

SZACUNKOWA MOC CIEPLNA WÓD PODZIEMNYCH Z KENOZOICZNYCH POZIOMÓW WODONOŚNYCH NA BLOKU PRZEDSUDECKIM

EVALUATION OF THERMAL ENERGY FOR GROUNDWATER IN THE CENOZOIC AQUIFER OF THE FORE-SUDETIC BLOCK

SEBASTIAN BUCZYŃSKI¹

Abstrakt. W artykule zaprezentowano metodę szacowania wartości mocy cieplnej wody, ze szczególnym uwzględnieniem wody wydobywanej z ujęć komunalnych. Podstawowy parametr dla uzyskanych wyników stanowiła policzona temperatura wody podziemnej, która posłużyła do stworzenia map hydrotermicznych. Zastosowanie tej metody zaprezentowano na przykładzie kenozoicznych poziomów wodonośnych na bloku przedsudeckim. Na podstawie empirycznych wzorów spotykanych w literaturze oraz regionalnych danych klimatycznych i hydrogeologicznych, policzono przybliżoną moc cieplną możliwą do uzyskania przy użyciu sprężarkowych pomp ciepła z płytkich (o głębokości nieprzekraczającej 360 m) wód podziemnych. Według szacunkowej oceny, ilość mocy cieplnej możliwa do uzyskania na tym terenie wynosi ponad 147 MW. Jednak zasoby te rozłożone są nierównomiernie, dlatego też w artykule wytypowano obszary szczególnie korzystne do pozyskania mocy cieplnej dla celów grzewczych, ekonomicznie opłacalnej głównie dla niewielkich inwestycji, jak osiedla, domy jednorodzinne, domy wczasowe, szpitale, budynki biurowe, szkoły itp.

Słowa kluczowe: pompy ciepła, niska entalpia, energia cieplna, ujęcia wód podziemnych.

Abstract. The temperature of groundwater was used to produce hydrothermal maps of the Cenozoic aquifer in the Fore-Sudetic Block and to evaluate water thermal energy with special emphasis on the municipal groundwater intake. Based on empiric equations and regional climate-hydrogeologic data the approximate thermal energy was determined for the compressor heat pumps extracting shallow groundwater from depths of < 360 m in this aquifer. Although the results suggest that the value of thermal energy may reach above 147 MW in the study area, the admissible volume of extracted groundwater appears to be spatially inhomogeneous. In order to select the areas with the most promising heating power, the water thermal energy was calculated for the individual municipal intakes such as residential and recreation areas, hospitals, offices and schools.

Key words: heat pumps, low enthalpy, thermal energy, groundwater intakes.

WSTĘP

Na przestrzeni ostatnich 50 lat badania hydrogeologiczne prowadzone w obrębie bloku przedsudeckiego wniosły wiele cennych informacji na temat warunków hydrogeologicznych i składu chemicznego wód podziemnych. Jak dowiodły wczesne prace Różyckiego (1955, 1958, 1969) oraz późniejsze innych autorów (Bocheńska i in., 1989; Gurwin, 1995;

Kryza, 1995; Paczyński, red., 1995; Bocheńska, Poprawski, 1998) w obrębie bloku przedsudeckiego, pomimo zakwalifikowania go do obszarów słabo zawodnionych, występują obszary posiadające znaczne zasoby wód podziemnych. Dla 754 studni zatwierdzono blisko 31 500 m³/h zasobów eksploatacyjnych. Wyliczenia te, wraz z obserwacjami

¹ Instytut Nauk Geologicznych, Uniwersytet Wrocławski, pl. M. Borna 9, 50-204 Wrocław; e-mail: sebastian.buczynski@ing.uni.wroc.pl

tendencji zachodzących w gospodarce wodami podziemnymi (Buczyński, Staško, 2004), jak i badaniami geotermicznymi (Downorowicz, 1983; Kapuściński, Rodzoch, 2006; Olichwer, Tarka, 2005), mogą stanowić podstawę do obliczeń mocy cieplnej ujęć eksploatujących wody o temperaturze do 20°C. Temperaturę 20°C przyjęto jako granicę umowną pomiędzy wodami termalnymi i niskotemperaturowymi. Wynika to z relacji do temperatury ciała ludzkiego i możliwości wykorzystania wód do celów balneologicznych (Dowgiało, Karski, Potocki, 1969). Ponadto, temperatura ta jest formalnie przyjętą granicą, od której *Prawo geologiczne i górnictwo* uznaje wody podziemne za termalne.

Wykorzystanie mocy cieplnej z wód o temperaturze do 20°C jest szczególnie ważne w świetle prawa i strategii rozwojowej krajów członkowskich UE, dla których przyjęto ogólne założenia i cele rozwoju odnawialnych źródeł mocy (COM(97)599, 1997). Zakładają one zwiększenie udziału energii ze źródeł odnawialnych w zużyciu energii pierwotnej

do 7,5 lub 12% w 2010 roku oraz do 14 lub 20% w roku 2020. Udział energii geotermalnej w pokryciu zapotrzebowania na ciepło użytkowe na tle innych odnawialnych źródeł energii, takich jak biomasa i energia słoneczna, wynosi zaledwie 0,15%, jednak ten udział do 2020 roku powinien zwiększyć się 6-krotnie. Przyjmuje się również, że dzięki szybkiemu rozwojowi gruntowych pomp ciepła produkcja energii cieplnej z wód podziemnych o niskiej temperaturze wyniesie 2500 MW rocznie (Kapuściński, Rodzoch, 2006).

W artykule zaprezentowano metodę szacowania wartości mocy cieplnej wody ze szczególnym uwzględnieniem wody wydobywanej z ujęć komunalnych. Policzono również szacunkową moc cieplną możliwą do uzyskania z wody podziemnej przy użyciu sprężarkowych pomp ciepła. Na terenie bloku przedsubdeckiego istnieje znaczna ilość studni porzuconych, dlatego obliczenia wykonano dla dwóch grup.

Grupę pierwszą stanowią szacunkowe zasoby mocy cieplnej dla zatwierdzonych zasobów eksploatacyjnych

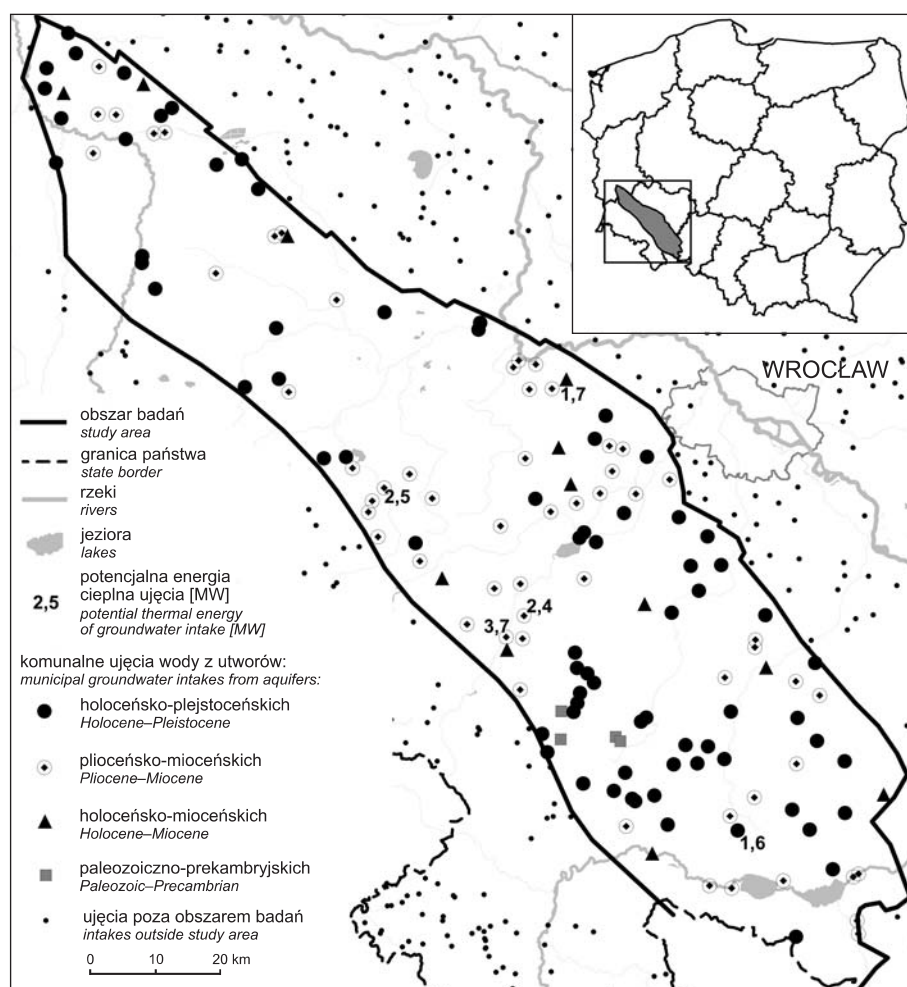


Fig. 1. Lokalizacja komunalnych ujęć wód podziemnych na obszarze badań ze szczególnym uwzględnieniem ujęć z największą mocą cieplną (>1,5 MW)

Location of the municipal groundwater intakes and the highest thermal energy (>1.5 MW) in the study area

wszystkich studni na bloku przedsudeckim (rozd. *Szacunkowe zasoby mocy cieplnej dla zatwierdzonych zasobów eksploatacyjnych* ...). Grupę tą podzielono na poszczególne poziomy wodonośne, tj. poziom holoceno-plejstoceni i poziom plioceńsko-mioceni. Wykonano dla nich m.in. mapy szacunkowej mocy cieplnej ujęć.

Do drugiej grupy włączono tylko studnie eksploatowane na komunalnych ujęciach wielo- lub jednootworowych (rozd. *Szacunkowe zasoby mocy cieplnej dla ujęć komunalnych* ...). W przypadku tej grupy, moc cieplną policzono również dla poszczególnych poziomów wodonośnych (holoceno-plejstoceni i plioceńsko-mioceni). Do obliczeń włączono także ujęcia eksploatujące wodę z dwóch poziomów jednocześnie (ujęcia holoceno-mioceni) (fig. 1). Obliczenia mocy cieplnej wykonano dla zasobów eksploatacyjnych ujęcia oraz dla ilości wody aktualnie pobieranej.

Wykorzystanie energii cieplnej z ujęć komunalnych może korzystnie wpłynąć na jakość wód, ponieważ schładzanie wody przez pompy ciepła może prowadzić do poprawy jej jakości. W rurociągach transportujących wodę przy jej schłod-

zeniu ewentualne zjawiska gnicia materii organicznej są mniej intensywne lub mogą zaniknąć (Dojlido, 1995; Kłojzy-Kaczmarczyk, Kaczmarczyk, 2003). Również obniżenie temperatury wody w wodociągu może ograniczyć zjawisko awarii sieci w okresie zimowym, ponieważ przemarzający grunt w zetknięciu ze stosunkowo ciepłą magistralą przesyłową może powodować jej pęknięcie.

Zestawione w artykule wartości mocy cieplnych są szacunkowe i niewątpliwie obciążone błędami. Jednak te przybliżone oceny zasobów mocy cieplnej, przy zakładanej decentralizacji gospodarki energią i wprowadzaniu, tam gdzie jest to możliwe, małych i ekologicznie bezpiecznych ciepłowni wykorzystujących odnawialne źródła energii (Górecki, red., 2006), mogą posłużyć jako dane wyjściowe do wytypowania optymalnych stref dla pozyskania energii cieplnej z wód podziemnych przy użyciu sprężarkowych pomp ciepła. Pokreślić należy, że w wytypowanych obszarach w celu uszczegółowienia wyników wymagane jest wykonanie dokładnych pomiarów temperatury wód podziemnych w terenie.

WARUNKI HYDROGEOLOGICZNE I STRUMIEŃ CIEPLNY

O przebiegu granic i rejonizacji wewnętrznej subregionu sudeckiego przesądają łatwo czytelne morfometryczne i geologiczne relacje między tektoniką starszego skonsolidowanego podłoża krystalicznego oraz młodą pokrywą skał osadowych wieku kenozoicznego. Na przedpolu Sudetów główne wodonośne poziomy użytkowe występują w obrębie rozległych kenozoicznych struktur przedgórskich typu rowów, paleodelt oraz dolin rzecznych (Kowalski, 1989; Kryza, 1995). Miąższość utworów kenozoicznych w granicach bloku przedsudeckiego przekracza lokalnie 800 metrów, a w następstwie bardzo złożonej budowy geologicznej, warunki hydrogeologiczne na tym obszarze ukazują dużą różnorodność. Przejawia się to szczególnie w wykształceniu warstw i utworów wodonośnych. Warstwowa budowa osadów wypełniających struktury depresyjne zaburzona jest przez liczne uskoki, co powoduje przemieszczanie się warstw i tworzenie mniejszych struktur o różnej przepuszczalności. Dodatkowo zmienność litologiczna w profilu poziomym i pionowym utrudnia ustalenie ciągłości warstw (Różycki, 1975; Malinowski, red., 1991).

POZIOM HOLOCENO-PLEJSTOCENSKI

W utworach młodszego neogenu (holocen-plejstocen) można wyróżnić dwa poziomy wodonośne. Poziom górny występuje powszechnie i ma miąższość około 5–15 metrów, związany jest zarówno z młodoplejstoceni i holoceni systemem sieci rzecznej, jak i z utworami fluwioglacjalnymi o charakterze pokrywowym lub międzymorenowym (wodnolodowcowe i rzeczne piaski oraz żwiry, często zailone lub pylaste, występujące pod cienką warstwą glin).

Lokalnie osady plejstoceni-holoceni zalegają także w obrębie zwietrzelin w rejonie płytkiego występowania utworów krystalicznych (Dyjor, Kuszel, 1977; Dyjor, 1987, 1995; Piwocki, Olszewska, 1996).

W górnym poziomie, ze względu na zróżnicowanie, wyróżnić można dwa typy zbiorników. Zbiorniki pierwszego typu występują w piaszczysto-żwirowych utworach aluwialnych rzek (Bobru, Nysy Kłodzkiej i Bystrzycy). Wody tego zbiornika charakteryzuje na ogół zwierciadło swobodne. Drugi typ zbiornika tworzą żwirowo-piaszczyste osady fluwioglacjalne plejstocenu, znajdujące się na zboczach dolin i na wysoczyznach. Wody te występują w soczewkach oraz wkładkach żwirów i piasków o miąższości 3–11 metrów, zalegających na głębokości do 15 metrów (Kryza i in., 1989; Kryza, 1995; Krawczyk, Dendewicz, 1997; Przylibski, red., 2007). Lokalnie warstwy wodonośne przykryte są glinami zwałowymi, dlatego też mają charakter słabo naporowy (5–6 m), lokalnie w rejonie Kamieńca Żąbkowickiego do 15 m.

Najkorzystniejsze warunki występowania zawodnionych utworów związane są jednak z dolnym poziomem wodonośnym, tj. systemem kopalnych dolin staroplejstoceni sieci rzecznej o przebiegu SE–NW (Dendewicz, Krawczyk, 1989; Kryza i in., 1989; Krawczyk, Dendewicz, 1997). Do największych plejstoceni dolin kopalnych na badanym obszarze należą pradoliny: Białej Głuchołaskiej w rejonie Nysy–Przeworna, Nysy Kłodzkiej koło Barda–Ziębic–Białego Kościoła–Kondratowic, Piławy koło Dzierżoniowa, Uciechowa, Kiełczyna, Białobrzezia i Borowa oraz Bystrzycy w rejonie Świdnicy–Mietkowa (Dyjor, 1995; Przylibski, red., 2007).

W utworach plejstoceni-holoceni występuje zwykle jeden lub dwa użytkowe poziomy wodonośne. Zasilanie wód tego piętra odbywa się przeważnie na drodze infiltracji

wód opadowych, lokalnie w wyniku dopływu wód naporowych z wodonośnych utworów neogenu lub z podłoża krystalicznego. Zwierciadło wód podziemnych kształtuje się zazwyczaj na głębokości kilku-, kilkunastu metrów.

Holoceno-mioceno plejstoceno poziomy wodonośny charakteryzują się wartościami współczynnika filtracji od kilku do kilkuset metrów na dobę. Przewodność hydrauliczna użytkowego piętra wodonośnego zmienia się od 10 do kilkuset m^2/d (Przylibski, red., 2007). Wydajności z otworów ujmujących wody poziomu holoceno-mioceno plejstoceno wahają się od kilku do kilkudziesięciu m^3/h (w pojedynczych przypadkach do 100 m^3/h). Dla utworów tego poziomu zatwierdzono zasady w ilości 14 724 m^3/h (379 studni).

POZIOM PLIOCEŃSKO-MIOCEŃSKI

Etap sedymentacji palogeońskiej na obszarze bloku przedsudeckiego nie jest udokumentowany seriami osadowymi. Pierwszy cykl sedymentacji neogeońskiej datuje się na przełom oligocenu i miocenu (Dyjur, Kuszel, 1977; Dyjur, 1995), kiedy to w przedgórskim rowie Roztoki–Mokreszowa wykształciły się niewielkie pokrywy osadów górnooligoceno. Jednak poziom wodonośny tworzą przede wszystkim utwory miocenu i pliocenu, które sedymentowały w formie stożków napływowych, tworząc często rozległe pokrywy osadów gruboklastycznych związanych z układem poszczególnych rzek (Dyjur, Kuszel, 1977; Dyjur, 1987, 1995; Piwocki, Olszewska, 1996). Poziom plioceno-mioceno, składający się nawet z sześciu warstw wodonośnych (rejon Świdnicy), zbudowany jest głównie z piaszczysto-żwirowych utworów miocenu o charakterze warstw lub soczew w obrębie dominującego kompleksu ilastego. Miąższości warstw wodonośnych wynoszą zwykle 10–30 m. Stwierdzone w rejonie Świdnicy maksymalne miąższości przekraczają nawet 80 m, a w rowie Paczkowa mogą osiągać 100–150 m. Wodonośne utwory poziomu plioceno-mioceno charakteryzują się zróżnicowanymi, często jednak małymi wartościami współczynnika filtracji, najczęściej w przedziale 1–10 m/d , lokalnie 20 m/d . Wydajności studni uzyskiwane z poziomów neogeońskich zmieniają się w znacznym zakresie, od 1 do nawet 120 m^3/h . Maksymalne wydajności uzyskuje się w rejonie Świdnicy i Dzierżoniowa. Przeważnie jednak dominują wydajności od 10 do 70 m^3/h , przy depresjach od kilku do kilkunastu metrów. Największe wydatki jednostkowe, powyżej 7 $\text{m}^3/\text{h}\cdot\text{1 m}$ depresji, są charakterystyczne dla okolic Jawora, Jaworzyny Śląskiej, Świdnicy i Otmuchowa (Przylibski, red., 2007).

Charakter kontaktów hydraulicznych pomiędzy poszczególnymi piętrami kenozoiku oraz krystalicznym podłożem jest przedmiotem dyskusji. Przypuszcza się, że poziom plioceno-mioceno może pozostawać w kontakcie hydraulicznym z wodami holoceno-mioceno plejstoceno poziomu rynnowego struktur kopalnych, jak i z niżej zalegającym kompleksem paleozoiczo-prekambryjskim bloku przedsudeckiego (Krawczyk, Dendewicz, 1997).

STRUMIEŃ CIEPLNY

Niestety blok przedsudecki zaliczony do okręgu geotermalnego sudecko-świętokrzyskiego (Sokołowski i in., 1987–2008 *W*: Zimny i in., 2008) uchodzi za obszar słabo rozpoznany pod względem geotermalnym (Przylibski, red., 2007). Jest to widoczne zwłaszcza na tle subbasenów podhalańskiego, grudziącko-warszawskiego, mogileńsko-lódzkiego czy szczecińsko-wągrowieckiego (Zimny i in., 2008). Jednak wydzielone przez Dowgiałę (2000, 2001), z sudeckiego regionu geotermicznego, subregiony legnicki i świdnicko-niemodliński należy traktować, ze względu na wzrastającą ku NE gęstość powierzchniowego strumienia ciepłego oraz nawiercone w Grabinie wody termalne, jako szczególnie perspektywiczne dla poszukiwań zasobów geotermicznych dla celów grzewczych, leczniczych i rekreacyjnych (Paczyński, Sadurski, red., 2007). Rozkład gęstości strumienia ciepłego wg Bruszewskiej (2000) na przeważającej części bloku przedsudeckiego mieści się w przedziale 50–60 mW/m^2 . Najniższe wartości (25–40 mW/m^2) zanotowano w SE części bloku, pomiędzy Ząbkowicami Śląskimi a Prudnikiem oraz w rejonie Środy Śląskiej–Strzegomia (<50 mW/m^2). Z rozkładów temperatur w profilu pionowym na głębokości 500 metrów wynika, że temperatury wzrastają w kierunku północnym i północno-wschodnim od około 18 do prawie 28°C (Bruszevska, 2000). Na podstawie tego rozkładu gradient temperatury na obszarze bloku przedsudeckiego wynosi od około 2 do 2,5°C/100 m. Podobnie przedstawia się rozkład gęstości strumienia ciepłego wg Dowgiały (2001), który proponuje wyodrębnić sudecki region geotermiczny jako oddzielną jednostkę bilansową.

Nieco wyższe wartości strumienia ciepłego na bloku przedsudeckim, w przedziale od 80 do 90 mW/m^2 , przedstawia najnowsza praca Szewczyka i Gientki (2009), a rozkład przestrzenny strumienia ciepłego wyraźnie wzrasta od uskoku sudeckiego brzeżnego w kierunku uskoku Odry.

METODYKA

Moc cieplna jest podstawowym kryterium decydującym o możliwościach wykorzystania ujęcia do celów ciepłowniczych. Poza współczynnikiem efektywności pomp ciepła, moc ta zależy przede wszystkim od czynników przyrodniczych –

temperatury wody i wydajności studni. Podstawą metodyczną opracowania były wzory empiryczne spotykane w literaturze oraz warstwy informacyjne, których to kompilacja wykonana w programie MapInfo i Surfer pozwoliła oszacować moc

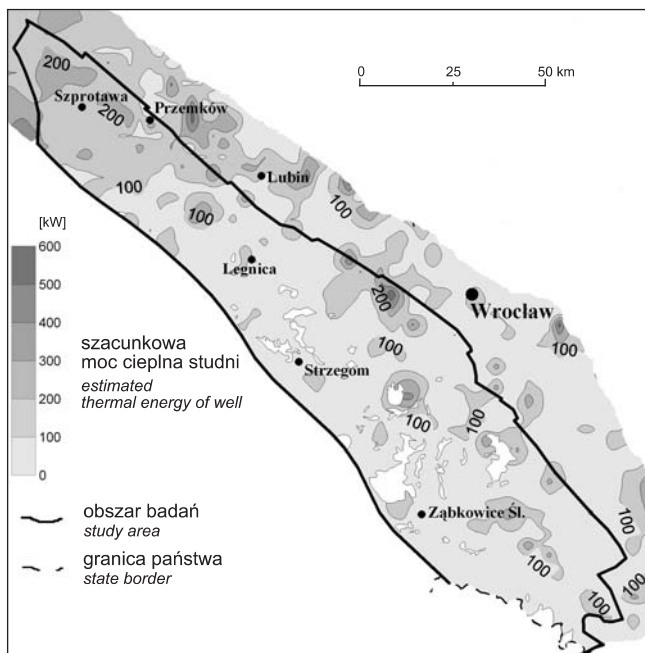


Fig. 2. Szacunkowa moc cieplna studni [kW] ujmujących wodę z poziomu holoceno-plejstoceniowego na bloku przedsudeckim

Estimated thermal energy for wells [kW]
in the Fore-Sudetic Block
within the Holocene-Pleistocene aquifer

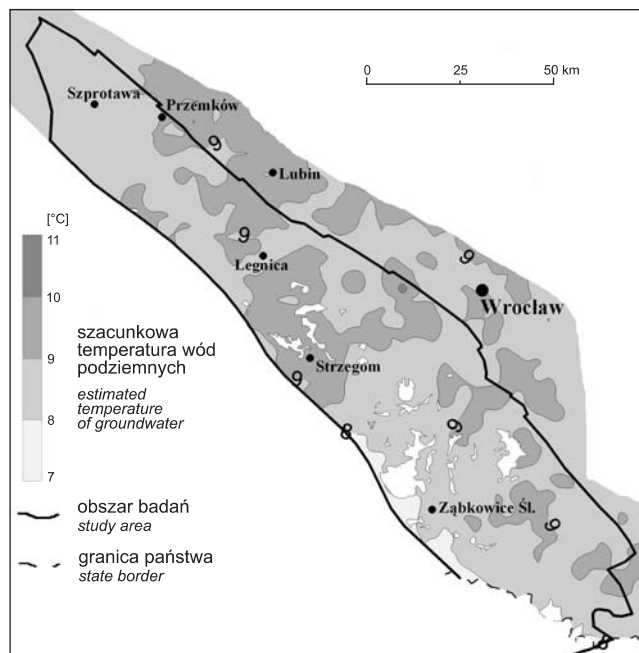


Fig. 3. Szacunkowa temperatura wód podziemnych [°C] poziomu holoceno-plejstoceniowego na bloku przedsudeckim

Estimated groundwater temperature [°C]
in the Fore-Sudetic Block
within the Holocene-Pleistocene aquifer

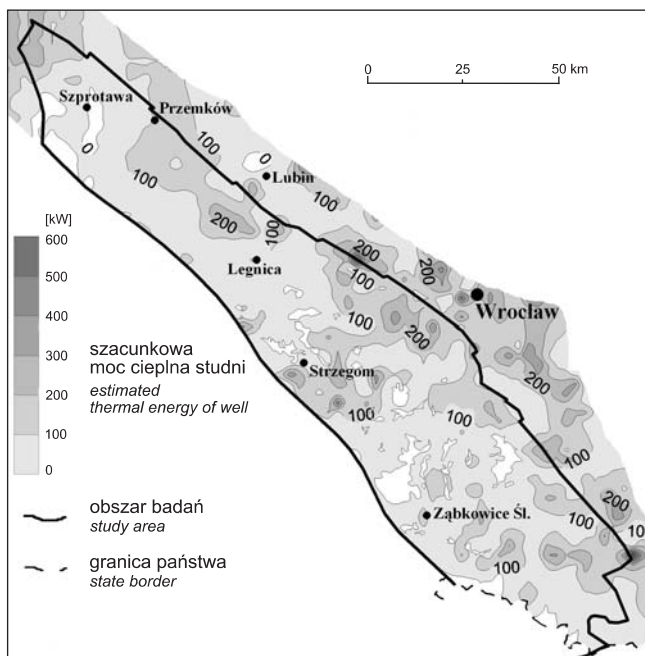


Fig. 4. Szacunkowa moc cieplna studni [kW] ujmujących wodę z poziomu plioceńsko-mioceniowego na bloku przedsudeckim

Estimated thermal energy for wells [kW]
in the Fore-Sudetic Block
within the Pliocene-Miocene aquifer

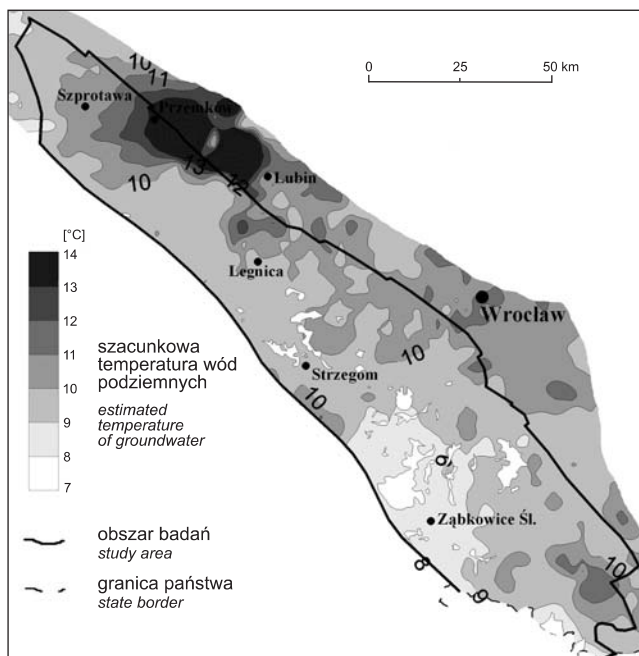


Fig. 5. Szacunkowa temperatura wód podziemnych [°C] poziomu plioceńsko-mioceniowego na bloku przedsudeckim

Estimated groundwater temperature [°C]
in the Fore-Sudetic Block
within the Pliocene-Miocene aquifer

wpływ ma wydajność studni niż temperatura wód podziemnych. Świadczy o tym przestrzenny rozkład oszacowanej temperatury, wyjątkowo korzystny dla strefy o szerokości około 25 km i przebiegu SE–NW od Strzegomia przez Legnicę po Przemków (fig. 3). W strefie tej temperatury wód mają powyżej 9°C. Jedynie w rejonie Wigańcic, Strzelina i Środy Śląskiej rozkład przestrzenny szacunkowej temperatury (>9°C – fig. 3) pokrywa się z rozkładem szacunkowej mocy cieplnej studni (fig. 2).

W przypadku poziomu plioceńsko-mioceńskiego do pozyskania mocy cieplnej ze studni optymalna jest północna i północno-zachodnia część bloku przedsudeckiego. W pasie równoległym do przebiegu uskoku środkowej Odry, od Legnicy do Przemkowa oraz na NNE od Żagania i na NNE od Nysy, szacunkowe moce cieplne studni wynoszą 100–200 kW, lokalnie powyżej 200 kW (fig. 4). Korzystny pod tym względem jest również pas o przebiegu SW–NE pokrywający się ze zlewnią Strzegomki i Bystrzycy oraz w rejonie Środy Śląskiej, gdzie można ze studni uzyskać powyżej 400 kW.

Rejon na SW od Przemkowa wypada tak korzystnie pod względem mocy cieplnej ze względu na głębokie występowanie zwierciadła wód podziemnych. Jest to spowodowane dużym lejem depresji występującym w poziomie plioceńsko-mioceńskim związanym z górnictwem rud miedzi. Zwierciadło wody nawiercono na głębokości około 330 m p.p.t., a znaczne wartości mocy cieplnej związane są z temperaturą wody wynoszącą około 17–18°C (fig. 5).

Na obszarze bloku przedsudeckiego znajduje się około 754 studni mogących eksploatować wody z warstw kenozoicznych, dla których zatwierdzono 31 453 m³/h zasobów eksploatacyjnych. Na utwory holoceno-plejstoceny przypada 46,81% zasobów wód podziemnych, a na plioceńsko-mioceńskie – 53,19% (Kryza, 1995). Średnia wydajność otworu studziennego ujmującego poziom plioceńsko-mioceński wynosi 44,9 m³/h i jest o 6 m³/h wyższa od średniej wydajności studni eksploatującej poziom holoceno-plejsto-

ceński ($Q_{sr} = 38,8 \text{ m}^3/\text{h}$). Przyjmując zgodnie z wykonanymi mapami (fig. 3, 5) średnią temperaturę wód podziemnych dla poziomu holoceno-plejstoceny – 8,5 °C i dla poziomu plioceńsko-mioceńskiego – 9,5 °C, otrzymujemy odpowiednio szacunkową moc cieplną dla poziomu holoceno-plejstoceny – 59 980 kW i poziomu plioceńsko-mioceńskiego – 87 618 kW.

SZACUNKOWE ZASOBY MOCY CIEPLNEJ DLA UJĘĆ KOMUNALNYCH NA BLOKU PRZEDSUDECKIM

Okolo 90% studni eksploatowanych obecnie w obrębie bloku przedsudeckiego należy do ujęć komunalnych, z których 144 eksploatuje wody z piętra kenozoicznego (fig. 1). Dla 74 z nich użytkowym poziomem wodonośnym jest holocen-plejstocen, dla 58 – pliocen-miocen. Na 12 ujęciach eksploatuje się łącznie poziom holoceno-plejstoceny oraz plioceńsko-mioceński (poziom holoceno-plejstoceny – tab. 1). Zasoby eksploatacyjne ujęć wynoszą odpowiednio 3048, 3556, 1368 m³/h, a rzeczywisty sumaryczny pobór wynosi 2523 m³/d, co daje 31,6% zasobów eksploatacyjnych.

Szacunkowa maksymalna moc, możliwa do uzyskania na ujęciach komunalnych eksploatujących najpłytszy holoceno-plejstoceny poziom wodonośny, wynosi 12 416 kW. W przypadku pozyskiwania mocy cieplnej tylko z wody eksploatowanej obecnie w celu zaspokojenia potrzeb komunalnych, z poziomu holoceno-plejstoceny można pozyskać 3744 kW (tab. 1). W przypadku poziomu wodonośnego plioceńsko-mioceńskiego możliwa do uzyskania moc cieplna wynosi od 5772 kW (dla ilości wody obecnie eksploatowanej) do 18 623 kW (dla całkowitych zatwierdzonych zasobów eksploatacyjnych).

Moce cieplne na poszczególnych ujęciach komunalnych eksploatujących poziom holoceno-plejstoceny wynoszą

Tabela 1

Szacunkowa moc cieplna zawarta w wodach podziemnych ujęć komunalnych na bloku przedsudeckim

Estimated thermal energy for the municipal groundwater intakes in the Fore-Sudetic Block

Poziom wodonośny	Zasoby eksploatacyjne [m ³ ·h ⁻¹]	Ilość aktualnie eksploatowanej wody [m ³ ·h ⁻¹]	Temperatura wody przyjęta do obliczeń [°C]	Moc cieplna dla zasobów eksploatacyjnych [kW]	Moc cieplna dla ilości aktualnie eksploatowanej wody [kW]
Holoceno-plejstoceny	3 048	919	8,5	12 416	3 744
Plioceno-mioceński	3 556	1 102	9,5	18 623	5 772
Holoceno-mioceński (oba poziomy łącznie)	1 368	502	9,0	6 370	2 337
Suma	7 972	2 523		37 409	11 853

od <1 do 1400 kW. W przypadku ujęć komunalnych, ujmujących wodę z poziomu plioceńsko-mioceńskiego moce cieplne wynoszą od 2,2 do 3666 kW, a z poziomu holoceno-mioceńskiego od 39 do 1687 kW. Z całej populacji komunalnych ujęć wód, 13 ujęć ma moc cieplną poniżej 10 kW, 40 ujęć – 10–50 kW, 21 ujęć – 50–100 kW.

Dla 75 ujęć stwierdzono szacunkowe moce cieplne przekraczające 200 kW.

Największe moce cieplne powyżej 1,5 MW stwierdzono w ujęciach w Świdnicy (3666 kW), Jaworze (2462 kW), Pszennie (2357 kW), Szczepanowie (1687 kW) i Nieszczowie (1615 kW) – [figura 1](#).

PODSUMOWANIE

Zagadnienia wykorzystania wód podziemnych do celów energetycznych są obecnie bardzo popularne. Świadczy o tym wzrastająca liczba publikacji, opracowań popularno-naukowych (Pająk, Bujakowski, 2000; Uliasz-Misiak, Hołojuch, 2000; Kłojzy-Karczmarczyk, Karczmarczyk, 2003), konferencji i projektów badawczych realizowanych na terenie kraju. Zaprezentowana w artykule metoda szacowania wartości mocy cieplnej wód podziemnych bazuje na wzorach empirycznych spotykanych w literaturze oraz mapach stanowiących poszczególne warstwy informacyjne niezbędne do obliczeń. Zastosowanie tej metody, ze względu na niedokładności wynikające z przetwarzania małoskalowych map zawartych w różnych opracowaniach oraz szacowanie temperatury wód podziemnych oparte na wzorze, jest dalekie od dokładności. Dlatego też, wartości mocy cieplnych poszczególnych studni lub ujęć, w przypadku wykonania szczegółowych pomiarów temperatury wód podziemnych w terenie, wymagają uaktualnienia.

Próba oszacowania przy pomocy opisanej metody mocy cieplnej studni eksploatujących wody na terenie bloku przedsudeckiego wykazała, że przy dzisiejszym rozpoznaniu zasobów wód oraz zastosowaniu sprężarkowych pomp ciepła można uzyskać ponad 147 MW z płytkich poziomów kenozoicznych (60 MW – poziom holoceno-mioceński; 87,6 MW – poziom plioceńsko-mioceński). Powyższa ilość mocy, zgodnie z normą PN-82/B-02403 oraz normą PN-B-03406:1994 ustalającą obliczanie zapotrzebowania na

ciepło pomieszczeń o kubaturze do 600 m³, pozwoliłoby na zapewnienie temperatury 20°C pomieszczeniom o powierzchni prawie 1 200 000 m². Obliczenia te wykonano dla pomieszczeń o wysokości 2,5 m, temperaturze zewnętrznej –18°C i zapotrzebowaniu budynku na ciepło w wysokości 1,3 W/m³K.

Pozyskanie mocy cieplnej z wody aktualnie eksploatowanej tylko przez komunalne ujęcia wód pozwoliłoby uzyskać blisko 12 MW mocy. Natomiast wykorzystanie całkowitej mocy dostępnej w ramach zatwierdzonych zasobów eksploatacyjnych studni, należących do ujęć komunalnych na bloku przedsudeckim, zwiększyłoby moc instalacji grzewczych o 37 MW. Zwiększyłoby to moc grzewczą zainstalowanych w Polsce pomp ciepła o 20,5% do około 217 MW.

Należy zauważyć, że wykonywanie dodatkowych studni i ich eksploatacja w niektórych rejonach bloku przedsudeckiego (w sąsiedztwie oddziaływania górnictwa rud miedzi) jest niewskazana. Ze względu na duże zmiany hydrodynamiczne i hydrogeochemiczne zachodzące w środowisku w tym rejonie zalecane jest wykorzystanie do celów energetycznych wód pokopalnianych i wód eksploatowanych do celów komunalnych na istniejących ujęciach.

Na szczególną uwagę zasługuje także prognozowanie dynamiki zmian warunków geotermicznych, zwłaszcza że w trakcie użytkowania pomp ciepła mogą ulec zmianie w skali lokalnej naturalne układy krążenia wód podziemnych.

LITERATURA

- BOCHEŃSKA T., LUBCZYŃSKI M., SZCZEPIŃSKI J., 1989 — Kilka uwag o możliwościach odnawiania wód podziemnych w rejonie Świdnicy. Problemy hydrogeologiczne południowo-zachodniej Polski. *Pr. Nauk. Inst. Geotech. PWroc*, 58 *Konferencje*, 29: 19–24.
- BOCHEŃSKA T., POPRAWSKI L., 1998 — Kenozoiczne zbiorniki wód podziemnych rejonu Lubin–Głogów. *Acta Univ. Wratisl.*, 2019.
- BRUSZEWSKA B., 2000 — Warunki geotermiczne Dolnego Śląska. *Prz. Geol.*, 48: 639–643.
- BUCZYŃSKI S., STAŠKO S., 2004 — Zmiany i tendencje zachodzące w gospodarce wodami podziemnymi na terenie Dolnego Śląska na przykładzie zlewni Bystrzycy. *W: Geologiczne i środowiskowe problemy gospodarowania i ochrony doliny górnej i środkowej Odry: 165–176*. Państw. Inst. Geol., Wrocław.
- COM(97)599, 1997 — Energy for the future: Renewable sources of energy. White paper for a community strategy and action plan: 1–54.
- DENDEWICZ A., KRAWCZYK J., 1989 — Perspektywiczne struktury wodonośne w niecce wrocławskiej. *Konf: Alternatywne źródła zaopatrzenia Wrocławia w wodę*, Wrocław: 25–31.
- DOJLIDO J., 1995 — Chemia wód powierzchniowych. Wyd. EiŚ, Białystok.
- DOWGIAŁŁO J., 2000 — The Sudetic geothermal region of Poland new findings and further prospects. *Proceedings World Geothermal Congress 2000: 1089–1094*. Kyushu–Tohoku, Japan, May 28–June 10, 2000.
- DOWGIAŁŁO J., 2001 — Sudecki Region Geotermiczny (SGR) – określenie, podział, perspektywy poszukiwawcze. *W: Współczesne problemy hydrogeologii*, 10, 1: 301–308. Inst. Nauk Geol. UWroc., Wrocław.

- DOWGIAŁŁO J., KARSKI A., POTOCKI I., 1969 — Geologia surowców balneologicznych. Wyd. Geol., Warszawa.
- DOWNOROWICZ S., 1983 — Geotermika złoża rud miedzi monokliny przedsudeckiej. *Pr. Inst. Geol.*, **106**.
- DYJOR S., 1987 — Systemy kopalnych dolin Polski zachodniej i fazy ich rozwój w młodszym neogenie i eoplejstocenie. Problemy młodszego neogenu i eoplejstocenu w Polsce: 85–101. Zakład Narodowy im. Ossolińskich, Wrocław.
- DYJOR S., 1995 — Rozwój kenozoiku na bloku przedsudeckim. Przewodnik LXVI Zjazdu PTG: 29–40. Wydanie spec. *Ann. Soc. Geol. Pol.*, Wrocław.
- DYJOR S., KUSZEL T., 1977 — Neogeńska i czwartorzędowa ewolucja rowu tektonicznego Roztoki–Mokreszowa. *Geol. Sudet.*, **12**, 2: 113–132.
- GÓRECKI W. (red.), 2006 — Atlas zasobów geotermalnych formacji mezozoicznej na niżu Polskim; Ministerstwo Środowiska [etc.]; wykonawca: Akademia Górniczo-Hutnicza im. S. Staszica w Krakowie. Wydział Geologii, Geofizyki i Ochrony Środowiska. Zakład Surowców Energetycznych. Kraków: AGH, 2006.
- GURWIN J., 1995 — Wodonośność utworów kenozoicznych okolic Jaworzyny Śląskiej. *Acta Univ. Wratisl., Pr. Geol.-Miner.*, **44**: 107–118.
- KAPUŚCIŃSKI J., RODZUCH A., 2006 — Geotermia niskotemperaturowa w Polsce – stan aktualny i perspektywy rozwoju. Ministerstwo Środowiska, Warszawa.
- KŁOJZY-KARCZMARCZYK B., KARCZMARCZYK A., 2003 — Wybrane aspekty wykorzystania wód podziemnych jako dolnego źródła dla pomp ciepła. *W: Współczesne problemy hydrogeologii*, 11, 2: 21–24. Wyd. Bud. Wod. i Inż. Środ. PGdań., Gdańsk.
- KOWALSKI S., 1989 — Regionalne prawidłowości i kryteria geologiczno-strukturalne przepływu oraz dróg krążenia wód podziemnych w skałach Sudetów i ich przedpola. *Pr. Nauk. Inst. Geotech. PWroc.*, **58 Konferencje**, **29**: 53–59.
- KRAWCZYK J., DENDEWICZ A., 1997 — Zawodnienie i zbiorniki wód podziemnych trzeciorzędowej niecki wrocławskiej. *W: Współczesne problemy hydrogeologii* 8: 353–355. Sympozjum Kiekrz k. Poznania 4–6 września 1997. WIND, Wrocław.
- KRYZA J., 1995 — Wody podziemne i problemy ochrony środowiska bloku przedsudeckiego. Przewodnik LXVI Zjazdu PTG: 41–57. Wydanie spec. *Ann. Soc. Geol. Pol.*, Wrocław.
- KRYZA J., POPRAWSKI L., STAŠKO S., 1989 — Główne zbiorniki wód podziemnych w rejonie wrocławskim – koncepcja optymalnego zagospodarowania i aktywnej ochrony. *W: Alternatywne źródła zaopatrzenia Wrocławia w wodę*: 33–38. Materiały na konferencję naukowo-techniczną. Wrocław 12 grudnia 1989.
- MALINOWSKI J. (red.), 1991 — Budowa geologiczna Polski. t. VII – Hydrogeologia. Wyd. Geol., Warszawa.
- OLICHWER T., TARKA R., 2005 — Warunki hydrogeologiczne w okolicy Ciepłowodów w aspekcie możliwości ujęcia wód termalnych. *W: Współczesne problemy hydrogeologii*, 12 (red., A. Sadurski, A. Krawiec): 833–838. Wyd. UMK, Toruń.
- PACZYŃSKI B. (red.), 1995 — Atlas hydrogeologiczny Polski. skala 1:500 000, cz. II – Zasoby, jakość i ochrona zwykłych wód podziemnych. Państw. Inst. Geol., Warszawa.
- PACZYŃSKI B., SADURSKI A. (red.), 2007 — Hydrogeologia regionalna Polski, tom II, Wody mineralne, lecznicze i termalne oraz kopalniane. Państw. Inst. Geol., Warszawa.
- PAJĄK L., BUJAKOWSKI W., 2000 — Wykorzystanie energii cieplnej zakumulowanej w wodach wypełniających wyrobiska poeksploatacyjne kopalni węgla kamiennego Nowa Ruda. *Czas. Tech.*, **58-63**: 23–26.
- PAWLAK W. (red.), 1997 — Atlas Śląska Dolnego i Opolskiego. Wyd. UWroc., Wrocław.
- PAZDRO Z., KOZERSKI P., 1990 — Hydrogeologia ogólna. Wyd. Geol. Warszawa.
- PIWOCKI M., OLSZEWSKA B., 1996 — Występowanie osadów paleogenu na obszarze Polski. *W: Budowa geologiczna Polski*, t. III. Atlas skamieniałości przewodnich i charakterystycznych, cz. 3a, z. 1 (red. L. Malinowska, M. Piwocki): 22–24. Polska Agencja Ekologiczna, Warszawa.
- PRZYLIBSKI T. A. (red.), 2007 — Studium możliwości rozpoznania nowych wystąpień wód zmineralizowanych, swoistych i termalnych na obszarze bloku przedsudeckiego. Raport ze zlecenia W6/I-11 nr 316345: 1–109, Wrocław.
- RÓŻYCKI M., 1955 — Warunki hydrogeologiczne Śląska. *Prz. Geol.*, **3**, 9: 405–415.
- RÓŻYCKI M., 1958 — Wodociągi miasta Wrocławia, na tle warunków hydrogeologicznych. *Biul. PGIB*, **6**.
- RÓŻYCKI M., 1969 — Hydrogeologia niecki wrocławskiej. *Biul. Inst. Geol.*, **214**.
- RÓŻYCKI M., 1975 — Wody podziemne na obszarze Sudetów środkowych i bloku przedsudeckiego. Przewodnik XLVII zjazdu PTG, Świdnica 24 czerwca 1975: 253–259. Wyd. Geol., Warszawa.
- SZEWczyk J., 2005 — Wpływ zmian klimatycznych na temperaturę podpowierzchniową Ziemi. *Prz. Geol.*, **53**, 1: 77–86.
- SZEWczyk J., GIENKA D., 2009 — Terrestrial heat flow density in Poland – a new approach. *Geol. Quart.*, **53**, 1: 125–140.
- ULIASZ-MISIAK B., HOŁOJUCH G., 2000 — Wykorzystanie energii cieplnej z ujęć wód podziemnych. *Czas. Tech.*, **58/63**: 42–43.
- ZIMNY J., KARCH M., SZCZOTKA K., 2008 — Geotermia w Polsce. Polska Geotermalna Asocjacja, Kraków (www.pga.org.pl).

SUMMARY

The use of groundwater by power industry has become popular and received great attention among scientists and engineers (Pajak, Bujakowski, 2000; Uliasz-Misiak, Hołojuch, 2000; Kłojzy-Karczmarczyk, Karczmarczyk, 2003). Preliminary investigations suggest that thermal energy of groundwater in the Fore-Sudetic Block may reach 147 MW in the shallow Cenozoic alluvial deposits (e.g., 60 MW in the Holocene/Pleistocene deposits and 87.6 MW in the Pliocene/Miocene deposits). According to the PN-82/B-02403

and PN-B-03406 national standards, which define heat requirements for compartments of cubature up to 600 m³, the thermal energy of 147.6 MW would allow for keeping the temperature of 20°C in the total surface of 1,200,000 m², occupied by 2.5 m high compartments, and the building heating requirement of 1.3 W/m³K while the outside temperature is –18°C.

Pumping of groundwater from the current municipal intakes is estimated to produce over 11 MW of thermal energy.

It is proposed that utilization of the total heating power available in the municipal wells of the Fore-Sudetic Block would increase the thermal energy of heat pumps by 37 MW. This, in turn, would increase thermal energy of heating pumps in Poland by 20.5% and 217 MW.

It is not recommended, however, to make installation of new wells in a close proximity to mining areas (e.g. copper mines) because of irreversible changes in hydrodynamic and hydrogeochemical properties of mining districts. Instead,

mining and municipal groundwater from the existing intakes may be used to gain thermal energy for power heating.

The reported values of thermal energy are rough estimations. They should be updated in case of more detailed measurements of groundwater temperature in the future. Since the exploitation of groundwater using heat pumps may affect the groundwater flow within the aquifer, it is necessary to monitor the changes of geothermal condition on a local scale.