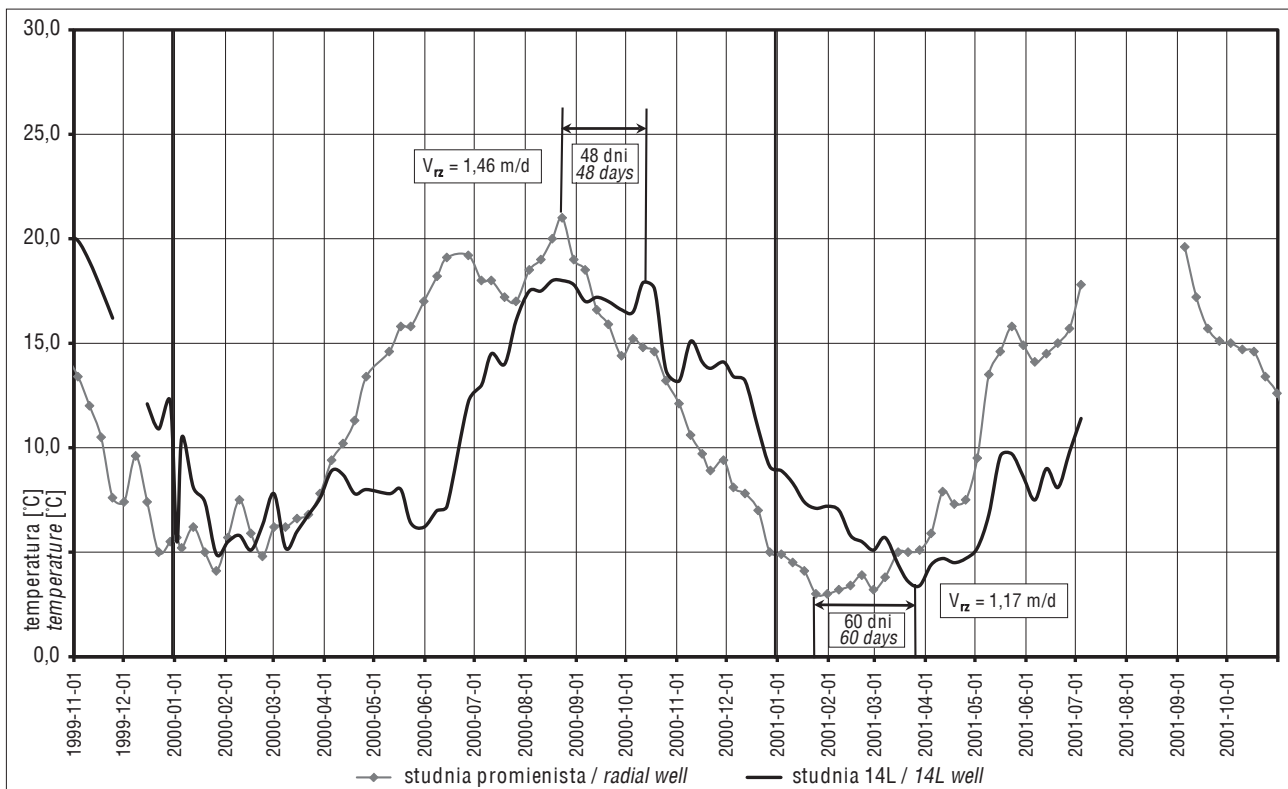
Fig. 4. Extreme natural phenomena on the Warta River in Krajkowo determining the exploitation conditions of the shore barrier and the radial well

wpływ na poprawę warunków infiltracji. W przypadku drenów studni promienistej w Krajkwowie, ułożonych płytko na głębokości 5 m pod dnem rzeki, zjawisko erozji wgłębnej spowodowało jednak zmniejszenie się miąższości warstwy filtracyjnej, skutkujące rozmyciem obsypki, zapieczeniem drenów oraz w konsekwencji zanieczyszczeniem bakteriologicznym wody dopływającej do tych drenów. Zjawisko to miało miejsce w czasie mroźnej zimy 1996 r. (ryc. 4) i doprowadziło do wyłączenia studni promienistej z eksploatacji na okres dwóch zimowych miesięcy. Znacznie wzrosła ilość bakterii w wodzie infiltracyjnej towarzyszyły również: skokowy wzrost utlenialności, zmiana barwy i zawartości manganu do poziomu obserwowanego w rzece (Górski, Przybyłek, 1998), co również wskazywało na bezpośrednie przedostawanie się wody rzecznej do drenów. Oddziaływanie na warunki eksploatacji ujęcia brzegowego o odmiennym charakterze miało miejsce w czasie trwania powodzi letniej 1997 r. (ryc. 3). Zaobserwowano wtedy szybki wzrost temperatury wody mieszanej, czerpanej z bariery studni ujęcia brzegowego (ryc. 4 – wykres dla studni 14L), w wyniku napływu ciepłych wód powodziowych na obszar tarasu zalewowego w sąsiedztwie ochronnego wału przeciwpowodziowego, na którym znajduje się ujęcie brzegowe. Wyższa o kilka stopni temperatura wody mieszanej, aniżeli to miało miejsce w latach poprzedzających powódź lipcową (odpowiednio 14°C i 22°C), powtórzyła się w 1998 r. oraz w latach następnych. Obserwacje te świadczyły o tym, że powódź lipcowa 1997 r. doprowadziła do „odprężenia hydraulicznego” osadów wodonośnych oraz naturalnej dekolmatacji osadów w korycie i brzegach rzeki Warty, a tym samym do zwiększenia sprawności procesu infiltracji brzegowej. Korzystna sytuacja hydrologiczna Warty, w kolejnych latach (1998–2002), sprzyjała utrzymywaniu się infiltracji brze-

gowej, przy równoczesnym zmniejszeniu się ładunku rumowiska unoszonego przez rzekę.

Po powodzi 1997 r., uaktywniane, poprzez ruch rumowiska, koryto rzeczne przy wyższych stanach Warty oraz wyraźne zmniejszenie się ładunku rumowiska unoszonego (zawiesiny) umożliwiło przywrócenie utraconej przed powodzią aktywnej infiltracji z lewego – ujęciowego brzegu Warty. Spowodowało to tym samym skrócenie czasu przepływu wody rzecznej do ujęcia. Z przeliczenia drogi filtracji od brzegu rzeki do studni 14L (70 m) w stosunku do podanych na rycinie 5 czasów przepływu można było orientacyjnie określić rzeczywistą prędkość filtracji wody do ujęcia w strefie przyrzecznej. Wyniosła ona w roku hydrologicznym 2000/2001 w okresie letnim 1,46 m/d, obniżając się do wielkości 1,17 m/d w okresie zimowym (ryc. 5).

Wykorzystując zbiór pomiarów temperatury z okresu 1993–2005, sporządzono wykresy dla poszczególnych lat hydrologicznych na wzór przedstawionych na rycinach 4 i 5. Z wykresów tych odczytano daty wystąpienia temperatur maksymalnych oraz minimalnych pod dnem rzeki Warty w drenach studni promienistej oraz w studni 14L w barierze brzegowej. W tabeli 1 zestawiono daty tych odczytów i odpowiadające im wielkości temperatury wody dla wartości maksymalnych, a w tabeli 2 dla wartości minimalnych, wyliczając równoległe różnice czasów zaistnienia w dobach (czas opóźnienia) oraz różnicę temperatur w °C dla obu obiektów obserwacji. Obliczone w tabelach czasy przepływu wody warciańskiej (SP) do studni ujęcia brzegowego (14L) przeniesiono na rycinę 6. Z tabel 1 i 2 i wykresów na rycinie 6 wynika, że okresy letnie przed powodzią lipcową 1997 r. charakteryzowały się bardzo wydłużonym czasem przepływu w przedziale od 112 do 181 dób.



Ryc. 5. Czas i rzeczywista prędkość przepływu wody infiltracyjnej – lato 2000 oraz zima 2001

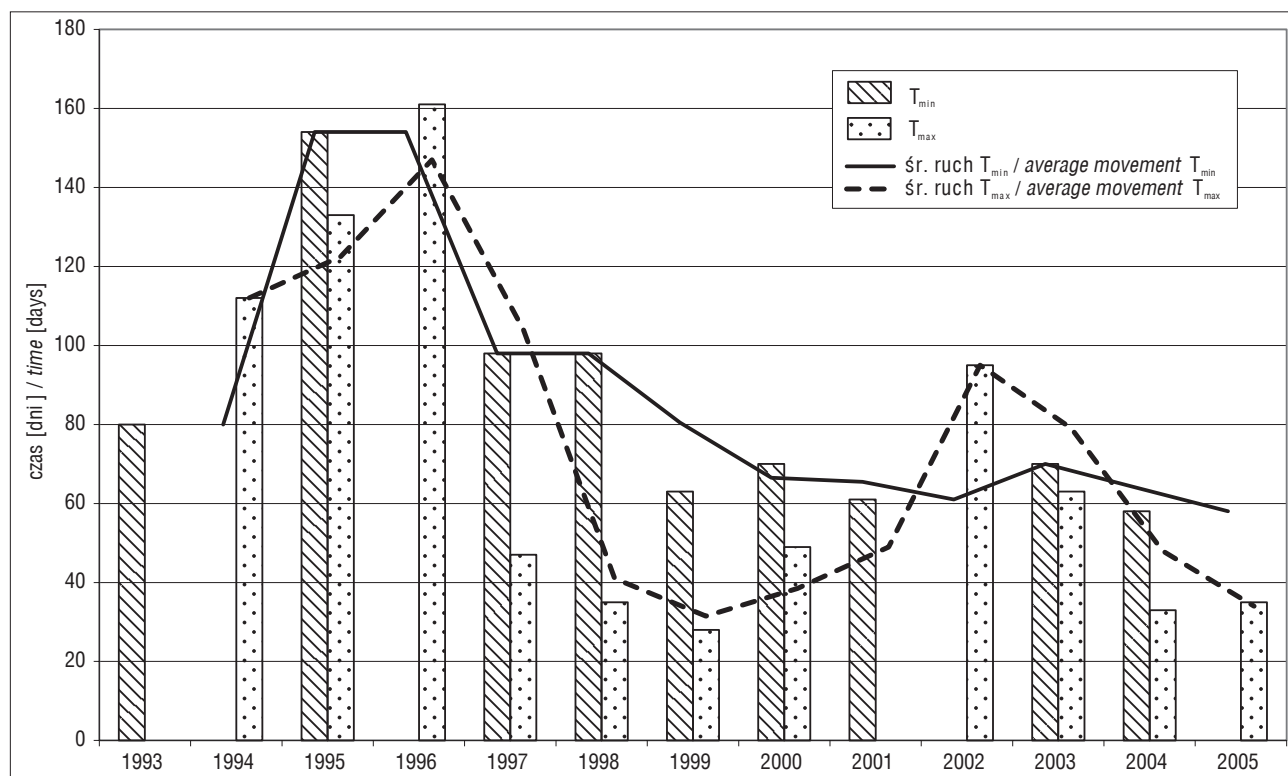
Fig. 5. Time and actual flow velocity of infiltration water – summer 2000 and winter 2001

Tab. 1. Wartości maksymalnych temperatur odczytanych z wykresów obserwacji stacjonarnych (SP – Warta, 14L – studnia w barierze brzegowej)**Table 1.** Maximum temperature values collected from stationary observation charts (SP – Warta, 14L – well in the shore barrier)

Okres Period	Data SP Date SP	SP – T [°C]	Data 14L Date 14L	14L – T [°C]	Δt [doby] Δt [days]	ΔT [°C]
Maksimum / Maximum	03.08.1994	25,1	23.11.1994	14,6	112	-10,5
Maksimum / Maximum	17.07.1995	24,5	08.11.1995	13,0	114	-11,5
Maksimum / Maximum	02.08.1995	24,0	13.12.1995	13,0	133	-11,0
Maksimum / Maximum	21.08.1996	23,5	29.01.1997	13,8	181	-9,7
Maksimum / Maximum	20.08.1997	26,1	08.10.1997	21,6	49	-4,5
Maksimum / Maximum	19.08.1998	25,1	23.09.1998	21,4	35	-0,7
Maksimum / Maximum	11.08.1999	33,1	08.09.1999	25,1	28	-8,0
Maksimum / Maximum	23.08.2000	21,0	10.10.2000	17,9	48	-3,1
Maksimum / Maximum	21.08.2002	21,1	27.11.2002	21,1	95	0,0
Maksimum / Maximum	13.08.2003	23,6	15.10.2003	20,7	63	-2,9
Maksimum / Maximum	18.08.2004	22,1	22.09.2004	17,6	33	-4,5
Maksimum / Maximum	14.09.2005	20,8	19.10.2005	14,6	35	-6,2

Tab. 2. Wartości minimalnych temperatur odczytanych z wykresów obserwacji stacjonarnych (SP – Warta, 14L – studnia w barierze brzegowej)**Table 2.** Minimum temperature values collected from stationary observation charts (SP – Warta, 14L – well in the shore barrier)

Okres Period	Data SP Date SP	SP – T [°C]	Data 14L Date 14L	14L – T c	Δt [doby] Δt [days]	ΔT [°C]
Minimum / Minimum	08.03.1993	1,4	27.05.1993	7,5	80	+6,1
Minimum / Minimum	25.01.1995	1,5	28.06.1995	7,0	154	+5,5
Minimum / Minimum	19.02.1997	1,8	28.05.1997	9,4	98	+7,6
Minimum / Minimum	28.01.1998	1,7	06.05.1998	7,8	98	+6,1
Minimum / Minimum	17.02.1999	2,6	21.04.1999	6,1	63	+3,5
Minimum / Minimum	22.03.2000	5,7	31.05.2000	6,2	70	+0,5
Minimum / Minimum	25.01.2001	3,0	28.03.2001	3,4	60	+0,4
Minimum / Minimum	05.03.2003	1,7	14.05.2003	6,0	70	+4,3
Minimum / Minimum	25.02.2004	3,3	14.04.2004	3,7	58	+0,4

**Ryc. 6.** Czasy przepływu wody rzecznej do bariery studni ujęcia brzegowego w latach 1993–2005**Fig. 6.** River water flow times to the well of the shore barrier in 1993–2005

PODSUMOWANIE

Przedstawiono dane ilustrujące reżim termodynamiczny wód infiltracyjnych (studnia promienista – SP) i wód mieszanych (studnia 14L) z podanymi wartościami minimalnymi i maksymalnymi dla poszczególnych lat.

Opisano zjawiska ekstremalne w postaci zmienności stanów oraz temperatury wód rzeki Warty oraz ich skutki dla eksploatacji studni promienistej i ujęcia brzegowego.

Niewielka amplituda wahań temperatury w studni 14L w latach 1994/1995 i 1995/1996 (amplituda 6,9–7,6°C) świadczyła o ograniczonym w tym okresie dopływie wód infiltracyjnych na skutek kolmatacji brzegu Warty i jej dna od strony ujęcia.

Przesunięcia czasowe minimum i maksimum w pomiarach temperatury w latach po powodzi w 1997 r. uległy zdecydowanie zmniejszeniu do przedziału 28–70 dób, co było świadectwem powrotu aktywności hydraulicznej w części koryta Warty od strony ujęcia brzegowego (naturalna dekolmatacja osadów).

Przedstawione wyniki obserwacji wraz z ich interpretacją wskazują na bardzo dużą wrażliwość brzegowych i poddennych ujęć infiltracyjnych na okresowo występujące ekstremalne zjawiska hydrologiczne i meteorologiczne oraz na konieczność wszechstronnego monitorowania tego typu ujęć.

Autorzy pragną podziękować Panu dr hab. Przemysławowi Bukowskiemu i anonimowemu Recenzentowi za wnikliwą

recenzję artykułu. Zaprezentowane wyniki badań opracowano w ramach projektu AquaNES, grant nr 689450, finansowanego z European Union's Horizon 2020 Research and Innovation Program.

LITERATURA

- GÓRSKI J., PRZYBYŁEK J. 1998 – Wpływ czynników klimatycznych na warunki eksploatacji i jakość wód ujęć infiltracyjnych. [W:] Sozański M. (red.), Mat. III Międzynarodowej Konf. Municipal and rural water supply and water quality. PZITS, Poznań: 91–109.
- JANIK B., MŁYŃCZAK A., MALINA G. 1988 – Wykorzystanie zmian temperatury wód gruntowych o swobodnym zwierciadle wody do określania udziału wód infiltracyjnych. Tech. Poszuk. Geol., Geosynoptyka i Geotermia, 3–4: 91–94.
- KASZTELAN D. 2001 – Wpływ ucieczek wody ze zbiornika retencyjnego Jeziorsko na temperaturę wód podziemnych. [W:] Współczesne Problemy Hydrogeologii. Wrocław: 175–181.
- MŁYŃCZAK A., MALINA G. 1988 – Rozkład temperatur wód gruntowych pierwszego poziomu wodonośnego o swobodnym zwierciadle wody na przykładzie ujęcia infiltracyjnego Reda III. Tech. Poszuk. Geol., Geosynoptyka i Geotermia, 5–6: 53–59.
- MALINA G., SZCZEPAŃSKI A. 1993 – Badania zmienności pola temperatur w ocenie krążenia wód podziemnych w warunkach naturalnych i zmienionych eksploatacją. [W:] Współczesne Problemy Hydrogeologii. Wrocław: 387–395.
- PLECZYŃSKI J. 1985 – Temperatura jako wskaźnik badania związków wód powierzchniowych i podziemnych. [W:] Aktualne Problemy Hydrogeologii. Wyd. AGH, Kraków: 513–520.
- PRZYBYŁEK J. 2011 – Badania modelowe ujęcia brzegowego i studni promienistej w Krajkowie (rozdz.12.1). [W:] Metodyka modelowania matematycznego w badaniach i obliczeniach hydrogeologicznych. Bógucki Wyd. Nauk., Poznań: 279–297.