

Mariusz SOCHA<sup>1</sup>, Marcin SZUFLICKI<sup>1</sup>, Izabella GRYSZKIEWICZ<sup>1</sup>, Jakub SOKOŁOWSKI<sup>1</sup>

## OCENA MOŻLIWOŚCI WYKORZYSTANIA WÓD TERMALNYCH NA OBSZARZE GMINY LESZNOWOLA

### STRESZCZENIE

W artykule zostały przedstawione dane dotyczące potencjału wód termalnych na terenie gminy Lesznowola i w jej bliskim sąsiedztwie. Pod względem tektonicznym analizowany rejon znajduje się w centralnej części niecki warszawskiej, administracyjnie zaś należy do powiatu piaseczyńskiego i zaliczany jest do aglomeracji warszawskiej.

Na podstawie informacji z Banku Danych Wód Podziemnych Zaliczonych do Kopalni (<http://spdpsh.pgi.gov.pl/>) oraz opracowań archiwalnych oszacowano parametry hydrogeologiczne i złożowe zbiorników geotermalnych znajdujących się w obrębie gminy Lesznowola. Na tej podstawie określono możliwości eksploatacyjne wód termalnych z poszczególnych zbiorników. Po oszacowaniu nakładów inwestycyjnych i kosztów eksploatacyjnych wyliczono prawdopodobny koszt produkcji 1 GJ ciepła z wybranych poziomów wodonośnych. Umożliwiło to wskazanie najbardziej perspektywicznych zbiorników oraz kierunków wykorzystania wód termalnych w Lesznowoli. Na podstawie obliczonych wartości i zgromadzonych danych uznano zbiornik geotermalny jury dolnej jako optymalny do zagospodarowania i zaproponowano wykorzystanie jego wód w pierwszej kolejności do celów ciepłowniczych oraz w rekreacji i balneoterapii.

### SŁOWA KLUCZOWE

Wody termalne, Lesznowola, ocena potencjału geotermalnego, efektywność ekonomiczna geotermii

\* \* \*

---

<sup>1</sup> Państwowy Instytut Geologiczny – Państwowy Instytut Badawczy, Program Geologia Złożowa i Gospodarcza, ul. Rakowiecka 4, 00-975 Warszawa.

## WPROWADZENIE

Przedsięwzięcia związane z ujmowaniem i zagospodarowywaniem wód podziemnych zaliczonych do kopalin są obarczone ryzykiem ekonomicznym właściwym dla wszystkich inwestycji gospodarczych. Głównymi elementami tego ryzyka są rzeczywiste warunki geologiczne i hydrogeologiczne. Wynika to z ich niedostatecznego rozpoznania, które może skutkować nieosiągnięciem oczekiwanego efektu w postaci ujęcia wód o określonych parametrach eksploatacyjnych. Ryzyko to utrzymuje się na wysokim poziomie do momentu wykonania otworu wiertniczego. Dopiero po jego wykonaniu w praktyce można ocenić wartość parametrów eksploatacyjnych ujmowanych wód. Podstawę rozpoznania warunków występowania wód termalnych na obszarze kraju stanowią głównie istniejące ujęcia wód podziemnych oraz głębokie otwory badawcze, w których przeprowadzono badania parametrów złożowych. Wyniki tych badań pozwalają na wskazanie obszarów predysponowanych do lokalizowania inwestycji zmierzających do wykorzystania tego typu wód.

### 1. OGÓLNA CHARAKTERYSTYKA GMINY LESZNOWOLA

Gmina Lesznowola położona jest w południowej części aglomeracji warszawskiej i zajmuje powierzchnię 69 km<sup>2</sup>. Zamieszkuje ją ponad 25 tys. osób (liczba osób zameldowanych na pobyt stały i czasowy, dane z grudnia 2017 r. na podstawie [www.lesznowola.pl](http://www.lesznowola.pl)). Według regionalizacji fizycznogeograficznej Kondrackiego (2002) gmina Lesznowola leży w pasie nizin środkowopolskich, na Równinie Warszawskiej będącej wysoczyzną lodowcową. Pod względem tektonicznym obszar gminy znajduje się w centralnej części niecki warszawskiej, która jest częścią większej struktury tektonicznej określanej jako synklinorium brzeżne. Gmina Lesznowola posiada rozbudowaną infrastrukturę techniczną (wodociągi, kanalizacja, gaz itp.) i znajduje się w dobrej kondycji finansowej z budżetem rocznym sięgającym 190 mln zł. Ze względu na brak kotłowni centralnej i sieci ciepłowniczej mieszkańcy w większości wykorzystują do ogrzewania paliwo gazowe oraz znacznie rzadziej węgiel. Bardzo popularne jest również spalanie drewna w domowych kominkach. Okres grzewczy trwa z reguły od początku października do końca kwietnia, przy czym długotrwałe i silne mrozy w tym okresie występują sporadycznie. Gmina Lesznowola stara się aktywnie działać na rzecz poprawy powietrza. W związku z tym uchwalony został program walki z niską emisją, w oparciu o który realizowana jest wymiana starych, nieefektywnych źródeł grzewczych na nowe, a także zainstalowanych zostało 21 sensorów monitorujących zanieczyszczenie powietrza w zakresie pyłów zawieszonych PM<sub>2,5</sub> i PM<sub>10</sub>.

### 2. CHARAKTERYSTYKA GEOLOGICZNA

O wglębnej budowie geologicznej okolic Lesznowoli wnioskować można na podstawie wyników sejsmicznych badań refrakcyjnych i refleksyjnych oraz informacji z otworów

wiertniczych tego regionu. Zasadniczym elementem strukturalnym, który warunkował rozwój geologiczny rejonu Lesznowoli jest paleo- i mezoproterozoiczne podłoże krystaliczne. W rejonie Lesznowoli głębokość występowania stropu tego podłoża wynosi około 5500 m (Znosko red. 1998). Powierzchnia stropowa krystaliniku zapada ku południowemu zachodowi, w stronę krawędzi platformy zachodnioeuropejskiej. W podłożu krystalicznym nie stwierdzono obecności istotnych dyslokacji. W paleozoicznym planie strukturalnym omawiany obszar stanowił zachodnie przedłużenie równoleżnikowego zapadliska podlaskiego, które dochodzi skośnie do krawędzi platformy wschodnioeuropejskiej. W obszarze tym zachodziła depozycja osadów przerywana okresami erozji, wskutek czego mamy dziś do czynienia z lukami stratygraficznymi. Ze względu na znaczne głębokości i brak większej liczby otworów wiertniczych wiedza na temat występowania formacji skał osadowych bezpośrednio powyżej podłoża krystalicznego jest bardzo ograniczona. Miąższość paleozoicznego kompleksu podpermskiego w rejonie Lesznowoli można oszacować w przedziale 2500–3000 m (Marek red. 1983).

Późnopermsko-mezozoiczny plan strukturalny jest efektem rozwoju bruzdy śródpolskiej, a następnie powstanie na jej miejscu parantyklinorium śródpolskiego i, wskutek inwersji tektonicznej, sąsiadującej od północnego wschodu niecki warszawskiej (płockiej). Niecka warszawska jest strukturą stosunkowo młodą, która zaczęła tworzyć się w późnej kredzie, a ostatecznie została uformowana w paleogenie. Zlokalizowana jest ona w strefie kontaktu (szwu) prekambryjskiej platformy wschodnioeuropejskiej i paleozoicznej platformy zachodnioeuropejskiej, zwanej strefą tektoniczną TESZ, dawniej Teisseyre'a-Tornquista. Spąg kompleksu cechsztyńsko-mezozoicznego znajduje się na głębokości około 3500–3700 m (Dadlez red. 1998). Na rozpatrywanym obszarze omawiany kompleks cechuje niemal pełny profil stratygraficzny z depozycją na ogół w środowisku morskim. Jednakże w jego rozwoju zaznaczyły się okresy kontrakcji basenu sedymentacyjnego i jego zaniku, co skutkowało brakiem depozycji lub erozją i denudacją, a w konsekwencji występowaniem obecnie powierzchni nieciągłości i luk stratygraficznych. Najważniejsze z tych luk obserwujemy na przełomie karniku i noryku (brak górnych warstw gipsowych), w dolnym bajosie, oraz w górnym beriasie-dolnym walanżynie. Zwraca uwagę także duża miąższość kredy górnej (ponad 1000 m), co stanowi około 1/3 całej miąższości kompleksu cechsztyńsko-mezozoicznego (Marek red. 1983).

### 3. CHARAKTERYSTYKA HYDROGEOLOGICZNA

Na podstawie podziału regionalnego, nawiązującego do kryterium hydrostrukturalnego, obszar gminy Lesznowola znajduje się w prowincji platformy paleozoicznej, w regionie synklinorium brzeźnego (Dowgiałło i Paczyński 2002). Platformę paleozoiczną cechuje dominacja mezozoicznych piętér wodonośnych z wodami przeważnie typu Cl-Na i Cl-Na-Ca (Bojarski red. 1996). Stan rozpoznania poszczególnych zbiorników wód termalnych i potencjalnie leczniczych jest nierównomierny z uwagi na zróżnicowany zakres badań hydrogeo-

logicznych przeprowadzonych w poszczególnych otworach. Poza otworem eksploatacyjnym Warszawa IG-1 pozostałe to w większości zlikwidowane otwory badawcze, w których rozpoznanie stref zawodnionych ograniczono do badań próbnikami złoże (tab. 1).

*Tabela 1*

*Zestawienie podstawowych informacji o głębokich otworach wiertniczych w rejonie Lesznawoli*

*Table 1*

*A list of basic information about deep wells in the Lesznawola region*

Otwór wiertniczy	Miejscowość	Gmina	Cel wiercenia Stan obecny	Rok wykonania	Głębokość [m]	Stratygrafia na dnie
Warszawa IG-1	Konstancin-Jeziorna	Konstancin-Jeziorna	złożowy czynny	1964	2 663	perm górny
Iwiczna IG-1	Nowa Iwiczna	Lesznawola	badawczy zlikwidowany	1959	1 700	jura dolna
Nadarzyn IG-1	Walendów	Nadarzyn	badawczy zlikwidowany	1975	3 840	sylur
Czachówek 1	Bronisławów	Prażmów	badawczy zlikwidowany	1989	3 712	sylur

### **Kreda dolna**

Poziom kredy dolnej w rejonie Lesznawoli udostępniono do badań m.in. otworami Nadarzyn IG-1 i Iwiczna IG-1. W otworze Nadarzyn IG-1 z głębokości 1209–1240 m uzyskano wody typu Cl-Na, I o mineralizacji 10,4 g/dm<sup>3</sup>. Wielkość dopływu wody do rurowego próbnika złoże wynosiła 8 m<sup>3</sup>/h, a temperatura wody wytłoczonej kompresorem 29°C. Analogicznie wykształcony poziom kredy dolnej zbadano także otworem Iwiczna IG-1. Badania te przeprowadzono próbnikiem złoże w interwale głębokościowym 1150–1167 m. Z piaskowców i mułowców uzyskano przyływ wody typu Cl-Na o mineralizacji 1,2 g/dm<sup>3</sup> i temperaturze 34°C. Wielkość przyływu wody wynosiła 60 m<sup>3</sup>/h (Taube 1958; Dębowska i Marek 1988; Barbacki i Bujakowski 2010; Socha i in. 2016b).

### **Jura górna**

Poziom jury górnej zbadano otworem Iwiczna IG-1. Badanie przeprowadzono próbnikiem złoże w interwale 1405–1452 m zbudowanym z wapieni. Uzyskano wody typu Cl-Na-Ca o mineralizacji 28,9 g/dm<sup>3</sup> i temperaturze 45°C. Wielkość przyływu wody określono na 35 m<sup>3</sup>/h (Taube 1958; Barbacki i Bujakowski 2010; Socha i in. 2016b).

### **Jura środkowa**

Poziom jury środkowej został opróbowany otworem Nadarzyn IG-1. Uzyskano wody typu Cl-Na, I o mineralizacji 84,4 g/dm<sup>3</sup>. Brak danych na temat temperatury wód i wielkości dopływu do otworu (Dębowska i Marek 1988; Barbacki i Bujakowski 2010; Socha i in. 2016b).

### **Jura dolna**

Poziom jury dolnej (wraz ze spągową częścią jury środkowej) został ujęty otworem Warszawa IG-1 w uzdrowisku Konstancin-Jeziorna. Otworem ujęto naprzemianległe piaskowce, mułowce i ilowce oraz, w części stropowej, wapienie i dolomity, zalegające w strefie głębokości 1536–1750 m. Uzyskano wody typu Cl-Na, I, Fe o mineralizacji  $69,4 \text{ g/dm}^3$  i temperaturze na wypływie  $35^\circ\text{C}$ . Zasoby eksploatacyjne ujęcia ustalono w ilości  $9,12 \text{ m}^3/\text{h}$  przy depresji niespełna 5 m (Szarszewska 1981; Barbacki i Bujakowski 2010; Socha i in. 2016b). Wody te zostały uznane za lecznicze i są wykorzystywane do celów balneoterapeutycznych w formie inhalacji (Felter i in. 2016). Roczny pobór wody z ujęcia kształtuje się na poziomie  $3700 \text{ m}^3$  (Skrzypczyk i Sokołowski 2017). Dotychczas nie wykorzystuje się ich potencjału geotermalnego.

Korzystne warunki występowania wód termalnych w zbiorniku jury dolnej w pobliżu Lesznawoli potwierdzono także otworem Czachówek 1, w którym na głębokości 1900 m próbnikiem złoży stwierdzono wody o temperaturze  $46^\circ\text{C}$ . W trakcie prac pomiarowych stwierdzono dopływ wody do próbnika w ilości  $3,96 \text{ m}^3/\text{h}$ , jednak zważywszy na zastosowaną metodę pomiaru należy przyjąć, że jest to pomiar kilkadziesiąt razy zaniżony (Bednarek i Nocoń 1989; Socha i in. 2016b).

### **Parametry eksploatacyjne wód termalnych**

Na podstawie badań archiwalnych za najbardziej perspektywiczny dla ujęcia wód termalnych w gminie Lesznawola należy uznać poziom wodonośny jury dolnej. Poziom ten ze względu na temperaturę wód wynoszącą w stropie około  $47^\circ\text{C}$ , przy wydajności  $120 \text{ m}^3/\text{h}$  jest predysponowany do wykorzystania w ciepłownictwie i rekreacji, potencjalnie także w lecznictwie (Górecki red. 2006). Ze względu na wysoką mineralizację, od około 90 do około  $110 \text{ g/dm}^3$  (tab. 2), wody tego poziomu, aby nadawały się do wykorzystania w nieckach basenowych i kąpielach wannowych muszą być rozcieńczane. Za korzystne należy uznać prawdopodobne występowanie jonów żelaza i jodu w stężeniach farmakodynamicznie czynnych (Socha i in. 2016a). Za perspektywiczny do zagospodarowania można uznać również poziom wodonośny kredy dolnej. Wody ujmowane z tego poziomu posiadają temperaturę w stropie około  $32^\circ\text{C}$ , niską mineralizację nieprzekraczającą  $10 \text{ g/dm}^3$ , a wydajność potencjalna ujęcia kształtuje się na poziomie  $60 \text{ m}^3/\text{h}$  (Górecki red. 2006). Takie parametry predysponują wykorzystanie tych wód w rekreacji i lecznictwie. Za potencjalnie perspektywiczny można uznać poziom wodonośny jury górnej z wodami o temperaturze na poziomie  $40^\circ\text{C}$ . Jednak szacowana wydajność otworu na poziomie  $35 \text{ m}^3/\text{h}$  i mineralizacja sięgająca  $50 \text{ g/dm}^3$  są na tyle niekorzystne, aby na chwilę obecną nie rozważać gospodarczego wykorzystania tego poziomu wodonośnego.

Dla wytypowanych perspektywicznych zbiorników kredy dolnej i jury dolnej wyznaczona została moc termiczna i roczna energia cieplna dla przypadku, kiedy wody termalne oddają ciepło bezpośrednio na wymiennikach ciepła jak również z zastosowaniem pomp ciepła (tab. 3).

Tabela 2

Przewidywane parametry złożowe zbiorników geotermalnych kredy dolnej i jury dolnej dla Lesznowoli

Table 2

Predicted deposit parameters of the Lower Cretaceous and Lower Jurassic geothermal reservoirs

Parametry złożowe	Poziom wodonośny	
	kreda dolna	jura dolna
Temperatura wody termalnej na wypływie [°C]	30	45
Wydajność ujęcia wody termalnej [m <sup>3</sup> /h]	60	120*
Mineralizacja wody termalnej [g/dm <sup>3</sup> ]	1–10	90–110
Głębokość zalegania stropu [m p.p.t.]	1 150	1 750
Głębokość zalegania spągu [m p.p.t.]	1 167	1 810
Miąższość warstwy wodonośnej [m]	17	60

\* Górecki red. 2006.

Tabela 3

Możliwości sprzedaży energii cieplnej dla poszczególnych poziomów wodonośnych [GJ] i moc termiczna [MW]

Table 3

Possibility of thermal energy sale for particular aquifers [GJ] and thermal power [MW]

Energia cieplna[GJ] i moc termiczna [MW]	Poziom wodonośny	
	kreda dolna	jura dolna
Ciepło wody termalnej (wymieniki ciepła, APC)	14 758,8	63 576,6
Moc termiczna	0,9	4,0
Ciepło pozyskane ze spalania gazu ziemnego i schłodzenia spalin	53 144,2	91 869,4
Moc termiczna	3,4	5,9
RAZEM	67 903,0	155 446,0
	4,3	9,9

#### 4. MOŻLIWOŚCI ZAGOSPODAROWANIA WÓD TERMALNYCH

Wody termalne, tj. osiągające na wypływie z ujęć temperaturę 20°C lub wyższą, charakteryzują się różnorodnością właściwości fizyczno-chemicznych, co wpływa na sposób ich wykorzystania. Występowanie wód termalnych w Polsce jest związane z trzema głównymi jednostkami geologicznymi: platformą paleozoiczną, Sudetami i Karpatami wraz z ich przed-

górzami. Występowanie wód termalnych zostało dotychczas stwierdzone w 41 miejscowościach. W 2017 r. wody termalne były podstawą funkcjonowania 6 komunalnych (Stargard, Pyrzyce, Uniejów, Poddębice, Mszczonów, Bańska) i 3 lokalnych ciepłowni geotermalnych (Kleszczów, Karpniki, Cudzynowice), 1 hodowli ryb ciepłolubnych oraz 19 geotermalnych ośrodków rekreacyjnych.

Zasoby eksploatacyjne wód termalnych na koniec 2017 r. wynosiły 4044,30 m<sup>3</sup>/h, z czego wielkość poboru stanowiła około 26% tej wartości (Skrzypczyk i Sokołowski 2017). Dla 55 miejscowości, według stanu na dzień 31.12.2017 r., zostały zatwierdzone projekty robót geologicznych na wykonanie otworu geotermalnego (Felter i in. 2018). W większości przypadków, w tym również w Lesznowoli, prac wiertniczych dotychczas nie rozpoczęto. Aktualnie prace związane z rozwojem projektów geotermalnych realizowane są w Uniejowie, Pyrzycach i Stargardzie. We Wręczy, Sieradzu, Sochaczewie, Łądku i Kole wykonywane są już otwory wydobywcze.

Ciepłownia geotermalna w polskich warunkach musi być zbudowana w oparciu o co najmniej jeden otwór geotermalny pełniący rolę ujęcia eksploatacyjnego i ew. drugi otwór chłonny, służący do zatłaczania wody schłodzonej. Niezbędnymi inwestycjami dla potrzeb planowanej w Lesznowoli ciepłowni geotermalnej będą: otwór wydobywczy, otwór chłonny, instalacja geotermalna, sieć ciepłownicza urządzenia i budowle geotermalne, przewody, armatura, aparatura kontrolno-pomiarowa i automatyka (AKPiA), projekty, administracja i inne (tab. 4).

*Tabela 4*

*Zakładane nakłady inwestycyjne konieczne do pozyskania wody termalnej i ciepła  
(na podstawie [www.nfosigw.gov.pl](http://www.nfosigw.gov.pl))*

*Table 4*

*Estimated investment costs necessary to obtain thermal water and heat  
(based on [www.nfosigw.gov.pl](http://www.nfosigw.gov.pl))*

Zakładane nakłady inwestycyjne	Poziom wodonośny	
	kreda dolna	jura dolna
Koszt wykonania otworu eksploatacyjnego [zł]	9 401 500	12 025 000
Koszt wykonania otworu chłonnego [zł]	10 341 650	13 227 500
Koszt budowy budynków, rurociągów przesyłowych i magistrali przesyłowych oraz zakupu urządzeń (wymienniki, pompy ciepła, gazowe kotły szczytowe) [zł]	14 481 000	16 585 000
Koszty montażu urządzeń, administracyjne i rezerwa na wydatki niespodziewane [zł]	1 395 000	3 800 000
RAZEM	35 619 150	45 637 500
Koszt budowy sieci przesyłowej i przyłączy [zł]	41 900 000	41 900 000
RAZEM	77 519 150	87 537 500

### **Koszt wykonania otworu eksploatacyjnego**

Koszt wykonania otworu wydobywczego zawiera przygotowanie terenu pod rozstawienie urządzenia wiertniczego, wykonanie dołu zrzutowego, odwiercenie otworu oraz wykonanie potrzebnych badań geofizycznych i hydrogeologicznych. W koszcie wykonania otworu zawarta jest również cena rur okładzinowych i właściwego filtra oraz montaż głowicy eksploatacyjnej. Rury w otworze eksploatacyjnym powinny być wykonane ze stali o podwyższonej odporności na korozję (np. N-80 lub L-80), co istotnie wpłynie na koszt jego wykonania. Nad pracami wiertniczymi musi być prowadzony ciągły nadzór i dozór geologiczny. Po wykonaniu otworu musi być sporządzona dokumentacja hydrogeologiczna lub w przypadku braku zasobów do udokumentowania dokumentacja typu inna. Koszty nadzoru, dozoru i prac dokumentacyjnych (na podstawie [www.nfosigw.gov.pl](http://www.nfosigw.gov.pl)) zostały również wliczone w cenę wykonania otworu wydobywczego (tab. 4).

### **Koszt wykonania otworu chłonnego**

Konieczność wykonania otworu chłonnego w gminie Lesznówola wynika ze względu na wysoką mineralizację wód termalnych oraz ze względu na konieczność ochrony ich zasobów w warunkach wysokiego poboru. Z wieloletnich doświadczeń krajowych ciepłowni geotermalnych wynika, że w otworach chłonnych poważnym problemem jest korozja stalowych rur okładzinowych. Aby uniknąć tych problemów, w otworze chłonnym powinny być zainstalowane rury z włókien szklanych (*fiberglass*). Istotnie ograniczy to procesy korozyjne i korzystnie wpłynie na proces zatłaczania schłodzonej wody termalnej (tab. 4).

### **Koszt budowy budynków, rurociągów przesyłowych i magistrali przesyłowych oraz zakupu urządzeń**

Ciepłownia geotermalna w Lesznówoli może składać się z budynku biurowego i hali technicznej. Hala powinna pozwalać na umieszczenie w niej wymienników ciepła, pomp obiegowych, pompy ciepła, kotła gazowego i stacji uzdatnia wody. Dla potrzeb szacowania nakładów inwestycyjnych przyjęto, że Zakład Górniczy Geotermii Lesznówola zostanie utworzony na gruntach gminnych o powierzchni 5000 m<sup>2</sup>. Powierzchnia użytkowa pomieszczeń biurowo-technicznych powinna mieć około 600 m<sup>2</sup>.

Podstawowym urządzeniem w lesznówolskiej ciepłowni geotermalnej będzie pompa głębinowa zainstalowana w otworze produkcyjnym. Ze względu na przewidywany brak samowypływu za pomocą tej pompy woda termalna będzie wydobywana na powierzchnię i po schłodzeniu na wymiennikach kierowana do otworu chłonnego. Konieczna jest zatem budowa rurociągu tłoczego kierującego wodę termalną z otworu produkcyjnego do wymienników, a następnie do otworu chłonnego. Jednym z istotnych kosztów budowy ciepłowni geotermalnej w Lesznówoli będzie zakup geotermalnych wymienników ciepła. Są to urządzenia, w których następuje przekazanie ciepła z wody termalnej do wody sieciowej (CO, CWU). Muszą one być odporne na agresywne właściwości wody termalnej. Kolejny ważny zakup wpływający na koszty inwestycyjne to pompa obiegowa wody sieciowej – powierzchniowa pompa tłoczna. Pompa ta odpowiada za to, że woda sieciowa, płynąc w syste-



mie zamkniętym, ochładza się, przepływając przez odbiorniki ciepła i ogrzewa się przepływając przez wymienniki ciepła.

Ze względu na mineralizację i korozyjne właściwości wody w instalacji obiegu wody termalnej powinny być też zainstalowane zestawy filtrów (np. świecowe, workowe). Konieczny jest również zakup szczytowego źródła ciepła, czyli w tym przypadku kotła gazowego wraz z ekonomizerem spalin (niskotemperaturowego) oraz absorpcyjnej pompy ciepła wraz z kotłem gazowym (wysokotemperaturowym) stanowiącym napęd pompy. Kocioł ten musi być dobrany precyzyjnie do mocy pompy, czego wymaga ekonomika przedsięwzięcia. Aby ciepłownia mogła funkcjonować w sposób nieprzerwany, konieczne jest zapewnienie do uruchomienia pomp obiegowych i eksploatacyjnych nieprzerwanych dostaw energii elektrycznej. Konieczny będzie również zakup urządzeń kontrolno-pomiarowych rejestrujących wydajność i temperaturę wydobywanej i zatłaczanej wody termalnej (tab. 4).

#### **Koszty montażu urządzeń, administracyjne i rezerwa na wydatki niespodziewane**

Budowa ciepłowni geotermalnej wymaga przygotowania szeregu koniecznych dokumentów, m.in. takich jak projekt robót geologicznych, studium wykonalności inwestycji, wniosek o dotację do Narodowego Funduszu Ochrony Środowiska i Gospodarki Wodnej, dokumentację hydrogeologiczną itd. Na etapie budowy należy również uwzględnić koszty montażu urządzeń ciepłowniczych. W trakcie realizacji tak dużego przedsięwzięcia mogą wydarzyć się różne nieprzewidywane zdarzenia generujące dodatkowe koszty, w związku z tym konieczne jest zapewnienie na te cele rezerwy finansowej, uwzględniającej poziom ryzyka geologicznego (tab. 4).

#### **Koszt budowy sieci przesyłowej i przyłączy**

Aby skutecznie móc zagospodarować wody termalne w Lesznowoli do celów ciepłowniczych, konieczne będzie wybudowanie sieci, którą będzie przesyłana do odbiorców wyprodukowana energia cieplna. Skuteczną dystrybucję ciepła powinna zapewnić sieć o długości około 10 km. Przewiduje się, że do sieci podłączonych zostanie około dziesięciu dużych obiektów (Centrum Edukacji i Sportu, Europejskie Centrum Tenisa, centrum handlowe, szkoła gminna, cerkiew prawosławna itd.), które będą odbierać około 25% wyprodukowanej energii cieplnej i około 1150 budynków mieszkalnych (zamieszkałych przez około 4600 osób, mieszkańców Nowej Iwicznej i Mysiadła), które będą odbierać około 75% wyprodukowanej energii cieplnej. Ze względu na znaczny stopień zurbanizowania obszarów gminy Lesznowola, w których istnieją najlepsze warunki do budowy ciepłowni geotermalnej, należy liczyć się z koniecznością dodatkowych kosztów związanych z przebudową istniejącej infrastruktury (wodociągi, kanalizacja, sieć gazowa itp.) (tab. 4).

#### **4.1.1. Przewidywane koszty eksploatacyjne**

Po uruchomieniu ciepłowni geotermalnej generowane będą koszty eksploatacyjne. Do najważniejszych pozycji należy zaliczyć:

- koszty zakupu paliwa do źródła szczytowego,
- zakup energii elektrycznej na potrzeby funkcjonowania ciepłowni,
- koszty przeglądów i konserwacji,
- marketing i usługi zamawiane,
- wynagrodzenia.

**Zakładane zużycie i koszty zakupu gazu oraz energii elektrycznej, konieczne do sprawnego funkcjonowania ciepłowni – koszty zmienne**

Aby zapewnić możliwość działania szczytowego źródła ciepła (kocioł gazowy niskotemperaturowy) i kotła gazowego (wysokotemperaturowego) służącego do napędu absorpcyjnej pompy ciepła konieczny jest zakup gazu ziemnego. Dla oszacowania przewidywanych kosztów eksploatacyjnych w przypadku uzupełnienia zapotrzebowania produkcji ciepła z wód dolnokredowych przyjęto zużycie na poziomie 1 201 714 m<sup>3</sup>/rok i 2 038 392 m<sup>3</sup>/rok w przypadku uzupełnienia zapotrzebowania produkcji ciepła z wód dolnojurajskich. Koszt zakupu gazu ziemnego oszacowano w oparciu o taryfę Polskiego Górnictwa Naftowego i Gazownictwa – „Gaz dla Biznesu” obowiązującej od 1 stycznia 2018 r (www.gkpg.pl) (tab. 5). Oprócz zakupu gazu ziemnego dla zasilania szczytowego źródła energii i kotła gazowego służącego do napędu absorpcyjnej pompy ciepła konieczny będzie również zakup prądu elektrycznego dla uruchomienia pompy eksploatacyjnej, pomp obiegowych i aparatury niezbędnej dla prawidłowego funkcjonowania ciepłowni. Bazując na aktualnych taryfach i stawkach cenowych sieciowej energii elektrycznej o niskim napięciu zasilania określano koszty zakupu energii elektrycznej dla poszczególnych wariantów. Do oszacowania kosztów zakupu energii elektrycznej przyjęto taryfy obowiązujące w Polskiej Grupie Energetycznej Dystrybucja SA – Rejon Konstancin (www.pse.pl) (tab. 5).

*Tabela 5*

*Zakładane zużycie i koszty zakupu gazu oraz energii elektrycznej*

*Table 5*

*Assumed consumption and costs of gas and electricity*

Zakładane zużycie	Poziom wodonośny	
	kreda dolna	jura dolna
Gaz ziemny [m <sup>3</sup> /rok]	1 345 421	2 325 808
Prąd elektryczny [MWh]	4 291	9 980
<b>Zakładane koszty zakupu</b>	<b>kreda dolna</b>	<b>jura dolna</b>
Gaz ziemny [1,204 zł/m <sup>3</sup> ]	1 619 887	2 800 272
Prąd elektryczny [300 zł/MWh]	1 287 300	2 994 000
<b>RAZEM</b>	<b>2 907 187</b>	<b>5 794 272</b>

**Przeglądy, konserwacje, usługi marketingowe i zamawiane oraz wynagrodzenia – koszty stałe**

W trakcie funkcjonowania ciepłowni geotermalnej konieczne będą przeglądy oraz konserwacja aparatury i urządzeń energetycznych. W oparciu o wytyczne producentów tego typu urządzeń przyjęto, że koszty będą kształtowały się na poziomie 5 zł na każdy gigadzul wyprodukowanego ciepła ([www.termen.pl](http://www.termen.pl)) (tab. 6).

*Tabela 6*

*Zakładane koszty eksploatacyjne konieczne do pozyskania wody termalnej i ciepła*

*Table 6*

*Estimated operating costs necessary to obtain thermal water and heat*

Zakładane koszty eksploatacyjne	Poziom wodonośny	
	kreda dolna	jura dolna
Koszty zmienne (zakup paliwa i energii) [zł]	2 907 187	5 794 272
Koszty stałe (przeglądy, konserwacje, usługi marketingowe i zamawiane oraz wynagrodzenia) [zł]	849 515	1 287 230
Amortyzacja	1 780 957	2 281 875
RAZEM	5 537 659	9 363 377

Działalność ciepłowni geotermalnej będzie polegać na produkcji i dystrybucji ciepła. Dodatkowym elementem może być promocja wykorzystania geotermalnych źródeł energii. W związku z tym działania marketingowe powinny być skupione głównie na rynku lokalnym (reklama w prasie lokalnej, organizacja imprez promocyjnych, strona internetowa, itp.). W związku z tym przyjęto, iż średnio w roku będą to koszty na poziomie 60 tys. zł (tab. 6).

W przypadku, gdy operatorem ciepłowni geotermalnej będzie spółka gminna można przyjąć, że będzie ona zwolniona w okresie początkowym z konieczności płacenia podatku od nieruchomości i podatku gruntowego. Do szacowania kosztów wynagrodzeń przyjęto, iż zakład górniczy będzie obsługiwany przez dziewięć osób. Konieczne będzie zatrudnienie kierownika ruchu posiadającego uprawnienia wyższego dozoru górniczego, geologa ze stosownymi uprawnieniami, cztery osoby do obsługi urządzeń geotermalnych i pracownika sekretariatu oraz działu księgowo-finansowego. Nad wszystkim powinien czuwać prezes Geotermii Lesznowola. Zadania związane z konserwacją i naprawami będzie realizował serwis zewnętrzny, koszty z tym związane zostały uwzględnione w pozycji przeglądy i konserwacje. Roczne koszty pracodawcy związane z zatrudnieniem osób oszacowano na podstawie informacji z Zakładu Ubezpieczeń Społecznych ([www.zus.pl](http://www.zus.pl)) (tab. 6).

### **Amortyzacja**

Ciepłownia geotermalna to przedsięwzięcie o charakterze biznesowym podlegające zasadom stosowanym w gospodarce. Jedną z takich reguł jest zmniejszanie się wartości środków trwałych w określonym czasie na skutek ich użytkowania. Jest to amortyzacja środków trwałych i określa ona w praktyce rzeczywistą wartość rzeczy. Dla potrzeb analizy finansowej projektu w Lesznowoli przyjęto stawkę amortyzacyjną na poziomie 5%, co oznacza możliwość dokonywania odpisów amortyzacyjnych przez okres 20 lat (tab. 6).

## **5. KOSZT PRODUKCJI CIEPŁA W GEOTERMII LESZNOWOLA**

Scenariusz montażu finansowego zakłada, że część nakładów inwestycyjnych zostanie sfinansowana za pomocą pozyskanych bezzwrotnych dotacji. Dotacje takie będą pozyskane z programów *Poznanie budowy geologicznej kraju* oraz *Gospodarka zasobami złóż kopalin i wód podziemnych* oferowanych przez Narodowy Fundusz Ochrony Środowiska i Gospodarki Wodnej. Konieczne będzie również pozyskanie środków finansowych na budowę instalacji i obiektów zakładu górniczego, w tym otworu chłonnego. Środki takie mogą zostać pozyskane w formie preferencyjnej pożyczki z programu *Energetyczne wykorzystanie zasobów geotermalnych* oferowanej również przez Narodowy Fundusz Ochrony Środowiska i Gospodarki Wodnej. Przyjęto następujący montaż finansowy dla projektu Geotermia Lesznowola, w wariantcie wykorzystania energetycznego wód termalnych z dolnej kredy: dotacja 26%, pożyczka preferencyjna 45%, środki własne 28%.

W wariantcie wykorzystania energetycznego wód termalnych jury dolnej: dotacja 26%, pożyczka preferencyjna 52%, środki własne 21%. Jako horyzont czasowy trwania projektu przyjęto okres 20 lat. Praktyka wskazuje, że po tym okresie może nastąpić materialne zużycie produkcyjnych środków trwałych. Przyjęto założenie, że pożyczka zostanie udzielona na okres 15 lat ([www.nfosigw.gov.pl](http://www.nfosigw.gov.pl)). Koszty obsługi pożyczki będą stanowiły zapłacone raty i odsetki. W wyliczeniach szacunkowych odsetki wyliczono według stopy WIBOR 3M + 2%. Środki własne będą pochodzić z budżetu Gminy Lesznowola i Lesznowolskiego Przedsiębiorstwa Komunalnego. Koszty produkcji ciepła zostały zebrane w tabeli 7.

## **PODSUMOWANIE**

Na podstawie przeprowadzonej analizy można stwierdzić, że na terenie gminy Lesznowola korzystnymi parametrami hydrogeologicznymi charakteryzują się zbiorniki geotermalne jury dolnej i kredy dolnej. Za potencjalnie perspektywiczny do gospodarczego wykorzystania można uznać również zbiornik geotermalny jury górnej, jednak ze względu na potencjalnie niską wydajność ( $35 \text{ m}^3/\text{h}$ ) i wysoką mineralizację ( $50 \text{ g}/\text{dm}^3$ ) nie był on brany pod uwagę w analizie kosztów produkcji ciepła.

Tabela 7

## Koszt produkcji ciepła

Table 7

## Cost of heat production

Zakładane koszty produkcji ciepła	Poziom wodonośny	
	kreda dolna	jura dolna
Koszty inwestycyjne [zł]	35 619 150	45 637 500
Koszty eksploatacyjne [zł/rok]	3 756 702	7 081 502
Przewidywana wielkość sprzedaży ciepła [GJ/rok]	67 903	155 446
Koszt produkcji ciepła [zł/GJ]	82	60
Zakładane koszty produkcji ciepła z uwzględnieniem wydatków na budowę sieci ciepłowniczej	kreda dolna	jura dolna
Koszt budowy sieci ciepłowniczej	22 000 000	
Koszty odtworzeniowe infrastruktury	19 900 000	
RAZEM	41 900 000	
Koszt produkcji ciepła z uwzględnieniem kosztów budowy sieci ciepłowniczej [zł/GJ]	102	69

Zbiornik dolnokredowy na terenie Lesznowoli budują utwory piaskowcowo-mułowcowo-ilaste. W obrębie zbiornika dolnokredowego, który występuje na głębokości około 1170 m, przypuszczalna wielkość przyływu wód do otworu to około 60 m<sup>3</sup>/h. Temperaturę wód zbiornika dolnokredowego oszacowano na około 32°C. W związku z tym zbiornik ten wykazuje potencjał, którego zagospodarowanie jest uzasadnione głównie w celach rekreacyjnych i balneoterapeutycznych, czemu sprzyja niska, nieprzekraczająca 10 g/dm<sup>3</sup> mineralizacja. Nie jest wykluczone wykorzystanie również w ciepłownictwie, jednak obecnie nie posiada ten kierunek uzasadnienia finansowego (tab. 7).

Zbiornik dolnojurański na terenie Lesznowoli budują głównie naprzemianległe ilasto-piaszczyste utwory terygeniczne. W obrębie zbiornika dolnojurańskiego, który występuje na głębokości około 1750 m, przypuszczalna wielkość przyływu wód termalnych to około 120 m<sup>3</sup>/h, temperaturę wód w stropie zbiornika oszacowano na około 47°C. W związku z tym zbiornik ten wykazuje najwyższy potencjał energetyczny na terenie gminy Lesznowola (tab. 3), który powinien być zagospodarowany w pierwszej kolejności w celach energetycznych, a w kolejnym etapie w celach rekreacyjnych i z racji obecności pierwiastków takich jak jod – w celach balneoterapeutycznych.

Analiza nakładów inwestycyjnych i kosztów eksploatacyjnych ciepłowni geotermalnej w gminie Lesznowola eksploatującej wody termalne zbiorników dolnej kredy i dolnej jury wykazała, że uzasadnienie ekonomiczne posiada eksploatacja tylko wód ze zbiornika dolnojurańskiego. Koszty produkcji ciepła z wód termalnych tego zbiornika powinny kształtować

się na poziomie **60 zł/GJ**. Koszt produkcji ciepła z wód termalnych zbiornika dolnokredowego to już blisko **82 zł/GJ**.

Na terenie gminy Lesznówola nie funkcjonuje zbiorcza ciepłownia zaopatrująca mieszkańców w ciepło i ciepłą wodę użytkową, jednak w pobliskim Piasecznie w odległości około 3,5 km od ewentualnej lokalizacji otworu geotermalnego funkcjonuje przedsiębiorstwo ciepłowniczo-usługowe, które mogłoby stać się jednym z odbiorców produkowanej energii. W przypadku Lesznówoli problemem w wykorzystaniu potencjału geotermalnego zbiornika dolnojurańskiego jest konieczność budowy kosztownej sieci przesyłowej. Rejon Mysiadła i Nowej Iwicznej (miejscowości gminy Lesznówola), gdzie przewidywana jest lokalizacja zakładu górniczego i ciepłowni geotermalnej, jest mocno zurbanizowany z dużą liczbą odbiorców w zwartej zabudowie (około 8 tysięcy osób). Ponadto znajdują się tam odbiorcy instytucjonalni (Centrum Edukacji i Sportu, Europejskie Centrum Tenisa, centrum handlowe, szkoła gminna, cerkiew prawosławna). Na terenie Mysiadła przewidywana jest również budowa kompleksu hotelowo-rekreacyjnego i szpitala, które to obiekty mogą być w przyszłości istotnymi odbiorcami energii cieplnej wytwarzanej przez Geotermię Lesznówola. Konieczna jest jednak budowa sieci przesyłowej, która z kosztami odtworzeniowymi istniejącej infrastruktury drogowej może kosztować nawet 41 900 000 zł, z czego koszt budowy samej sieci to około 22 000 000 zł. Wydatki inwestycyjne na tym poziomie spowodują wzrost kosztów produkcji ciepła z dolnojurańskich wód termalnych do około **69 zł/GJ** i z dolnokredowych wód termalnych do około **102 zł/GJ**.

Powyższa analiza pozwala na jednoznaczne wskazanie, że optymalnym kierunkiem wykorzystania zasobów wód termalnych w Lesznówoli jest ciepłownictwo. Ze względu na przewidywane korzystne parametry fizykochemiczne wód termalnych możliwych do ujęcia w gminie Lesznówola w kolejnym etapie po ciepłownictwie kierunkiem ich wykorzystania powinna być rekreacja i balneoterapia. Największą barierą rozwoju geotermii w gminie Lesznówola jest brak sieci ciepłowniczej i konieczność poniesienia bardzo wysokich nakładów na jej budowę. Zagospodarowanie wód termalnych w ciepłownictwie, rekreacji i lecznictwie na terenie gminy Lesznówola może przynieść wiele korzyści zarówno dla mieszkańców aglomeracji warszawskiej, jak i dla środowiska naturalnego. Inwestycja wykorzystująca wody termalne zdecydowanie podniesie atrakcyjność inwestycyjną gminy oraz istotnie zwiększy wpływy do jej budżetu. Kompleksy wykorzystujące wody termalne stanowią coraz bardziej atrakcyjną formę spędzania wolnego czasu, a lecznicze właściwości wód znajdują wykorzystanie w rehabilitacji i kosmetyce. Zważywszy na sąsiedztwo Lesznówoli z ogromnym organizmem miejskim, jakim jest Warszawa, należy spodziewać się, iż kompleks rekreacyjno-balneoterapeutyczny w Geotermii Lesznówola będzie cieszył się stałym zainteresowaniem gości, co może istotnie poprawić wynik ekonomiczny całego przedsięwzięcia. W związku z tym, mimo wysokich początkowych nakładów inwestycyjnych, projekt Geotermia Lesznówola powinien być realizowany.

## LITERATURA

- Barbacki, A. i Bujakowski, W. 2010. Wstępne rozpoznanie wód termalnych w rejonie Warszawy. *Technika Poszukiwań Geologicznych, Geotermia, Zrównoważony Rozwój* nr 1–2, s. 5–15.
- Bednarek, D. i Nocoń, W. 1989. *Dokumentacja wynikowa otworu Czachówek-1*. Niepublikowane. Warszawa: NAG.
- Bojarski, L. red., 1996. *Atlas hydrochemiczny i hydrodynamiczny paleozoiku i mezozoiku oraz ascenzyjnego zasolenia wód podziemnych na Niżu Polskim. Skala 1:1 000 000*. Warszawa: PIG.
- Dadlez, R. red. 1998. *Mapa tektoniczna kompleksu cechsztyńskiego-mezozoicznego na Niżu Polskim. Skala 1:500 000*. Warszawa: PIG.
- Dębowska, J. i Marek, S. red. 1988. Mszczonów IG-1, Mszczonów IG-2. *Profile Głębokich Otworów Wiertniczych Państwowego Instytutu Geologicznego* z. 65, Warszawa: Wyd. Geol.
- Dowgiałło, J. i Paczyński, B. 2002. Podział regionalny wód leczniczych Polski. [W:] *Ocena zasobów dyspozycyjnych wód potencjalnie leczniczych. Poradnik metodyczny* Paczyński B. red. Warszawa: PIG.
- Felter i in. 2016 – Felter, A., Skrzypczyk, L., Socha, M., Sokołowski, J., Stożek, J. i Gryczko-Gostyńska, A. 2016. *Mapa zagospodarowania wód podziemnych zaliczonych do kopalin w Polsce. Skala 1:1 000 000*. Tekst objaśniający. Warszawa: PIG-PIB.
- Felter i in. 2018 – Felter, A., Skrzypczyk, L., Socha, M., Sokołowski, J., Stożek, J., Gryszkiewicz, I. i Gryczko-Gostyńska, A. 2018. *Mapa zagospodarowania wód podziemnych zaliczonych do kopalin w Polsce. Skala 1:1 000 000*. Tekst objaśniający. Warszawa: PIG-PIB.
- Górecki, W. red. 2006. *Atlas zasobów geotermalnych na Niżu Polskim. Formacje mezozoiku*. Kraków: AGH.
- Kondracki, J. 2002. *Geografia Polski. Mezoregiony fizycznogeograficzne*. Warszawa: Wyd. Nauk. PWN.
- Marek, S. red. 1983. Budowa geologiczna niecki warszawskiej (płockiej) i jej podłoża. *Prace IG* nr 103.
- Skrzypczyk, L. i Sokołowski, J. 2017. Solanki, wody lecznicze i termalne. [W:] *Bilans zasobów złóż kopalin w Polsce wg stanu na 31 XII 2016 r.* (Szufficki M., Malon A., Tymiński M. red.). Warszawa: PIG-PIB.
- Socha i in. 2016a – Socha, M., Sadurski, A. i Skrzypczyk, L. 2016a. Możliwości wykorzystania energii geotermalnej w rejonie aglomeracji warszawskiej na tle analizy kosztów finansowych. *Przegląd Geologiczny* vol. 64, nr.7.
- Socha i in. 2016b – Socha, M., Sokołowski, J., Felter, A. i Stożek, J. 2016b. Charakterystyka występowania wód termalnych w rejonie aglomeracji warszawskiej oraz wstępna ocena możliwości ich zagospodarowania. *Technika Poszukiwań Geologicznych, Geotermia, Zrównoważony Rozwój* z. 2, s. 17–32.
- Szarszewska, Z. 1981. *Aneks do dokumentacji hydrogeologicznej zasobów wód leczniczych w kategorii B ujętych otworem Warszawa IG-1*. Niepublikowane. Warszawa: NAG.
- Taube, J. 1958. *Karta otworu Iwiczna IG-1*. Niepublikowane. Warszawa: NAG.
- Znosko, J. red. 1998. *Atlas tektoniczny Polski*. Warszawa: PIG.

Strony internetowe:

[Online] [www.gkpge.pl](http://www.gkpge.pl) [Dostęp: 1.07.2018].

[Online] [www.lesznowola.pl](http://www.lesznowola.pl) [Dostęp: 1.07.2018].

[Online] [www.nfosigw.gov.pl](http://www.nfosigw.gov.pl) [Dostęp: 1.07.2018].

[Online] [www.pse.pl](http://www.pse.pl) [Dostęp: 1.07.2018].

[Online] [www.spdpsh.pgi.gov.pl/](http://www.spdpsh.pgi.gov.pl/) [Dostęp: 1.07.2018].

[Online] [www.termen.pl](http://www.termen.pl) [Dostęp: 1.07.2018].

[Online] [www.zus.pl](http://www.zus.pl) [Dostęp: 1.07.2018].

## **ASSESSMENT OF THE POSSIBILITIES OF USING THERMAL WATER IN THE LESZNOWOLA COMMUNE AREA**

### **ABSTRACT**

The article presents data concerning the potential of thermal waters in Lesznowola commune and in its close vicinity. In terms of tectonics, the analyzed region is located in the central part of the Warsaw Basin, and belongs to the Piaseczno County of the Warsaw agglomeration.

On the basis of information from the Mineral and Thermal Groundwater Database and archive studies, the hydrogeological parameters of geothermal reservoirs located within the Lesznowola commune were estimated. The exploitation possibilities of thermal waters from individual reservoirs were determined. After the estimation of investment efforts and operating expenses, the costs and the probable heat production of 1 GJ from the selected aquifers were calculated. This allowed the most prospective reservoirs and usage directions for thermal waters in Lesznowola to be identified. Based on the calculated values and the collected data, the geothermal reservoir of the Lower Jurassic area was considered as optimal for development and the use of those waters for heating purposes was proposed, as well as in recreation and balneotherapy.

### **KEYWORDS**

Thermal waters, Lesznowola, potential assessment, power engineering