

TEMPERATURA PŁYTKICH WÓD PODZIEMNYCH NA TERENIE WROCŁAWIA

SHALLOW GROUNDWATER TEMPERATURE IN WROCŁAW CITY

SEBASTIAN BUCZYŃSKI¹, STANISŁAW STAŚKO¹

Abstrakt. W artykule przedstawiono wyniki pomiarów temperatury płytkich wód podziemnych na terenie Wrocławia oraz ich związek z tzw. miejską wyspą ciepła. Wyniki pomiarów terenowych wykazują wzrost temperatury wód podziemnych o 20% w relacji do obliczeń teoretycznych klasycznym wzorem dla obszarów niezurbanizowanych. Wykazano przesunięcie maksymalnej temperatury wód o okres 3 miesięcy w relacji do temperatury powietrza. Przedmiotowe badania mają istotne znaczenie dla projektowania pomp ciepła.

Słowa kluczowe: temperatura wód podziemnych, niska entalpia, pompy ciepła, Wrocław.

Abstract. The paper presents the results of measurements of shallow groundwater temperature in the territory of Wrocław City and the relation to the so-called „urban heat island”. Field measurements indicate a higher groundwater temperature by approximately 20% as calculated by the classic formula in relation to the theoretical value in non-urbanized areas. Shift of the maximum water temperature in relation to the air temperature by three months has been noticed. Such results are important for heat pump designing.

Key words: groundwater temperature, low enthalpy, heat pump, Wrocław city.

WSTĘP

Wykorzystanie niskotemperaturowych źródeł mocy cieplnej z wód podziemnych, stanowi istotny punkt w regulacjach prawa oraz strategii rozwojowej krajów członkowskich Unii Europejskiej w aspekcie zmniejszenia emisji szkodliwych substancji oraz zwiększenie bezpieczeństwa energetycznego kraju poprzez dywersyfikację źródeł energii (Kapuściński, Rodzoch, 2010). Szczególnie istotne, w przypadku stosowania pomp ciepła, wydają się właściwości środowiska naturalnego, wpływające na wydajność studni oraz temperaturę dolnego źródła ciepła (wód podziemnych) na badanym terenie.

Pierwsze, szacunkowe oceny ilości mocy cieplnej, możliwej do uzyskania z kenozoicznych poziomów wodonośnych na bloku przedsudeckim, są na tyle obiecujące, że

w przyszłości – dzięki zastosowaniu pomp ciepła – mogą stanowić znaczące uzupełnienie konwencjonalnych źródeł energii (Buczynski, 2010). Dodatkowo doświadczenia wielu autorów dowodzą, że pomiary temperatur w płytkich odwiertach i wyznaczone na ich podstawie mapy anomalii geotermicznych, stają się pomocne przy wyznaczaniu lokalizacji dla głębokich odwiertów ujmujących wody o podwyższonych temperaturach (Ciężkowski i in., 2011).

W pracy tej przedstawiono wyniki pomiarów temperatury wód podziemnych przeprowadzonych na przełomie lat 2011–2012 w studniach ujmujących holoceno-plejstoceński poziom wodonośny położonych na terenie Wrocławia. Wyniki te porównano następnie z wyliczeniami uzyskanymi za pomocą wzoru empirycznego.

¹ Uniwersytet Wrocławski, Instytut Nauk Geologicznych, Wydział Nauk o Ziemi i Kształtowania Środowiska, pl. M. Borna 9, 50-204 Wrocław; e-mail: sebastian.buczynski@ing.uni.wroc.pl, sstasko@ing.uni.wroc.pl

METODY BADAŃ

W badaniach skoncentrowano się na holocenijsko-plejstocenijskim poziomie wodonośnym w rejonie Wrocławia. Poziom ten jest zbudowany z piaszczysto-żwirowych osadów, występujących na głębokości od kilku do kilkunastu metrów. Charakteryzuje się on zasobami dyspozycyjnymi do 200 m³/d/km² oraz bardzo dobrym rozpoznaniem hydrogeologicznym. W przeważającej części miasta poziom ten stanowi użytkowe piętro wodonośne z potencjalną wydajnością dochodzącą do 50 m³/h. Brak izolacji warstw wodonośnych i szereg ognisk zanieczyszczeń powoduje jednak, że jakość wód podziemnych jest średnia lub zła. Najczęściej notowane przekroczenia norm dla wód pitnych dotyczą suchej pozostałości, siarczanów, żelaza i manganu (Michniewicz, 1997; Staško, 2000). Czynniki te powodują, że wody poziomu holocenijsko-plejstocenijskiego są powszechnie wykorzystywane z wyłączeniem celów spożywczych.

Na przełomie lat 2011–2012 w 32 studniach zmierzono sondą DCX-22AA rzeczywistą temperaturę oraz głębokość zalegania zwierciadła wód podziemnych. Następnie, w celu porównania i modyfikacji wzoru empirycznego, określono teoretyczną temperaturę wody na zmierzonych głębokościach, wykorzystując klasyczny wzór przytoczony za Pazdro, Kozerski (1990).

$$T = t_{\text{sr}} + A + \frac{H-h}{g} \quad [1]$$

gdzie:

T – temperatura wody na głębokości H (°C)

t_{sr} – średnia roczna temperatura powietrza (°C)

A – stała zależna od wysokości nad poziom morza

H – głębokość występowania wody (m)

h – głębokość strefy stałych temperatur (m)

g – stopień geotermiczny (m)

Wartość średniej rocznej temperatury powietrza we Wrocławiu w wysokości 9°C przyjęto do obliczeń za Dubickim i in., (2002), natomiast stałą A = 0,84°C zaczerpnięto za Pazdro, Kozerski (1990). Głębokość strefy stałych temperatur w Polsce przyjęto za Pazdro, Kozerski (1990) na 18 m, a wartość stopnia geotermicznego jako 40 m (Bruszevska, 2000).

Amplitudę wahań temperatury wód podziemnych określono na podstawie obserwacji prowadzonych w latach 2008–2011 w hydrowęźle położonym przy Instytucie Nauk Geologicznych Uniwersytetu Wrocławskiego.

WYNIKI I ICH DISKUSJA

Średnia temperatura wody w badanych studniach wyniosła 11,7°C mieszcząc się w granicach od 6,5 do 17,1°C. Najniższą temperaturę (6,5–6,7°C) odnotowano w studniach, zlokalizowanych w północno-wschodniej części miasta na osiedlu Kowale, natomiast najwyższą (17,1°C) – w piezometrze znajdującym się w centrum miasta. Pomijając wymienione temperatury skrajne, w pozostałych otworach odnotowano wartości od 10 do 13°C. Analizując rozkład przestrzenny temperatury można zaobserwować, że wyższe temperatury zanotowano w studniach znajdujących się w centrum miasta (Pl. Nowy Targ /13,7°C/, Wiśniowa/Ślężna /17,1°C/) w stosunku do temperatur na peryferiach (ul. Kowalska /6,5°C/, Park Południowy /9,9°C/) (fig. 1).

Analogiczne wyniki uzyskano w przypadku badań innych obszarów miejskich. Mapy z Cyfrowego Atlasu Środowiska miasta Berlina (SDUDE, 2010) wskazują, że w centrum miasta na głębokości 20 m poniżej poziomu terenu, temperatury wód podziemnych przekraczają 12,5°C, podczas gdy na jego obrzeżach wynoszą poniżej 8,5°C. Jin Yong (2006), analizując temperaturę wód podziemnych w Seulu, zauważa analogiczny wzrost z 12°C na peryferiach do 19°C w rejonach bardziej zurbanizowanych.

Amplituda wahań temperatury wód podziemnych w poziomie holocenijsko-plejstocenijskim, oszacowana na podstawie pomiarów przeprowadzonych w hydrowęźle, wy-

niosła 1°C. Notowane wartości mieściły się w granicach od 12,9 do 13,9°C, przy średniej temperaturze wody równej 13,5°C. Temperatura powietrza, w analizowanym okresie, wynosiła od –20,1°C do 32°C, a średnia 8,9°C (fig. 2).

Ponieważ zwierciadło wód podziemnych zalega przez cały rok na głębokości powyżej 3,5 metra, na temperaturę wód podziemnych mogą wpływać jedynie wahania sezonowe i roczne. Amplituda wahań temperatury wód jest stosunkowo niewielka, gdyż jak wskazują badania Paszczyk (1971) i Szewczyk (2005) w studniach, zlokalizowanych poza obszarami zurbanizowanymi, amplituda wahań wynosi do 8,5°C – na głębokości do 2 metrów, 5°C – na głębokości 5 metrów i 1,2°C – na głębokościach od 10 do 15 metrów.

W trakcie badań archiwalnych (Worsa-Kozak, 2006), wykonywanych na terenie Wrocławia notowane amplitudy wyniosły od 6,2 do 12,5°C przy głębokościach zwierciadła 4,3 i 3,9 m p.p.t.

Porównanie wartości temperatury wód podziemnych, zmierzonych w terenie, z temperaturami wyliczonymi na podstawie wzoru empirycznego służącego do obliczania temperatury wody na określonej głębokości poniżej strefy stałych temperatur, wskazuje, że w większości przypadków wartości zmierzone są wyższe od teoretycznych (średnio o 2,2°C). Nasuwa to wniosek o wpływie tzw. „miejskiej wyspy ciepła” (Dubicka, Szymanowski, 2000) na rozkład tem-

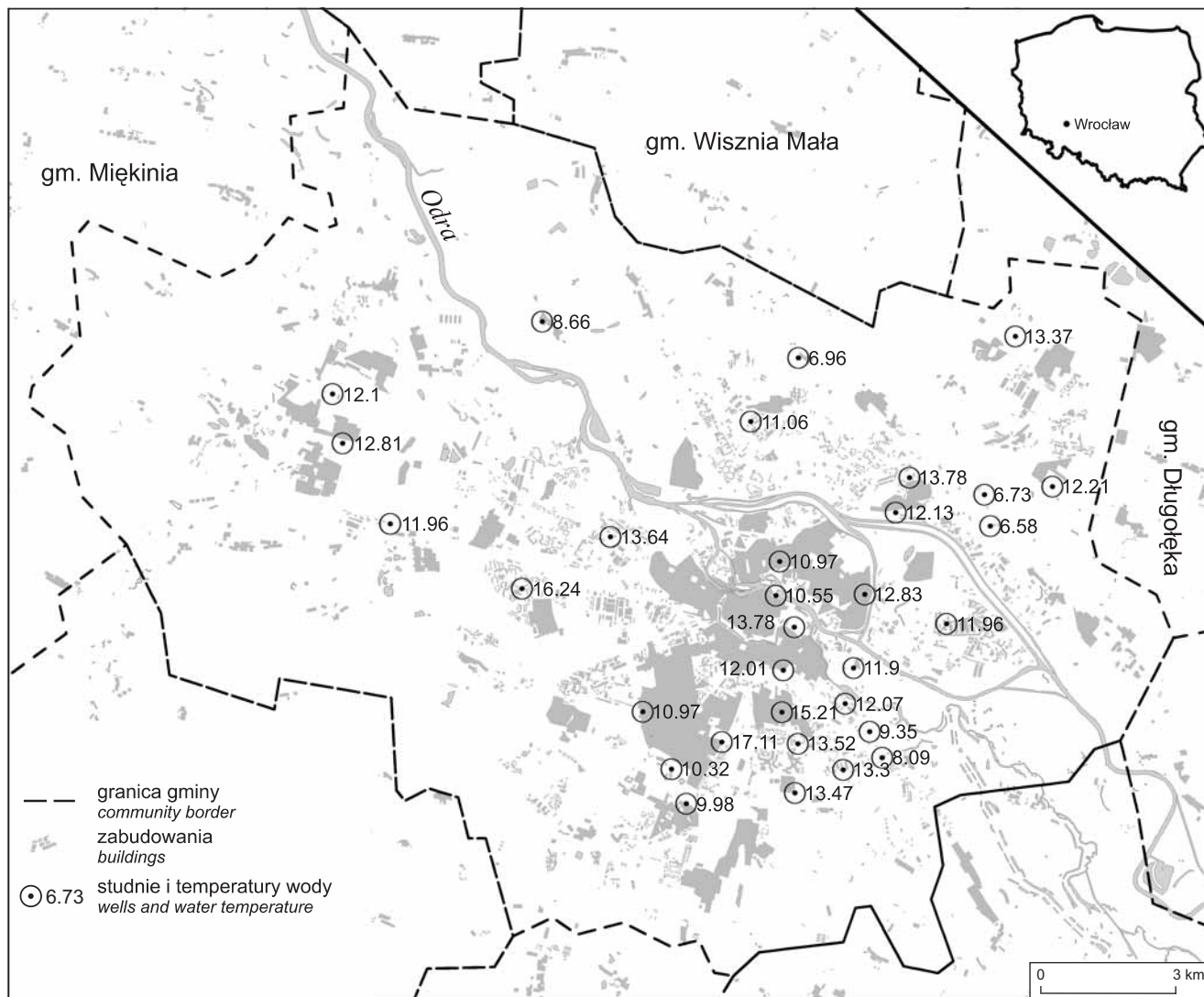


Fig. 1. Lokalizacja studni wraz z temperaturą wód podziemnych [°C]

Location of wells, and groundwater temperature values [°C]

peratur wód podziemnych w obszarach zurbanizowanych. Stąd kolejna konkluzja, że w przypadku braku danych z terenowych pomiarów temperatury wód podziemnych na tere-

nach miejskich, należy wprowadzić do obliczeń teoretycznych z zastosowaniem wzoru [1] współczynnik 1,241.

WNIOSKI

Wyniki pomiarów temperatury wód podziemnych w holoceničko-plejstoceničko poziomie wodonośnym w rejonie Wrocławia nieznacznie przewyższają średnią roczną temperaturę powietrza na tym obszarze. Na uwagę zasługuje również fakt, że w przypadku studni zlokalizowanych w centrum miasta mamy do czynienia z wyraźną anomalią termiczną. Temperatura wód podziemnych w tym przypadku przewyższa średnią roczną temperaturę powietrza od kilku do kilkunastu stopni Celsjusza. Maksymalne, zanotowane przez autorów, wartości wynoszą 17,1°C. W przypadku ba-

dań archiwalnych w innych punktach notowano nawet wartości powyżej 24°C (Worsa-Kozak, 2006). Anomalie te są związane z gęstą siecią ciepłowniczą i kanalizacyjną i mogą znacząco wpływać na zmiany temperatury wód podziemnych płytkich poziomów wodonośnych na obszarach zurbanizowanych.

Amplituda wahań temperatury wód podziemnych jest niska i nie wykazuje zależności z temperaturą powietrza. W studni przy ulicy Cybulskiego amplituda wahań wyniosła 1°C przy średniej głębokości zwierciadła wód 4,7 m p.p.t.

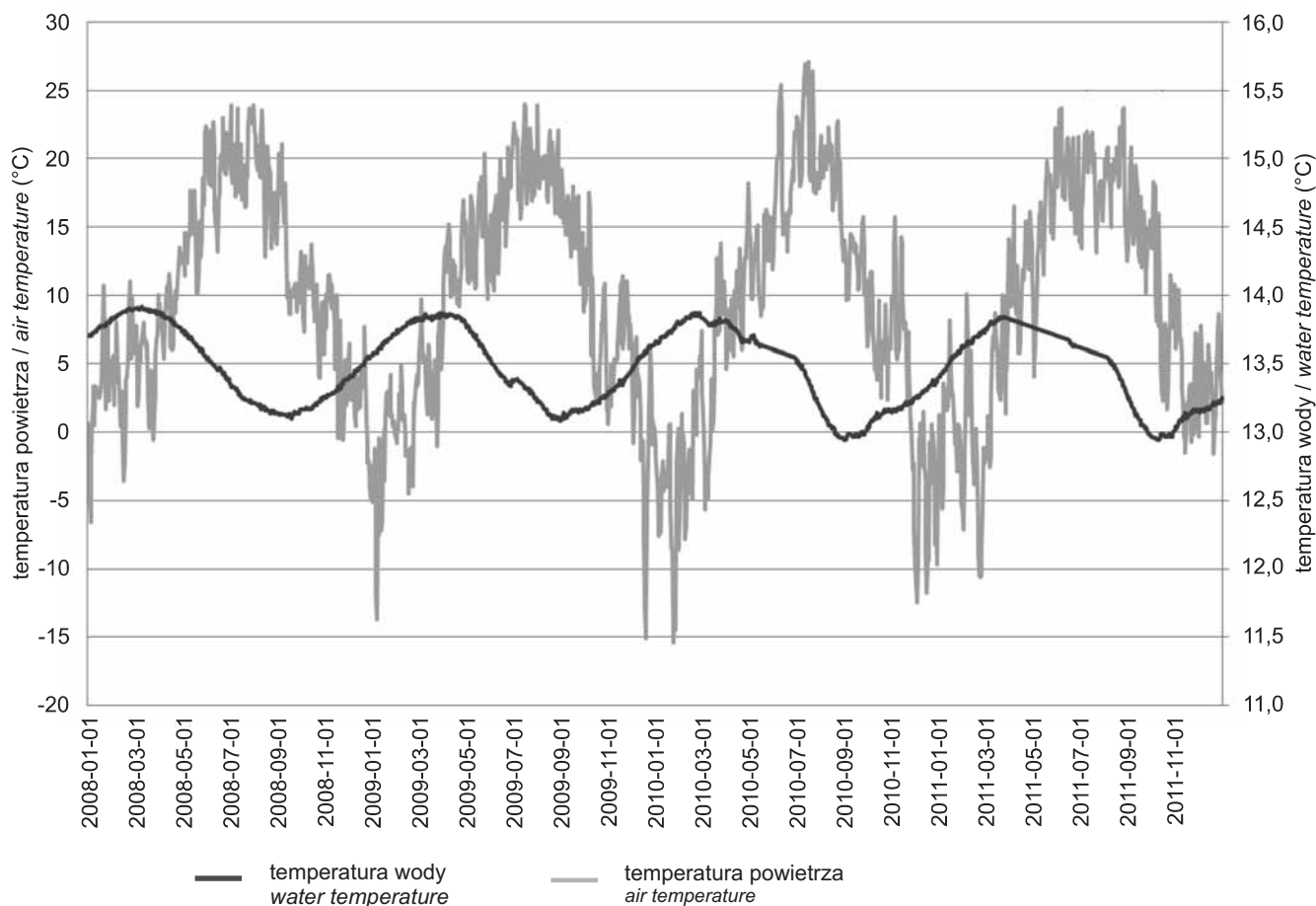


Fig. 2. Wahania temperatury wody na tle zmian temperatury powietrza

Groundwater temperature fluctuations on the background of air temperature

Analizując reżim zmiany temperatury w płytkich poziomach wodonośnych na obszarze Wrocławia można zaobserwować przesunięcie maksymalnych temperatur wody w stosunku do maksymalnych temperatur powietrza o około 3–4 miesiące. Zjawisko to, wynikające z bezwładności

ciepłej gruntu jak wynika z badań na obszarze miejskim, zachodzi później niż w przypadku terenów niezurbanizowanych, gdzie opóźnienie to wynosi 1–2 miesiące (Plewa, 1966).

LITERATURA

- BRUSZEWSKA B., 2000 — Warunki geotermiczne Dolnego Śląska. *Prz. Geol.*, **48**: 639–643.
- BUCZYŃSKI S., 2010 — Szacunkowa moc cieplna wód podziemnych z kenozoicznych poziomów wodonośnych na bloku przedsudeckim. *Biul. Państw. Inst. Geol.*, **440**: 15–24.
- CIEŹKOWSKI W., MARSZAŁEK H., WĄSIK M., 2011 — Metody badawcze w poszukiwaniu i rozpoznawaniu złóż wód termalnych w sudeckim regionie geotermalnym. *Technika poszukiwań geologicznych. Geotermia, Zrównoważony Rozwój*, **1/2**: 51–59.
- DUBICKA M., SZYMANOWSKI M., 2000 — Struktura miejskiej wyspy ciepła i jej związek z warunkami pogodowymi i urbanistycznymi Wrocławia. *Acta Univ. Wratisl.* **2269, Stud. Geogr.**, **74**: 99–118.
- DUBICKI A., DUBICKA M., SZYMANOWSKI M., 2002 — Klimat Wrocławia. *W: Informator o stanie środowiska Wrocławia 2002* (red. K. Smolnicki, M. Szykasiuk): 9–25. Dolnośląska Fundacja Ekorozwoju, Wrocław.
- JIN-YONG LEE., 2006 — Characteristics of ground and groundwater temperatures in a metropolitan city, Korea: considerations for geothermal heat pumps. *Geosc. J.*, **10**, 2: 165–175.
- KAPUŚCIŃSKI J., RODZOCZ A., 2010 — Geotermia niskotemperaturowa w Polsce i na świecie. Stan aktualny i perspektywy rozwoju. Borgis Wydawnictwo Medyczne, Warszawa.
- MICHNIEWICZ M. (red.), 1997 — Mapa Hydrogeologiczna Polski 1:50 000, ark. Leśnica. PIG i MOŚNiL, Warszawa.

- PASZCZYK J., 1971 — Wstępna charakterystyka termiki płytkich wód podziemnych w Polsce. *Prz. Geogr.*, **43**, 3: 363–372.
- PAZDRO Z., KOZERSKI P., 1990 — Hydrogeologia ogólna. Wyd. Geol., Warszawa.
- PLEWA S., 1966 — Regionalny obraz parametrów geotermicznych obszaru Polski. *Pr. Geofiz. i Geol.*, **1**: 1–88.
- Senate Department for Urban Development and the Environment, 2010 — Berlin Digital Environmental Atlas. http://www.stadtentwicklung.berlin.de/geoinformation/fis-broker/index_en.shtml
- STAŚKO S. (red.), 2000 — Mapa Hydrogeologiczna Polski 1:50 000, ark. Wrocław. Państw. Inst. Geol. i MŚ, Warszawa.
- SZEWczyk J., 2005 — Wpływ zmian klimatycznych na temperaturę podpowierzchniową Ziemi. *Prz. Geol.*, **53**, 1: 77–86.
- WORSZA-KOZAK M., 2006 — Wahania zwierciadła wód podziemnych na terenach zurbanizowanych (miasta Wrocławia) [pr. doktor.]. Arch. UWroc., Wrocław.

SUMMARY

The paper presents the results of measurements of shallow groundwater temperature, performed in 2011–2012 in wells of the Quaternary aquifer in Wrocław City. Field measurements have been evaluated according to the classical formula [1] by Pazdro, Kozerski (1990). In the calculation, the average air temperature of 9°C was used as reported for Wrocław City by Dubicki *et al.* (2002), and the constant value $A = 0.84^{\circ}\text{C}$ (Pazdro, Kozerski, 1990). Depth to the constant water temperature level in Poland is 18 m, and the geothermal heat gradient is 40 m. The measurements show a wide range of groundwater temperatures from 6.5 to 17.1°C with the average value of 11.7°C, and an anomaly in the City centre. The measured groundwater temperature fluctuation

is 1°C during the year in the observation well with continuous recording. Comparison between the measured values and the calculated ones according to the formula indicates that the actual temperatures are in most cases higher - around 2.2°C. It suggests the impact of the so-called „urban heat island” (Dubicka, Szymanowski, 2000) as a result of underground infrastructure and pipe lines. Shift of the maximum groundwater temperature in relation to the air temperature by 3 months has been noticed. Such a phenomenon is related to the inertia of soil in urban areas and is observed later in comparison to the non-urbanized areas where it is evaluated at 1–2 months. The results illustrate the anthropogenic impact on groundwater temperature in the municipal area.