

dr Piotr Hermanowski

Arcadis Sp. z o.o.

ul. Kościuszki 29, 50-011 Wrocław

Arcadis Ltd., Wrocław

GLÓWNE POZIOMY WODONOŚNE CZWARTORZĘDU I TRZECIORZĘDU NA OBSZARZE REGIONU WODNEGO GÓRNEJ ODRY

MAIN QUATERNARY AND TERTIARY AQUIFERS IN THE UPPER ODRA RIVER CATCHMENT

Streszczenie

Rozprzestrzenienie oraz parametry hydrogeologiczne głównych poziomów wodonośnych mają kluczowe znaczenie nie tylko dla kształtowania się zasobów wód podziemnych ale decydują także o strukturze poboru wód podziemnych na danym obszarze. Błędne oszacowanie parametrów hydrogeologicznych (np. wodoprzewodności) poziomu wodonośnego może mieć negatywne skutki dla zrównoważonego rozwoju obszaru.

Region wodny Górnej Odry, o powierzchni około 3800 km², wykazuje korzystne warunki hydrogeologiczne dla magazynowania wód podziemnych. Największe znaczenie w kształtowaniu się zasobów wód podziemnych odgrywa czwartorzędowy i trzeciorzędowy poziom wodonośny. Łącznie poziomy te pokrywają około 70% obszaru. Średnia miąższość każdego z poziomów wynosi około 15 m, a maksymalne wartości miąższości dla wydzielonego poziomu czwartorzędu i trzeciorzędu wynoszą odpowiednio 70 i 58 m.

Odwzorowana struktura przestrzenna oraz parametry hydrogeologiczne rozpatrywanych poziomów wodonośnych dają podstawy dla rzetelnego oszacowania regionalnych zasobów wód podziemnych, których ustalenie wymaga szczególnego rozpatrzenia kontaktów hydraulicznych, pomiędzy poziomem czwartorzędowym i trzeciorzędowym, uwzględniającego koncentrację poboru wód podziemnych.

Abstract

Spatial distribution of hydrogeological parameters within main aquifers is not only of primary importance for formation of groundwater resources but it also influences location of groundwater intakes. Wrong estimation of aquifer parameters (e.g. transmissivity) may have negative effect for sustainable development.

Upper Odra river catchment covers area of about 3,800 km² that is characterized by favourable hydrogeological conditions for groundwater storage. Aquifers that form major part of groundwater resources are Quaternary and Tertiary sandy layers. The aquifers covers in 70% of the study area. Medium thickness of each aquifer is ca. 15 m, and maximal thickness is ca. 70 m and 58 m for Quaternary and Tertiary aquifer respectively.

Designed hydrogeological structure as well as hydrogeological properties of the aquifers are principal in order to estimate regional groundwater resources, and it also requires to consider hydraulic connections between the Quaternary and Tertiary aquifer especially in areas where groundwater exploitation is concentrated.

1. WSTĘP

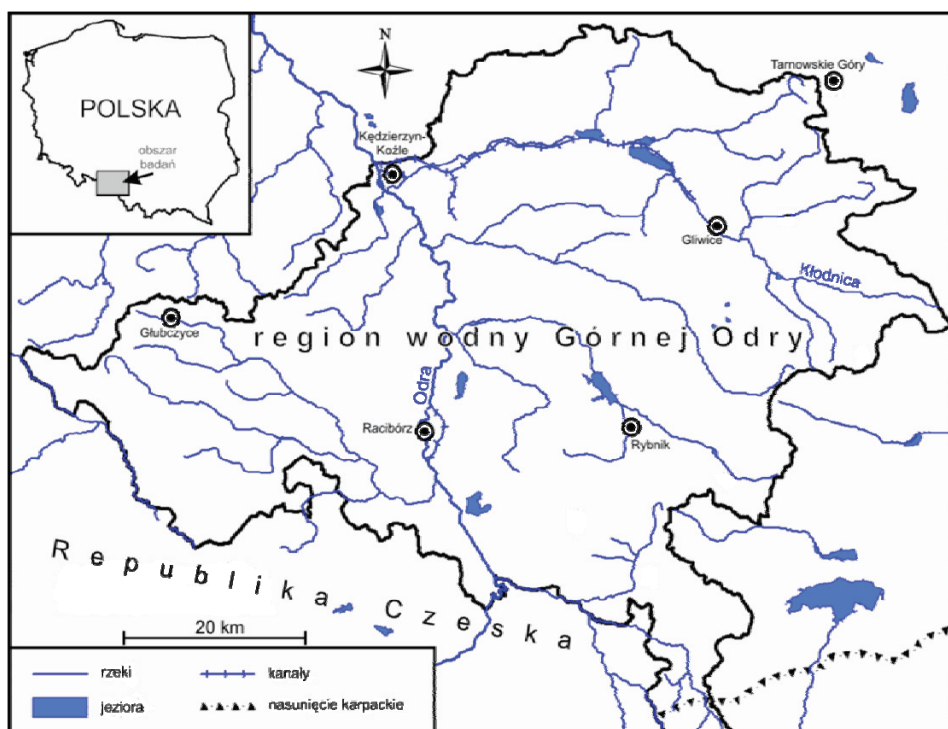
Przeprowadzając badania mające na celu ocenę zasobów dyspozycyjnych dowolnego obszaru, niezbędne jest wykreślenie dostatecznie szczegółowych map głównych poziomów wodonośnych występujących na danym obszarze. Dodatkowo istotnym elementem jest określenie wzajemnych relacji hydraulicznych pomiędzy poszczególnymi poziomami. Czynności te są kluczowe dla wiarygodnego wykonania badań modelowych oraz rzetelnego określenia bilansu i zasobów dyspozycyjnych wód podziemnych. Ponadto wyniki tych prac stanowią bazę danych pozwalającą uwzględnić w procedurze oceny ilości zasobów kryteria hydrogeologiczne związane m.in. z zagwarantowaniem odpowiednich zasobów w sąsiednich poziomach użytkowych [5].

Opracowanie map określających warunki strukturalno-hydrogeologiczne występowania wód podziemnych dla opracowań regionalnych, należy poprzedzić szeregiem analiz geostatystycznych, które pozwalają zniwelować błędy danych wejściowych oraz kluczowe dla poprawnej schematyzacji warunków hydrogeologicznych [12]. Wykreślone w ten sposób mapy głównych poziomów wodonośnych danego obszaru pozwalają nie tylko na określenie hydrogeologicznej budowy strukturalnej ale również pozwalają na wyznaczenie potencjalnych zagrożeń wynikających ze szczególnej lokalizacji i specyficznych połączeń hydraulicznych pomiędzy poziomami wód podziemnych.

2. OBSZAR BADAŃ

Region wodny Górnej Odry pokrywa obszar o powierzchni około 3800 km² położony w południowo-centralnej części Polski, na terenie województwa opolskiego i śląskiego. Najbardziej wysuniętym na południe fragmentem obszaru jest część karpacka regionu wodnego Górnej Odry. W części karpackiej nie występuje czwartorzędowe i trzeciorzędowe piętro wodonośne, co pozwala ograniczyć obszar badań do terenu znajdującego się na północ od nasunięcia karpackiego (rys. 1). Powierzchnia tak wyznaczonego obszaru wynosi około 3660 km².

Obszar badań charakteryzuje się zróżnicowanym ukształtowaniem powierzchni terenu [7] oraz skomplikowaną budową zarówno geologiczną [8, 9] jak i hydrogeologiczną [6, 10, 13, 17]. Głównymi piętrami wodonośnymi regionu wodnego Górnej Odry są piętra: czwartorzędowe, trzeciorzędowe, triasowe oraz karbońskie [16]. Najistotniejsze znaczenie dla zaopatrzenia ludności w wodę przeznaczoną do celów pitnych mają wody z poziomów wodonośnych piętra czwartorzędowego i trzeciorzędowego [16], znajdujące się w obrębie GZWP 332 (Subniecka Kędzierzyńsko-Głubczycka).



Rys. 1. Położenie regionu wodnego Górnej Odry

3. MODEL PRZESTRZENNY

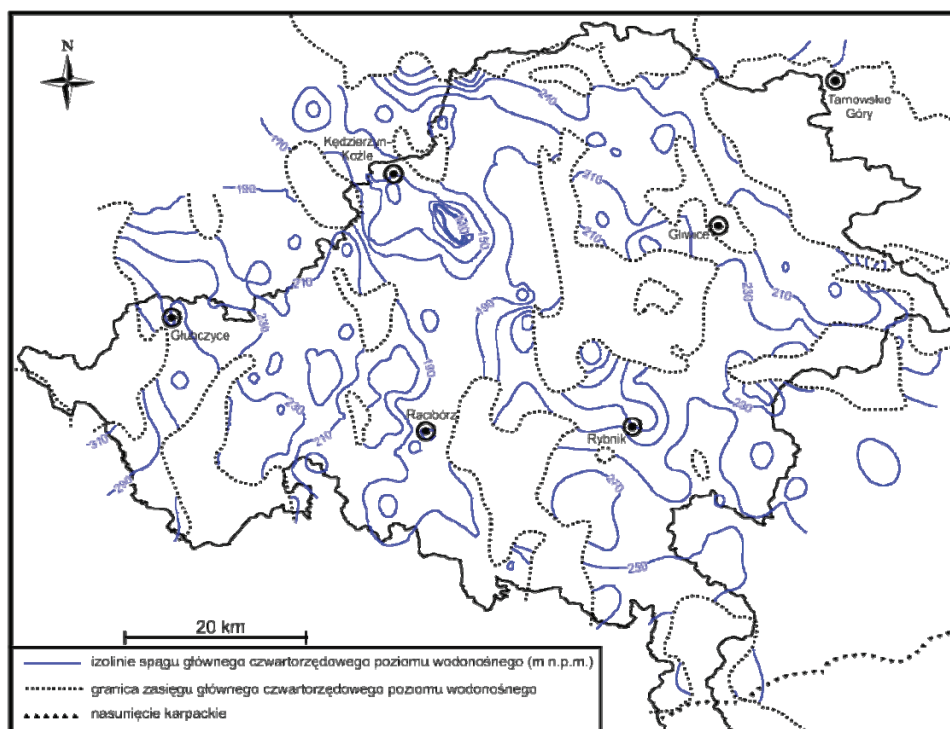
Podstawowym problemem, z którym mamy do czynienia odwzorowując regionalny system krążenia wód podziemnych, jest niedostateczna ilość danych oraz ich niejednorodne rozmieszczenie przestrzenne. Sytuacja ta zmusza do przeprowadzenia szeregu uproszczeń, jak np. do agradacji warstw i przewarstwień strukturalnych do jednego poziomu [11, 15]. Interpolacja danych wejściowych powinna być zatem przeprowadzona z wykorzystaniem metod geostatystycznych, które pozwalają na najbardziej wiarygodne odwzorowanie powierzchni geologicznych m.in. dzięki eliminacji błędów wejściowych [2, 3].

W procedurze upraszczania warunków hydrogeologicznych przeprowadzono agradację poziomów wodonośnych w obrębie piętra czwartorzędowego. Agradacji poddany został pośredni i głęboki czwartorzędowy poziom wodonośny (agradacji nie podlegał czwartorzędowy poziom przypowierzchniowy). Połączenie wymienionych poziomów czwartorzędowych jest uzasadnione z uwagi na ich rozległe kontakty hydrauliczne, które powodują, że często poziomy te tworzą jeden wspólny poziom wodonośny [6]. Główny poziom wodonośny piętra trzeciorzędowego występuje w piaszczysto-żwirowych utworach sarmatu. Zasadniczą bazę danych pozwalającą na odwzorowanie przestrzennej budowy

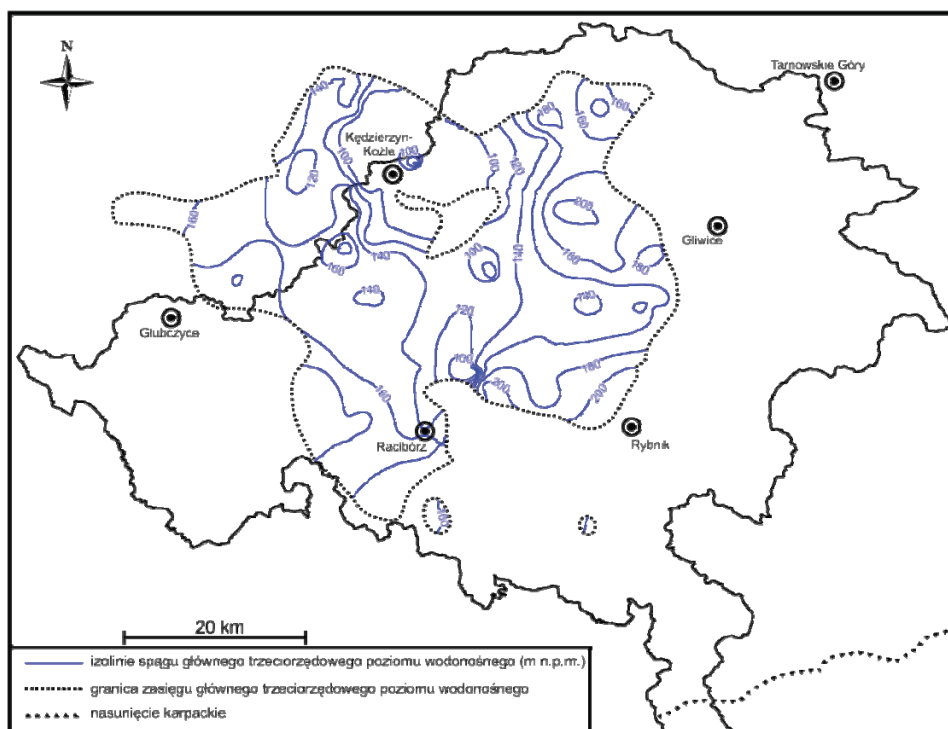
omawianych poziomów wodonośnych stanowił BankHYDRO. Dodatkowo wykorzystano dane zawarte w opracowaniach hydrogeologicznych o zasięgu lokalnym.

W pierwszej kolejności wykreślono granicę występowania rozpatrywanych poziomów wodonośnych, których sumaryczna powierzchnia pokrywa około 70% obszaru regionu wodnego Górnej Odry. Obszary występowania głównego czwartorzędowego i trzeciorzędowego poziomu wodonośnego wynoszą odpowiednio około 2450 km² i 1260 km².

Interpolacja danych dotyczących stropu i spągu omawianych wydzieli hydrogeologicznych przeprowadzona została za pomocą metody krigingu, poprzedzonej analizą wariogramu. W przypadku poziomu czwartorzędowego interpolacji poddano 555 punktów, a w przypadku poziomu trzeciorzędowego 262 punkty. W wyniku interpolacji danych wejściowych uzyskane zostały mapy spągu głównego czwartorzędowego i trzeciorzędowego poziomu wodonośnego (rys. 2 i 3), a w następnej kolejności mapy stropu wymienionych poziomów, co w konsekwencji pozwoliło na wykreślenie map miąższości. Podobnie, interpolacji poprzedzonej analizą wariogramu poddane zostały dane dotyczące wartości współczynnika filtracji dla obydwu poziomów wodonośnych.



Rys. 2. Spąg głównego poziomu wodonośnego czwartorzędu

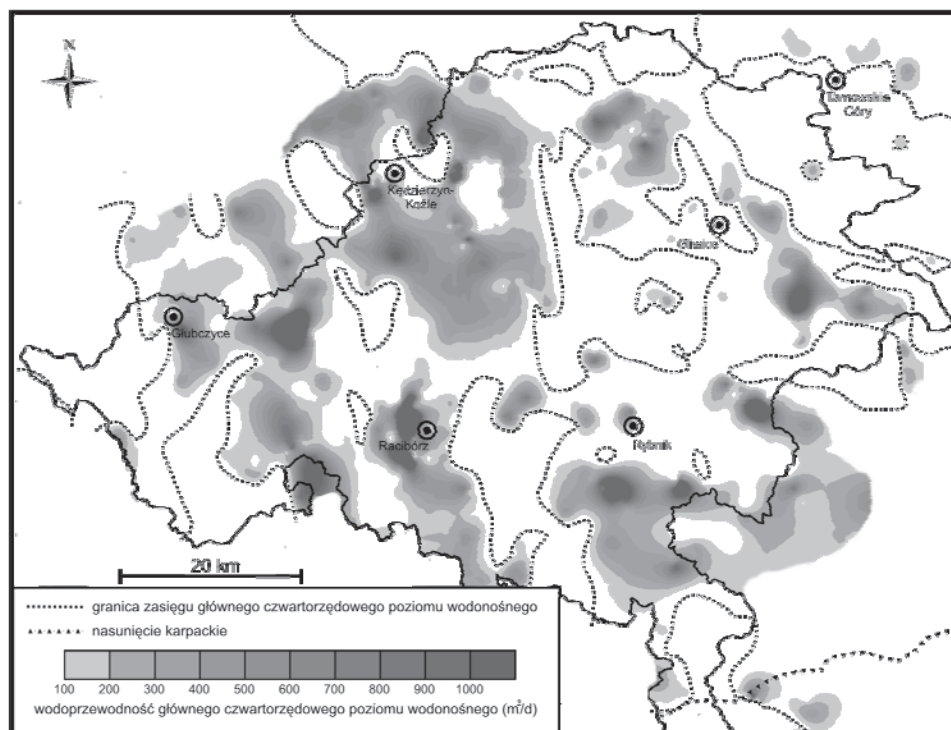


Rys. 3. Spąg głównego poziomu wodonośnego trzeciorzędu

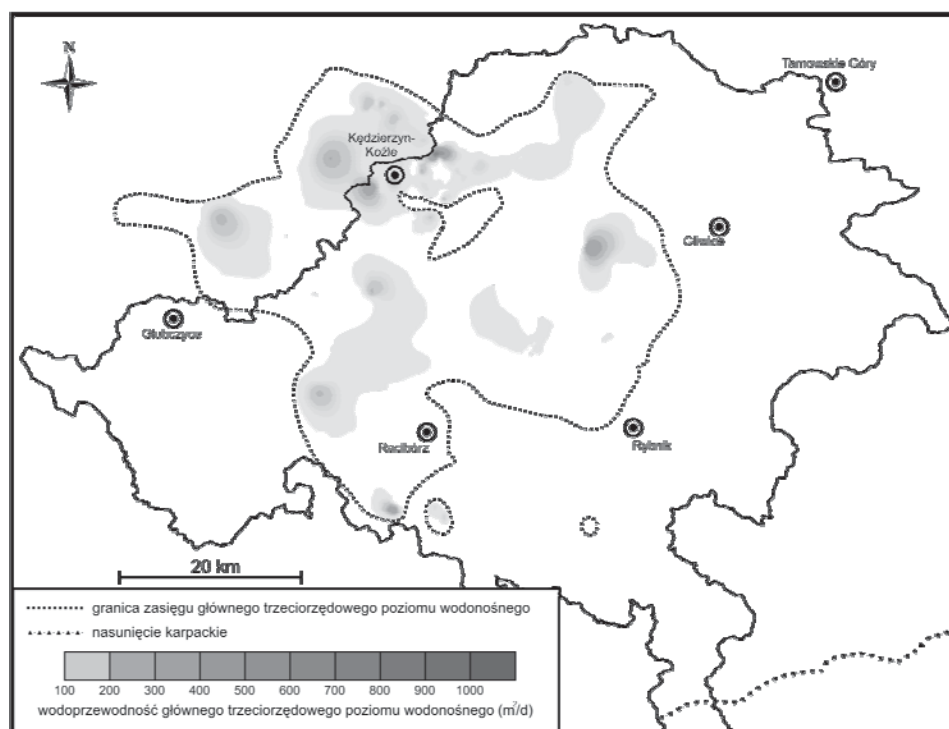
Średnia wartość rzędnej wysokościowej dla powierzchni spągowej głównego czwartorzędowego poziomu wodonośnego wynosi około 200 m n.p.m., a dla poziomu trzeciorzędowego około 120 m n.p.m. Powierzchnie spągowe obydwu opisywanych poziomów wodonośnych charakteryzują się relatywnie dużą zmiennością rzędnej wysokościowej, o czym świadczą przedziały wartości rzędnych pomiędzy pierwszym, a trzecim kwartylem, wynoszące około 61 m dla poziomu czwartorzędowego i około 74 m dla poziomu trzeciorzędowego. Spąg poziomu czwartorzędowego najgłębiej zalega na obszarze Zakładów Azotowych na południowy-zachód od Kędzierzyna-Koźla, gdzie spada poniżej rzędnej 70 m n.p.m. Podobnie w okolicy Kędzierzyna-Koźla występują najniższe wartości rzędnej poziomu trzeciorzędowego, gdzie wynoszą poniżej 60 m n.p.m. Zmienność wysokościowa powierzchni spągowych jest związana z występowaniem na tym obszarze dolin kopalnych, które częściowo wypełnione są przez utwory wodonośne opisywanych poziomów. Średnie wartości rzędnej stropu poziomu czwartorzędowego i trzeciorzędowego wynoszą odpowiednio 213 i 139 m n.p.m. Wartość średnia miąższości obydwu poziomów jest do siebie zbliżona i wynosi około 15 m. Interpolacji połączonej z analizą wariogramu poddane zostały także dane dotyczące współczynnika filtracji, zgromadzone na podstawie

BankuHYDRO oraz opracowań lokalnych. Średnie wartości współczynnika filtracji wynoszą $3,2 \times 10^{-4}$ m/s dla poziomu czwartorzędowego oraz $2,0 \times 10^{-4}$ m/s dla poziomu trzeciorzędowego.

Przeprowadzone, w oparciu o zgromadzone dane, interpolacje pozwoliły na wykreślenie map wodoprzewodności obydwu poziomów wodonośnych (rys. 4 i 5). Najczęściej występujące wartości wodoprzewodności mieszczą się w przedziale od około 164 m²/d do około 363 m²/d dla poziomu czwartorzędowego i od około 140 m²/d do około 312 m²/d dla poziomu trzeciorzędowego (podane przedziały odpowiadają różnicy pomiędzy pierwszym, a trzecim kwartylem spośród wszystkich obliczonych wartości wodoprzewodności). Obszary o najwyższych wartościach wodoprzewodności, w obrębie poziomu czwartorzędowego, występują w okolicach Kędzierzyna-Koźła, Raciborza, Baborowa, na południe od Rybnika oraz na wschód od Pyskowic. Najwyższe wartości wodoprzewodności dla głównego poziomu wodonośnego trzeciorzędu wyznaczono w okolicy Kędzierzyna-Koźła, na wschód od Gliwic oraz dodatkowo poza obszarem regionu wodnego Górnej Odry na północny-wschód od Głubczyc.



Rys. 4. Rozkład wartości wodoprzewodności głównego czwartorzędowego poziomu wodonośnego



Rys. 5. Rozkład wartości wodoprzewodności głównego trzeciorzędowego poziomu wodonośnego

4. KONTAKTY HYDRAULICZNE

Opracowanie wymienionych map stwarza podstawy do analizy kontaktów hydraulicznych pomiędzy opisywanymi poziomami wodonośnymi, a ponadto mapy te dostarczają niezbędnych, przy wyznaczaniu zasobów dyspozycyjnych, danych dotyczących wodonośności. Zarówno kierunki przepływu wód podziemnych przez okna hydrogeologiczne jak i ich ilość, są istotnym elementem systemu krążenia wód podziemnych.

Obszary, na których stwierdzono występowanie bezpośrednich kontaktów hydraulicznych pomiędzy głównymi poziomami wodonośnymi czwartorzędu i trzeciorzędu zlokalizowane są w bezpośredniej bliskości doliny kopalnej rozciągającej się od Kędzierzyna-Koźla do Rybnika, a dokładniej w rejonie Zakładów Azotowych na południowy-wschód od Kędzierzyna-Koźla, a także w okolicy jeziora Rybnickiego na północny-zachód od Rybnika. Dodatkowo okna hydrogeologiczne można stwierdzić w miejscu występowania dolin kopalnych na południowy-wschód od Raciborza. Geneza powstania okien hydrogeologicznych na wszystkich wymienionych obszarach jest związana z pow-

staniem czwartorzędowych dolin erozyjnych, którymi odprowadzane były wody peryglacialne podczas zlodowacenia Odry [4]. Kształtujące się doliny erozyjne powodowały rozcięcie trzeciorzędowych warstw wodonośnych, a następnie w obrębie samych dolin dochodziło do akumulacji osadów fluwioglacjalnych [14] tworząc w efekcie kontakty hydrauliczne pomiędzy wodonośnymi utworami czwartorzędu i trzeciorzęd.

Na obszarze występowania okien hydrogeologicznych zlokalizowanych na południowy-wschód od Kędzierzyna-Koźla prowadzona jest eksploatacja wód podziemnych poprzez liczne ujęcia, które czerpią zarówno wody z utworów czwartorzędowych jak i trzeciorzędowych. Ponadto w tym rejonie zlokalizowana jest kopalnia piasków odwadniana systemem rowów, do której średnie dopływy wynoszą około 30000 m³/rok [1]. Zwierciadło wód podziemnych w odwadnianym przez wyrobisko poziomie wodonośnym ma charakter swobodny, jednakże poziom ten posiada kontakty hydrauliczne z poziomami głębszymi co stanowi potencjalne możliwości szczyptywania zasobów innych poziomów wodonośnych.

5. WNIOSKI

Wykreślone na podstawie interpolacji, powiązanej z analizami statystycznymi, mapy stropów i spągów głównych poziomów wodonośnych czwartorzędu i trzeciorzęd na obszarze regionu wodnego Górnej Odry, pozwoliły na stworzenie modelu regionalnej budowy przestrzennej wymienionych poziomów. Opracowana budowa przestrzenna poziomów wodonośnych połączona z opisem ich parametrów hydraulicznych dała podstawy do wykreślenia map wodoprzewodności. Wykreślone mapy wodoprzewodności obrazują obszary o potencjalnie dużej możliwości wykorzystania wód podziemnych. Większość obszarów o wysokich wartościach wodoprzewodności aktualnie stanowi istotne źródło wody dla celów komunalnych i przemysłowych, jednak wykonane mapy obrazują dodatkowo potencjalnie możliwe do wykorzystania, w przyszłości, obszary pozyskiwania wód podziemnych.

Na podstawie wykonanego modelu przestrzennego możliwe jest prześledzenie wzajemnych relacji pomiędzy czwartorzędowym i trzeciorzędowym głównym poziomem wodonośnym, zwracając szczególną uwagę na obszary występowania okien hydrogeologicznych, których lokalizacja jest związana z czwartorzędowymi dolinami kopalnymi. Lokalizacja okien hydrogeologicznych powinna zostać w szczególności uwzględniona przy wyznaczaniu regionalnych zasobów dyspozycyjnych aby m.in. nie dopuścić do nadmiernego szczyptywania wód podziemnych jednego z poziomów wodonośnych poprzez studnie ujmujące wody podziemne innego poziomu, a zwłaszcza w przypadku skupionego poboru wód podziemnych.

Artykuł powstał na bazie materiałów gromadzonych w ramach Dokumentacji hydrogeologicznej ustalającej zasoby dyspozycyjne wód podziemnych regionu wodnego Górnej Odry, realizowanej w konsorcjum z Przedsiębiorstwem Geologicznym we Wrocławiu PROXIMA S.A. (liderem konsorcjum). Szczególne podziękowania składam mgr Annie Niedworok za dużą pomoc w realizacji dokumentacji hydrogeologicznej.

Opracowanie wykonano na zamówienie Ministra Środowiska za środki finansowe wypłacone przez Narodowy Fundusz Ochrony Środowiska i Gospodarki Wodnej (Umowa Wykonawcza Nr 1/08-038).

PIŚMIENNICTWO

- [1] Godlewski Z., Napierała K., Szczepanik P.: Dokumentacja hydrogeologiczna dla złoża Kotlarnia – Pole Północne. Poltegor – projekt Sp. z o.o., Wrocław 1996.
- [2] Goldsztejn P., Skrzypek G.: Wykorzystanie metod interpolacji do numerycznego kreślenia map powierzchni geologicznych na podstawie nieregularnych danych. *Przegląd Geologiczny*, 52, 233-236, 2004.
- [3] Hermanowski P., Piotrowski J.A.: Drenaż subglacialny i jego wpływ na dynamikę lobu Odry zlodowacenia Wisły. *Przegląd Geologiczny*, 57, 504-512, 2009.
- [4] Jahn A.: Wysoczyzna Głubczycka. *Studia Geograficzno-fizyczne z obszaru Opolszczyzny*, Szczepankiewicz S. (red.), 5-15. Instytut Śląski, Opole 1968.
- [5] Kazimierski B.: Metodyczne aspekty ustanawiania zasobów dyspozycyjnych wód podziemnych. Materiały sympozjum „Gospodarowanie zasobami wód podziemnych”, 79-85. Wyd. PZLiTS, Częstochowa 2002.
- [6] Kleczkowski A.S.: Wielopoziomowość wód podziemnych w rynn timer czwartorzędowej na przedpolu Karpat (rejon Rybnik, Kędzierzyn, Opole). *Współczesne Problemy Hydrogeologii Regionalnej*, Jachranka 12-14 grudnia 1980. Warszawa 1980.
- [7] Kondracki J.: *Geografia regionalna Polski*. PWN, Warszawa 1998.
- [8] Kotlicka G.N.: Neotektonika doliny górnej Odry. *Biuletyn Instytutu Geologicznego*, 321. Warszawa 1981.
- [9] Kotlicki S., Mojski J.E.: *Objaśnienia do Mapy Geologicznej Polski w skali 1: 200 000* (arkusz Gliwice). Wydawnictwo Geologiczne, Warszawa 1980.
- [10] Kowalczyk A.: Formowanie się zasobów wód podziemnych w utworach węglanowych triasu śląsko-krakowskiego w warunkach antropopresji. Wydawnictwo Uniwersytetu Śląskiego, Katowice 2003.
- [11] Macioszczyk, T.: Rola przypowierzchniowych poziomów wodonośnych w formowaniu i modelowaniu zasobów wielowarstwowych systemów hydrogeologicznych. *Współczesne Problemy Hydrogeologii VIII*, Górski J. & Liszkowska E. (red.), 91-94. Wrocław 1997.
- [12] Paczyński B., Macioszczyk T., Kazimierski B., Mitreęa J.: Ustalanie dyspozycyjnych zasobów wód podziemnych. *Poradnik metodyczny*. Wyd. 1. MOŚZNiL, Warszawa 1996.
- [13] Rózkowski A.: Przyrodniczy model hydrogeologiczny Górnośląskiego Zagłębia Węglowego. *Współczesne Problemy Hydrogeologii X*, Bocheńska T. & Staško S. (red.), t. 1, 79-88. Wrocław 2001.
- [14] Salamon T.: Relationship between morphology and glaciomarginal deposition in the foreland area of the Opava Mountains (S Poland). *Geological Quarterly*, 52, 143-156, 2008.
- [15] Staško S.: Modele wielowarstwowe czy zespolone? Doświadczenia w trakcie modelowania zlewni Łupawy i obszaru oleśnicko-nieciszwowskiego. *Acta Universitas Wratislaviensis. Hydrogeologia. Modelowanie przepływu wód podziemnych*, Gurwin J. & Staško S. (red.), 2729, 253-269. Wydawnictwo Uniwersytetu Wrocławskiego, Wrocław 2004.

- [16] Szklarczyk T., Witczak S., Nałęcki P.: Model hydrogeologiczny subniecki kędzierzyńsko-głubczyckiej (GZWP 332) jako przykład złożonego systemu krążenia wód podziemnych. Acta Universitatis Wratislaviensis. Hydrogeologia. Modelowanie przepływu wód podziemnych, Gurwin J. & Staśko S. (red.), 2729, 253-269. Wydawnictwo Uniwersytetu Wrocławskiego, Wrocław 2004.
- [17] Witczak S., Szklarczyk T., Kmieciak E., Szczepańska J., Zuber A., Różański K., Duliński M.: Hydrodynamic modelling, environmental tracers and hydrochemistry of a confined sandy aquifer (Kędzierzyn-Głubczyce Subtrough, SW Poland). Geological Quarterly, 51: 1-16, 2007.