

Wstępne studium techniczno-ekonomiczne  
wykorzystania wód termalnych

# MOGILNO



PAŃSTWOWY  
INSTYTUT  
GEOLOGICZNY



Ministerstwo  
Klimatu i Środowiska

Państwowy Instytut Geologiczny – Państwowy Instytut Badawczy  
Program Geologii Złóżowej i Gospodarczej  
Kierownik: Marcin Szuflicki

Skład autorski:

mgr inż. Bartłomiej Ciapała<sup>1</sup>, mgr Izabella Gryszkiewicz<sup>2</sup>, mgr inż. Marek Hajto<sup>1</sup>,  
dr inż. Michał Kaczmarczyk<sup>1</sup>, mgr inż. Dorota Lasek-Woroszkiewicz<sup>2</sup>, dr hab. inż. Leszek Pająk<sup>1</sup>,  
mgr Łukasz Smajdor<sup>2</sup>, dr Mariusz Socha<sup>2</sup>, dr hab. inż. Anna Sowiżdżał<sup>1</sup>, mgr Jadwiga Stożek<sup>2</sup>,  
dr hab. inż. Barbara Tomaszewska<sup>1</sup>, mgr inż. Agnieszka Wrzosek<sup>2</sup>, mgr Ewa Zapora<sup>2</sup>

<sup>1</sup>Akademia Górniczo-Hutnicza im. Stanisława Staszica, al. Mickiewicza 30, Kraków

<sup>2</sup>Państwowy Instytut Geologiczny – Państwowy Instytut Badawczy, ul. Rakowiecka 4, Warszawa

Redakcja i projekt typograficzny:

Anna Andraszek, Łukasz Borkowski, Agnieszka Byliniak, Monika Masiak

Projekt graficzny:

Monika Cyrklewicz



Ministerstwo Klimatu i Środowiska  
Departament Geologii i Koncesji Geologicznych



Państwowy Instytut Geologiczny  
Państwowy Instytut Badawczy

Warszawa, 2020



Sfinansowano ze środków  
Narodowego Funduszu  
Ochrony Środowiska  
i Gospodarki Wodnej

# SPIS TREŚCI

<b>1.</b>	<b>CHARAKTERYSTYKA MIASTA/GMINY</b>	<b>2</b>
1.1.	LOKALIZACJA	2
1.2.	FIZJOGRAFIA	3
1.3.	WARUNKI HYDROGEOTERMALNE	3
<b>2.</b>	<b>OGÓLNA CHARAKTERYSTYKA RYNKU CIEPŁOWNICZEGO</b>	<b>4</b>
<b>3.</b>	<b>KONCEPCJA BUDOWY CIEPŁOWNI GEOTERMALNEJ</b>	<b>6</b>
3.1.	GŁÓWNE PARAMETRY TECHNICZNE PROJEKTU	7
3.2.	BILANS ENERGETYCZNY ANALIZOWANEGO ODBIORCY ENERGII	8
3.2.1.	Odbiorca komunalny – sieć ciepłownicza	8
3.2.2.	Obiekty rekreacyjne – baseny geotermalne	10
3.2.3.	Wykorzystanie energii geotermalnej w systemie kaskadowym – – sieć ciepłownicza oraz baseny geotermalne	10
<b>4.</b>	<b>WSTĘPNA OCENA FINANSOWA</b>	<b>15</b>
4.1.	ZAŁOŻENIA DO WSTĘPNEJ OCENY FINANSOWEJ	15
4.2.	ODBIORCA KOMUNALNY – SIEĆ CIEPŁOWNICZA	16
4.2.1.	Nakłady inwestycyjne	16
4.2.2.	Koszty operacyjne	16
4.2.3.	Ocena finansowa	16
4.3.	OBIEKTY REKREACYJNE – BASENY GEOTERMALNE	16
4.3.1.	Nakłady inwestycyjne	16
4.3.2.	Koszty operacyjne	16
4.3.3.	Ocena finansowa	16
4.4.	WYKORZYSTANIE ENERGII GEOTERMALNEJ W SYSTEMIE KASKADOWYM – SIEĆ CIEPŁOWNICZA ORAZ BASENY GEOTERMALNE	19
4.4.1.	Nakłady inwestycyjne	19
4.4.2.	Koszty operacyjne	19
4.4.3.	Ocena finansowa	19
<b>5.</b>	<b>STAN ŚRODOWISKA</b>	<b>20</b>
<b>6.</b>	<b>ODDZIAŁYWANIE PROJEKTU NA ŚRODOWISKO NATURALNE</b>	<b>21</b>
<b>7.</b>	<b>PROGNOZA STANU TERMODYNAMICZNEGO I MOŻLIWOŚCI ZAGOSPODAROWANIA WÓD TERMALNYCH</b>	<b>24</b>
<b>8.</b>	<b>WNIOSKI</b>	<b>27</b>
<b>9.</b>	<b>INICJATORZY / PROMOTORZY PROJEKTU</b>	<b>28</b>

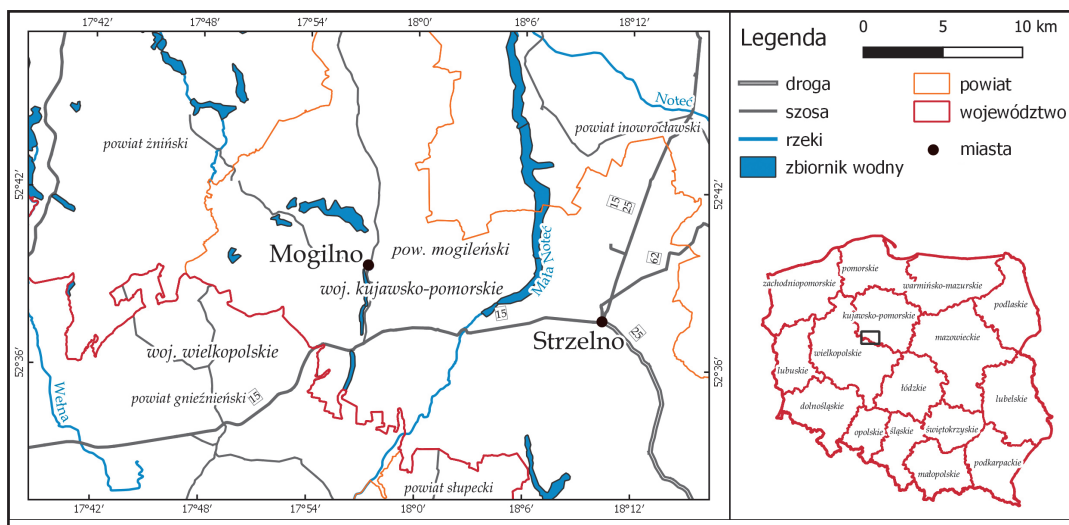
# 1 CHARAKTERYSTYKA MIASTA | GMINY

## 1.1.

### LOKALIZACJA

Gmina Mogilno jest położona w południowo-zachodniej części województwa kujawsko-pomorskiego w powiecie mogileńskim. Stanowi jedną z 4 gmin w powiecie mogileńskim i zajmuje obszar o powierzchni 256 km<sup>2</sup>. Sieć osadniczą gminy stanowi 30 sołectw oraz miasto Mogilno. Gmina graniczy na zachodzie z gminą Trze-

meszno i Rogowo, na północy z gminą Gąsawa i Dąbrowa, na wschodzie z gminą Jankowo i Strzelno a na południu z gminą Orchowo. Na terenie gminy Mogilno znajduje się złożo soli kamiennej Mogilno I (na terenie wsi Przyjma oraz Pałudzie Dolne) ok. 10 km na zachód od Mogilna. Przez teren gminy przebiega droga krajowa nr 15. Lokalizację gminy Mogilno na tle mapy podziału administracyjnego pokazano na rysunku 1.1.



Rysunek 1.1.  
Lokalizacja gminy Mogilno na tle mapy podziału administracyjnego



## 1.2.

### FIZJOGRAFIA

Pod względem fizjograficznym rejon gminy Mogilno położony jest w mezoregionie Pojezierza Gnieźnieńskiego (Kondracki, 1998), należącym do makroregionu Pojezierza Wielkopolskiego. Jest to równina morenowa poprzecinana południkowo ciągami jezior rynnowych i wzgórz morenowych. Decydujący wpływ na ukształtowanie obecnej rzeźby omawianego terenu miało zlodowacenie północnopolskie.

## 1.3.

### WARUNKI HYDROGEOTERMALNE

Mogilno znajduje się w północno-zachodniej części niecki mogileńsko-łódzkiej, a jego zachodnia część w obrębie jednostki zwanej strukturą Mogilna. Struktura Mogilna to antyklinalne wypiętrzenie utworów mezozoicznych, w jądrze których występują osady cechsztyńskiej serii solnej, sięgającej głębokości ponad 6 000 m, pod którą występują starsze utwory paleozoiczne. W rzucie poziomym struktura Mogilna ma kształt elipsy o długości ok. 25 km i szerokości ok. 4 km. Oś podłużna struktury ma kierunek WNW–ESE.

Rozwój struktury solnej miał decydujący wpływ na redukcję miąższości oraz wykształcenie facjalne mezozoicznej pokrywy osadowej. Osady cechsztyńskie tworzące formację solonośną zalegają na głębokości 5 000–6 000 m i zostały wydzwignięte na skutek ruchów górotwórczych i halokinetycznych w formę wysadu przebijającego utwory mezozoiczne i paleogeńsko-neogeńskie.

Wysad pokrywa czapa o miąższości 100–160 m, którą tworzą anhydryty z przerostami gipsu, niekiedy z przerostami soli, iłowców i brekcji. Otoczenie wysadu stanowią utwory mezozoiczne triasu wykształcone w postaci iłowców i mułowców z wkładkami piaskowców i anhydrytu oraz jury reprezentowanej przez wapienie margliste, piaskowce i iłowce. Ponad nimi leżą utwory paleogenu/neogenu i czwartorzędu (Wilkosz, 2012).

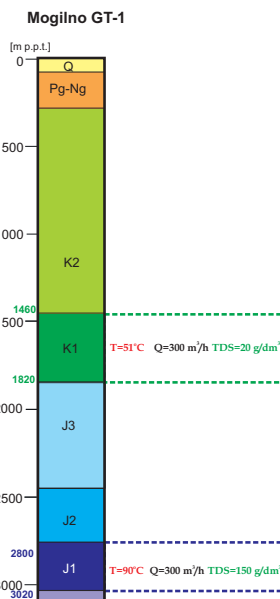
W rejonie Mogilna największe znaczenie będą miały wody termalne dwóch zbiorników: dolnojurańskiego oraz dolnokredowego. Na uwagę zasługuje wysoka potencjalna wydajność otworów udostępniających oba zbiorniki do 300 m<sup>3</sup>/h.

Strop zbiornika dolnojurańskiego zalega na głębokości 2 800 m p.p.t., spąg na głębokości 3020 m p.p.t. a jego miąższość całkowita wynosi 220 m. Należy spodziewać się, że temperatura w obrębie wodonośnych utworów

Powierzchnia terenu jest lekko pofalowana ze słabo zarysowującymi się w topografii pagórami moren spiętrzonych oraz moren akumulacyjnych i kemów. Obszar ten zbudowany jest głównie z osadów glacialnych fazy poznańsko-dobrzyńskiej, charakteryzujący się znacznym rozwojem rynien jeziornych o kierunku południkowym. Wzgórza morenowe pomiędzy Pałędziem Kościelnym a Wylatowem osiągnęły wysokość 150–170 m n.p.m., a nisko położone okolice jezior 90–115 m n.p.m.

jury dolnej wyniesie ok. 90°C, a mineralizacja wód ok. 150 g/dm<sup>3</sup>.

W rejonie Mogilna wody termalne mogą występować również w dolnokredowym zbiorniku geotermalnym, który występuje na głębokościach 1 460–1 820 m p.p.t. (miąższość 360 m). Wody tego zbiornika będą prawdopodobnie charakteryzować się temperaturami ok. 50°C oraz mineralizacją na poziomie 20 g/dm<sup>3</sup>. Przewidywany profil stratygraficzny rejonu Mogilna przedstawiono na rysunku 1.2.



Rysunek 1.2.  
Przewidywany profil stratygraficzny rejonu Mogilna

## 2 OGÓLNA CHARAKTERYSTYKA RYNKU CIEPŁOWNICZEGO

Na terenie Gminy funkcjonuje ciepłownia miejska przy ul. Polnej 4. Wyposażona jest ona w 3 kotły KR-m 2,9 o mocy 8,7 MW. Paliwem dla ciepłowni jest węgiel. Dostarczane ciepło zużywane jest na potrzeby centralnego ogrzewania, ciepłej wody użytkowej budynków mieszkalnych i obiektów użyteczności publicznej zlokalizowanych na osiedlach mieszkaniowych Powstańców Wlkp., Sportowa, 22 Stycznia, 900-lecia, ul. Jana Pawła II, do szkół przy ul. Powstańców Wlkp. 33 i Piłsudskiego 18 oraz do krytej pływalni. Mogileńskie Przedsiębiorstwo Gospodarki Komunalnej Sp. z o.o. posiada także miejską kotłownię gazową, o mocy 2,8 MW, zlokalizowaną przy ul. Dworcowej 3a. Zaopatruje ona w ciepło budynki mieszkalne wielorodzinne zlokalizowane przy ul. Dworcowej, Kościuszki 2 i 2A, Hallera 29, 31 i 33, kilka domków jednorodzinnych przy ul. Hallera, Zespół Szkół przy ul. Dworcowej, przychodnię i ZOZ przy ul. Kościuszki oraz Urząd Miejski.

Mogileńskie Przedsiębiorstwo Gospodarki Komunalnej Sp. z o.o. posiada także miejską kotłownię gazową, o mocy 2,8 MW, zlokalizowaną przy ul. Dworcowej 3a. Zaopatruje ona w ciepło budynki mieszkalne wielorodzinne zlokalizowane przy ulicach Dworcowej, Kościuszki 2 i 2A, Hallera 29, 31 i 33, kilka domków jednorodzinnych przy ul. Hallera, Zespół Szkół przy ul. Dworcowej, przychodnię i ZOZ przy ul. Kościuszki oraz Urząd Miejski. Ponadto przy ul. Obrońców Mogilna 1 znajduje się lokalna kotłownia opalana olejem opałowym lekkim o mocy zainstalowanej 0,063 MW, a także szereg kotłowni gazowych o łącznej mocy 1,591 MW:

- ul. Rynek 8 – 0,396 MW;
- ul. Padniewska 23 – 0,216 MW;
- ul. Kościuszki 30 – 0,216 MW;

- ul. Konopnickiej 20a – 0,14 MW;
- ul. 900-lecia 24 – 0,13 MW;
- ul. Słowackiego 12 – 0,125 MW;
- Plac Wolności 10 – 0,1 MW;
- ul. Łąkowa 1 – 0,084 MW;
- ul. Betonowa 1 – 0,042 MW;
- ul. Pułaskiego 6 – 0,034 MW;
- ul. Korczaka 1 – 0,108 MW.

Szacunkowe zapotrzebowanie na energię cieplną, wraz z informacjami dot. stosowanego paliwa oraz struktury zapotrzebowania na moc grzewczą dla miasta Mogilno przedstawiono w tabeli 2.1.

Podstawowe informacje dotyczące funkcjonujących źródeł energii cieplnej w rejonie miasta przedstawiono w tabelach 2.2 i 2.3.

W gminie Mogilno funkcjonuje sieć gazownicza. Na terenie gminy znajduje się gazociąg wysokiego ciśnienia. Stacja gazowa w miejscowości Mogilno o niezna-nej wydajności zaopatruje odbiorców w gminie przez sieć gazowniczą średniego i/lub niskiego ciśnienia. W 2014 roku w gminie Mogilno stopień gazyfikacji wynosił 44,8%, a zużycie gazu ziemnego wynosiło 180 m<sup>3</sup>/osobę (ok. 2 576 400 m<sup>3</sup> rocznie).

Zaopatrzenie indywidualne obiektów w większości (90%) bazuje na paliwach stałych wykorzystywanych w kotłach i innych paleniskach. W mniejszej części indywidualne zaopatrzenie w ciepło zapewniane jest z wykorzystaniem urządzeń zasilanych przez paliwa gazowe. Inne źródła zaopatrzenia w ciepło, takie jak ogrzewanie elektryczne nie są wskazywane przez Plan Gospodarki Niskoemisyjnej (PGN) w jakichkolwiek ilościach. Zestawienie stawek opłat za wytworzenie i przesył ciepła przez MPKG Sp. z .o.o. przedstawiono w tabeli 2.3.

SYSTEM CIEPŁOWNICZY MIASTA	scentralizowany	66,14%
	zdecentralizowany	33,86%
STOSOWANE PALIWO	węgiel	66,14%
	gaz typu E (GZ50)	31,86%
	olej opałowy	2,00%
ZAPOTRZEBOWANIE NA MOC GRZEWĄCĄ	moc	13,15 MW
Uwagi: Opracowano na podstawie PGN dla Gminy Mogilno, 2016		

Tabela 2.1.  
Szacunkowe zapotrzebowanie miasta Mogilno na moc grzewczą

NAZWA ŹRÓDŁA CIEPŁA		2 KOTŁOWNIE LOKALNE	
		1	2
Właściciel	Mogileńskie Przedsiębiorstwo Gospodarki Komunalnej Sp. z o.o.		
Moc cieplna źródła [MW]	11,5	8,7	2,2
Stosowane paliwo	miał węglowy	węgiel	gaz ziemny typu E
Dostawy ciepła	c.o. / c.w.u.*		
Sieci ciepłownicze	własne		
<b>Uwagi:</b> Dodatkowo w gminie funkcjonują kotłownie lokalne, 1 opalana olejem opałowym lekkim o mocy zainstalowanej 0,063 MW, a także 11 kotłowni gazowych o łącznej mocy 1,591 MW			

\*c.o. – centralne ogrzewanie, c.w.u. – ciepła woda użytkowa

**Tabela 2.2.**  
Charakterystyka wytwórców ciepła w Mogilnie

WŁAŚCICIEL SYSTEMU DYSTRYBUCJI	Mogileńskie Przedsiębiorstwo Gospodarki Komunalnej Sp. z o.o.
OPŁATY ZA ENERGIĘ CIEPLNĄ (WYTWARZANIE)	41,76 [zł/GJ]
OPŁATY ZA ENERGIĘ CIEPLNĄ (PRZESYŁ /OPŁATA STAŁA)	1 413,96–2 109,11 [zł/MW/miesiąc]
OPŁATY ZA ENERGIĘ CIEPLNĄ (PRZESYŁ /OPŁATA ZMIENNA)	9,54–12,10 [zł/GJ]
<b>Uwagi:</b> Opracowano na podstawie taryfy dla ciepła MPGK Sp. z o.o.	

**Tabela 2.3.**  
Stawki opłat za wytworzenie i przesył ciepła w Mogilnie





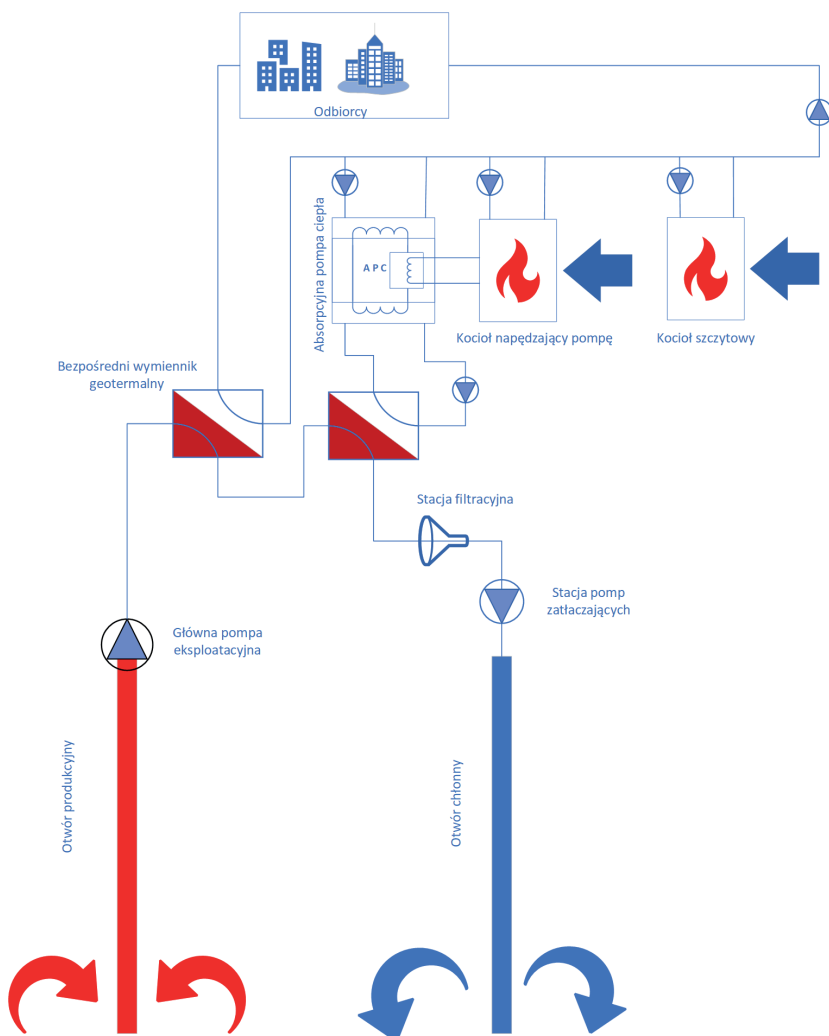
### 3

## KONCEPCJA BUDOWY CIEPŁOWNI GEOTERMALNEJ

Ciepłownia geotermalna bazuje na dostępnych, prognozowanych warunkach złożowych (tab. 3.1) oraz dostępnym rynku zbytu na ciepło. W rozdziale przedstawiono analizowane charakterystyki odbiorcy energii oraz sposoby pokrycia zapotrzebowania dostępnymi źródłami energii. Koncepcja budowy ciepłowni geotermalnej wykorzystuje ogólny schemat techno-

logiczny instalacji źródła energii przedstawiony na rysunku 3.1.

W Mogilnie jest dostęp do sieciowego gazu ziemnego, istnieje również sieć ciepłownicza. Schemat pracy źródła energii jest następujący: woda termalna jest wydobywana na powierzchnię otworem produkcyjnym, o głębokości stosownej do głębokości zale-



Rysunek 3.1.

Ogólny schemat technologiczny geotermalnego źródła energii wykorzystującego zasoby geotermalne, absorpcyjne pompy ciepła i kotły wspomaganie szczytowe na gaz ziemny dla Mogilna



gania horyzontu wodonośnego. Wyływając ze strefy filtra otworu produkcyjnego, woda termalna traci część zawartej w niej energii, co skutkuje tym, że temperatura na głowicy otworu produkcyjnego jest niższa od temperatury złożowej. Różnica między temperaturą w strefie złoża i na głowicy będzie tym mniejsza im większy będzie strumień pozyskiwanej wody termalnej. Fakt ten jest brany pod uwagę w obliczeniach.

Następnie woda termalna kierowana jest do instalacji źródła energii. Jeżeli jej temperatura na głowicy otworu jest wyższa od temperatury powrotu czynnika pośredniczącego w wymianie energii między źródłem a odbiorcą, to woda kierowana jest na bezpośredni geotermalny wymiennik ciepła (bezpośredni wymiennik geotermalny). Podgrzewa tam wodę powrotną instalacji ciepłowniczej do możliwie wysokiej temperatury. Ten stopień odzysku energii z wód termalnych ma największą wartość, ponieważ pozyskana energia nie wymaga stosowania żadnych, poza wodą termalną, dodatkowych nośników. Następnie, jeżeli temperatura wody termalnej jest na tyle wysoka (powyżej 20°C), że może zostać ona wykorzystana jako źródło dolne dla absorpcyjnych pomp ciepła, to zawarta w wodzie energia jest w ten sposób zagospodarowywana. Wa-

runkiem sugerującym konieczność wykorzystania pomp ciepła jest nieosiągnięcie przez wodę obiegu ciepłowniczego wymaganej temperatury zasilania odbiorcy (uwzględniając straty ciepła na przesyle). Granicę temperatury, do której zakłada się ochładzanie wody termalnej w pompach ciepła, stanowi temperatura 20°C.

Moc źródła dolnego możliwa do pozyskania limituje zatem moc pomp ciepła. Jeżeli w źródle energii nadal istnieje deficyt mocy (temperatura wody obiegu ciepłowniczego nadal nie osiągnęła temperatury wymaganej), to niezbędną część mocy dostarczają kotły wspomaganie szczytowego – zasilane sieciowym gazem ziemnym. W ocenie konsumpcji nośników energii brana jest pod uwagę energia elektryczna, wykorzystywana do napędu pomp eksploatacyjnych i załączających. Ilość zużywanej energii elektrycznej uzależniona jest od parametrów złożowych i strumienia eksploatowanej wody termalnej. W bilansie emisji globalnej brana jest również pod uwagę emisja związana ze zużywaną energią elektryczną.

### 3.1

#### GŁÓWNE PARAMETRY TECHNICZNE PROJEKTU

Przewidywane parametry ujęcia wód termalnych zestawiono w tabeli 3.1.

PARAMETR	WARTOŚĆ
Udostępniony poziom wodonośny	jura dolna
Liczba otworów	2
Głębokość otworu (dipola) ( $\pm 10\%$ )	3 020 m
Głębokość zalegania stropu poziomu wodonośnego	2 800 m p.p.t.
Mineralizacja ogólna wody termalnej	150 g/dm <sup>3</sup>
Temperatura wody w złożu / na wyływie	90/89°C
Potencjalna wydajność eksploatacyjna ujęcia	300 m <sup>3</sup> /h

Tabela 3.1.

Ważniejsze parametry eksploatacyjne źródła termalnego w Mogilnie

### 3.2.

#### BILANS ENERGETYCZNY ANALIZOWANEGO ODBIORCY ENERGII

W kolejnych rozdziałach przedstawiono charakterystykę wykorzystania energii geotermalnej w celu zaspokojenia potrzeb analizowanych grup odbiorców w Mogilnie. W mieście dostępna jest sieć ciepłownicza i gazownicza. Zapotrzebowanie na moc i energię sieci ciepłowniczej zestawiono w tabeli 3.2. W poniższych rozdziałach opisano dane techniczne i ekonomiczne dotyczące możliwości zagospodarowania wód termalnych w rejonie Mogilna.

##### 3.2.1.

#### ODBIORCA KOMUNALNY – SIEĆ CIEPŁOWNICZA

Odbiorca komunalny wykorzystuje energię geotermalną w celu zaspokojenia potrzeb związanych z centralnym ogrzewaniem i przygotowaniem ciepłej wody użytkowej. Zapotrzebowanie na całkowitą moc grzewczą przedstawiono w tabeli 3.2. Moc geotermalną możliwą do pozyskania oszacowano na ok. 24 MW, zakładając wykorzystanie pełnego strumienia wody, przy jej schłodzeniu do 20°C. Przekracza to znacząco potrzeby, szacowane na ok. 13,15 MW. Celowa jest zatem redukcja eksploatowanego strumienia wody termalnej.

Wartość eksploatowanego strumienia zostanie określona poniżej, tak by uzyskać minimalne koszty całkowite jednostkowe wytwarzania energii. W ten sposób

ustalono optymalną wartość eksploatowanego strumienia na poziomie 130 m<sup>3</sup>/h. Zbiornicą charakterystykę odbiorców energii włączonych do sieci przedstawiono na rysunkach 3.2 i 3.3.

Krzywe z rysunku 3.2 przedstawiają chwilowe, uporządkowane malejąco, zapotrzebowanie na moc grzewczą związaną z centralnym ogrzewaniem i przygotowaniem ciepłej wody użytkowej, począwszy od miesiąca o najwyższym zapotrzebowaniu na energię (nie według kolejnych miesięcy w roku). Ważniejsze parametry eksploatacyjne systemu w Mogilnie przedstawiono w tabeli 3.2.

Określona moc cieplna ciepłowni geotermalnej wynosi 16,9 MW (tab. 3.2), co przekracza zapotrzebowanie miejscowości. Należy jednak zwrócić uwagę, że moc zainstalowana w ciepłowni geotermalnej nie jest tożsama z mocą maksymalną osiąganą przez nią, w warunkach roboczych – dzieje się tak, ponieważ nie wszystkie źródła mogą osiągnąć w tym dowolnym czasie moc maksymalną zainstalowaną (czego najlepszym przykładem jest bezpośredni wymiennik geotermalny). Realna moc maksymalna osiągnięta ciepłowni wynosi ok. 11,4 MW (rys. 3.2).

Na rysunku 3.2 przedstawiono uporządkowany malejąco wykres zapotrzebowania na moc grzewczą odbiorcy komunalnego, natomiast rysunku 3.3 – wykres uporządkowany malejąco sterowania mocą dostarczoną.

POZYCJA BILANSU	WARTOŚĆ
Szczytowe źródło ciepła	kocioł gazowy
Nominalna moc ciepłowni geotermalnej	16,9 MW
Nominalna moc wymiennika geotermalnego	6,4 MW
Nominalna moc grzewcza pomp ciepła	4,7 MW
Nominalna moc kotła szczytowego	5,8 MW
Roczna produkcja ciepła:	
– geotermalnego	97,6 TJ (100%)
– z kotłów szczytowych i kotłów napędzających pompy ciepła	95,7 TJ (98%) 2,0 TJ (2%)
Roczny współczynnik obciążenia wymiennika	0,269
Roczne zużycie paliwa kopalnego (gazu ziemnego typu E (GZ 50)	61,8 tys. m <sup>3</sup>
Roczne zużycie energii elektrycznej	1 454 MWh
Dostawy ciepła	96,9 TJ c.o./ c.w.u.(w sezonie letnim 100% c.g.*)

\*c.g. – ciepło geotermalne

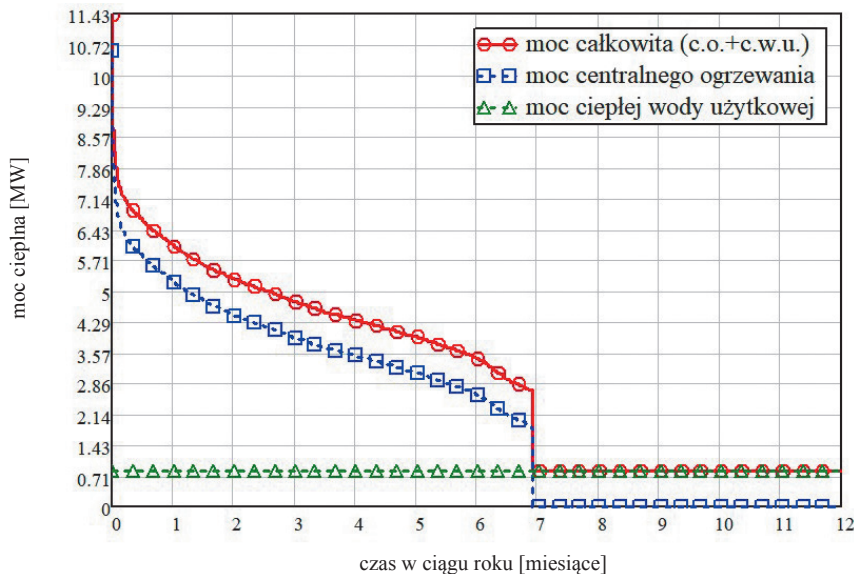
Tabela 3.2.

Bilans energetyczny geotermalnego systemu ciepłowniczego w Mogilnie

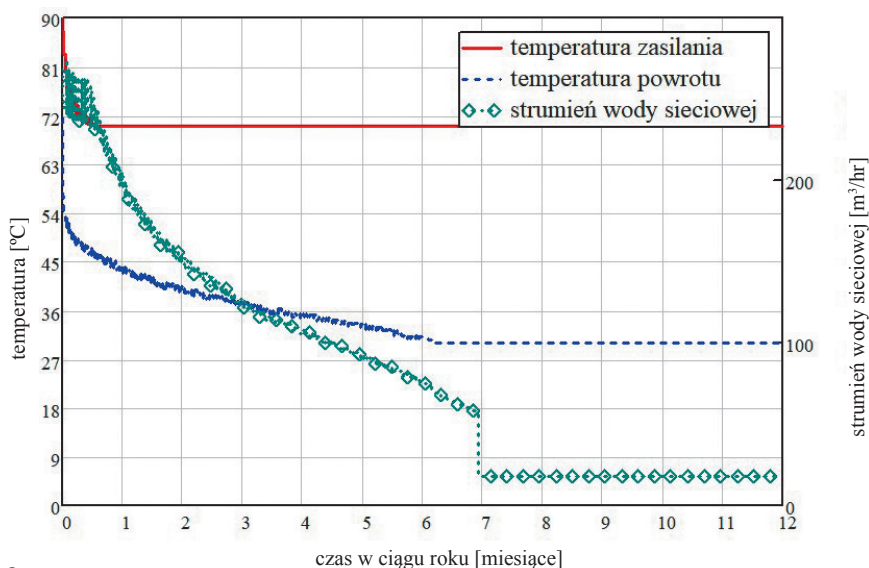
Założono, że instalacje grzewcze odbiorców zostaną zaprojektowane na parametry 95/50°C, a instalacje przygotowania ciepłej wody na parametry 70/30°C (rys. 3.3).

Wykorzystując model matematyczny źródła energii oraz charakterystykę odbiorcy, a także uwzględniając straty na przesył energii, określono harmonogram pracy geotermalnego źródła energii, który przedstawiono na krzywych uporządkowanych malejąco (rys. 3.4).

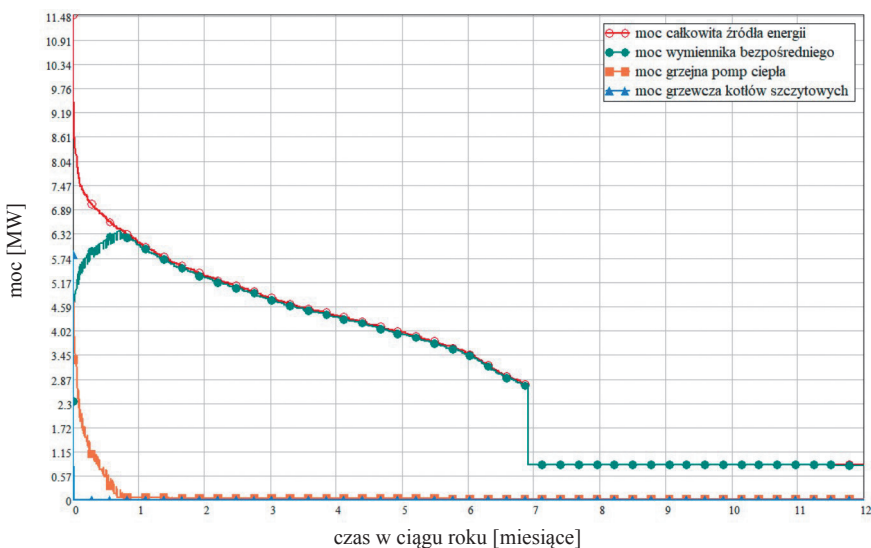
Z rysunku 3.4 wynika, że dominujące znaczenie w produkcji energii odgrywa bezpośredni wymiennik ciepła, który dzięki wysokiej temperaturze wody termalnej, jest w stanie dostarczyć ponad 6,3 MW mocy. Pracuje on przez cały rok, przejmując latem całkowicie pokrycie zapotrzebowania na c.w.u. Pompy ciepła stanowią uzupełnienie bilansu zapotrzebowania na moc i pracują przez niespełna miesiąc z mocą maksymalną rzędu 4,7 MW.



**Rysunek 3.2.**  
Krzywa (uporządkowana malejąco) zapotrzebowania na moc grzewczą związaną z ogrzewaniem i przygotowaniem ciepłej wody użytkowej dla odbiorcy komunalnego w Mogilnie



**Rysunek 3.3.**  
Krzywa (uporządkowana malejąco) sterowania mocą dostarczoną do odbiorcy komunalnego w Mogilnie



Rysunek 3.4.

Krzywa (uporządkowana malejąco) pokrycia zapotrzebowania na moc grzewczą związaną z ogrzewaniem i przygotowaniem ciepłej wody użytkowej, przy wykorzystaniu analizowanych źródeł energii dla obiektów komunalnych w Mogilnie

### 3.2.2.

#### OBIEKTY REKREACYJNE – BASENY GEOTERMALNE

Podstawowe dane dotyczące wykorzystania energii geotermalnej w celu zaspokojenia potrzeb cieplnych obiektu rekreacyjnego zestawiono w tabeli 3.3.

Na rysunku 3.5 przedstawiono chwilowe, uporządkowane malejąco zapotrzebowanie na moc grzewczą kompleksu rekreacyjnego, natomiast na rysunku 3.6 uporządkowany malejąco wykres sterowania mocą dostarczoną odbiorcy. Założono, że obiekt został wyposażony w instalacje ogrzewania niskotemperaturowego 60/35°C, a instalacja przygotowania ciepłej wody na parametry 60/20°C.

Na rysunku 3.7 przedstawiono uporządkowane malejąco krzywe pokrycia potrzeb cieplnych obiektu źródłem energii wykorzystującym geotermię. Z harmonogramu pracy źródeł wynika, że nie jest konieczne stosowanie kotłów wspomagania szczytowego.

Dostępne zasoby pozwalają zaspokoić potrzeby obiektu przy wykorzystaniu wymiennika bezpośredniego i pomp ciepła. Dominująca część energii cieplnej pozyskiwana jest z wymiennika bezpośredniego, który pracuje przez cały rok. Pompy ciepła uzupełniają deficyt mocy lub temperatury.

### 3.2.3.

#### WYKORZYSTANIE ENERGII GEOTERMALNEJ W SYSTEMIE KASKADOWYM – SIĘĆ CIEPŁOWNICZA ORAZ BASENY GEOTERMALNE

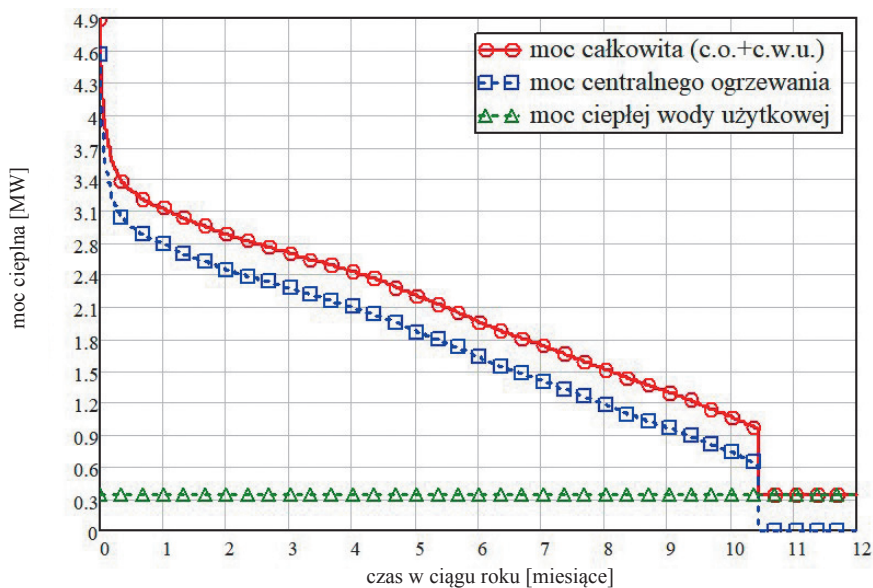
W skład systemu kaskadowego wchodzi odbiorca komunalny i rekreacyjny. Moc odbiorcy jest równa sumie mocy odbiorcy komunalnego i rekreacyjnego. Zestawienie bilansu energetycznego systemu kaskadowego przedstawia tabela 3.4.

Na rysunku 3.8 przedstawiono uporządkowaną malejąco krzywą zapotrzebowania na moc odbiorcy kaskadowego, jest ona sumą krzywych opisujących zapotrzebowanie na moc odbiorcy komunalnego i rekreacyjnego, a rysunek 3.9 przedstawia krzywą uporządkowaną malejąco sterowania mocą dostarczoną.

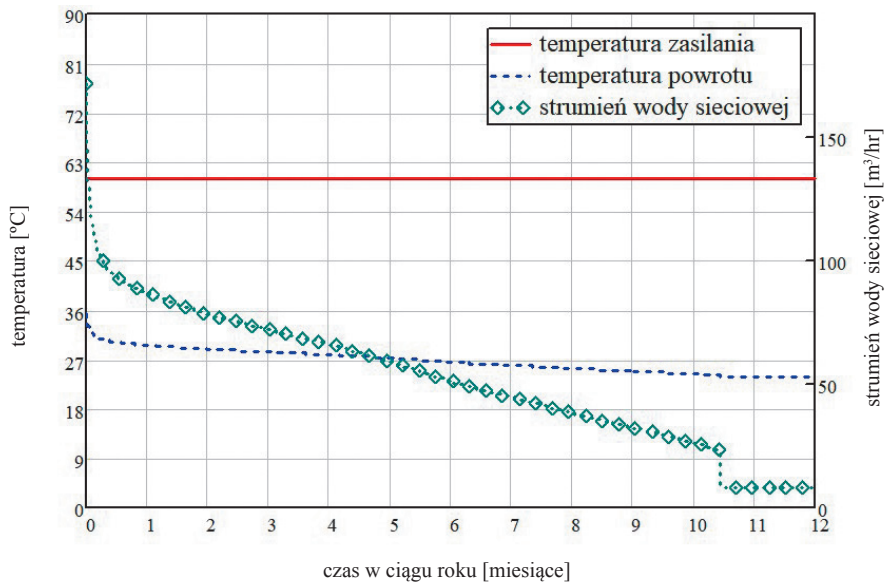
Dzięki wyrównanemu zapotrzebowaniu na moc w ciągu roku i dość wysokiej temperaturze wody termalnej źródło energii dostarcza w sposób wyrównany energię geotermalną pozyskiwaną wymiennikiem bezpośrednim – moc pozyskiwana bezpośrednio z geotermii przekracza 9 MW (rys. 3.10). Pompy ciepła i szczytowe kotły wspomagające pracują przez niewielką część roku.

POZYCJA BILANSU	WARTOŚĆ
Szczytowe źródło ciepła	brak
Nominalna moc ciepłowni geotermalnej	4,9 MW
Nominalna moc wymiennika geotermalnego	4,9 MW
Nominalna moc grzewcza pomp ciepła	0,02 MW
Nominalna moc kotła szczytowego	n/d
Roczna produkcja ciepła: – geotermalnego – z kotłów szczytowych i kotłów napędzających pompy ciepła	61,7 TJ (100%) 61,4 TJ (99%) 0,3 TJ (1%)
Roczny współczynnik obciążenia wymiennika	0,396
Roczne zużycie paliwa kopalnego (gazu ziemnego typu E – GZ 50)	9,7 tys. m <sup>3</sup>
Roczne zużycie energii elektrycznej	895 MWh
Dostawy ciepła	61,2 TJ c.o./ c.w.u.(w sezonie letnim 100% c.g.)

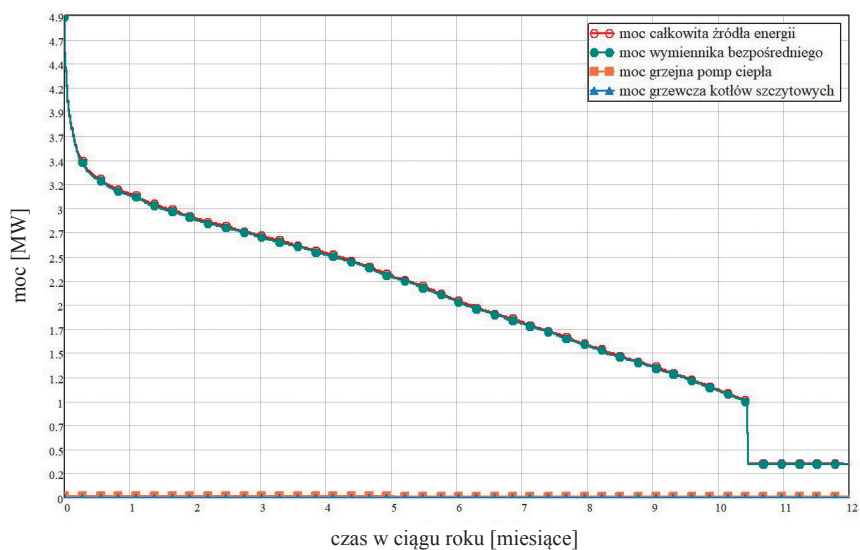
Tabela 3.3.  
Bilans energetyczny systemu geotermalnego (rekreacja) w Mogilnie



Rysunek 3.5.  
Krzywa (uporządkowana malejąco) zapotrzebowania na moc grzewczą związaną z ogrzewaniem i przygotowaniem ciepłej wody użytkowej dla obiektów typu baseny rekreacyjne w Mogilnie



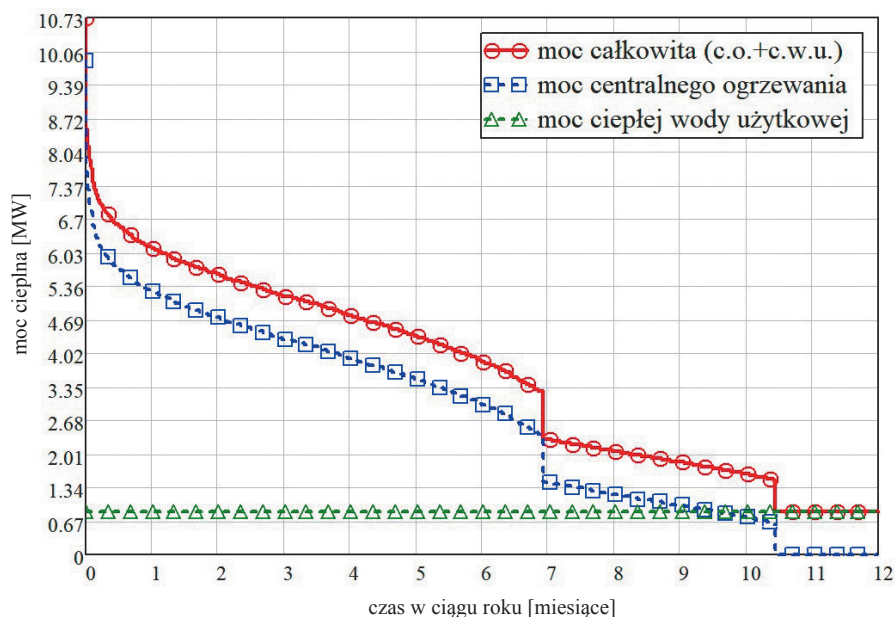
Rysunek 3.6.  
Krzywa (uporządkowana malejąco) sterowania mocą dostarczoną dla obiektów  
typu baseny rekreacyjne w Mogilnie



Rysunek 3.7.  
Krzywa (uporządkowana malejąco) pokrycia zapotrzebowania na moc grzewczą związaną z ogrzewaniem  
i przygotowaniem ciepłej wody użytkowej, przy wykorzystaniu analizowanych źródeł dla obiektów typu  
baseny rekreacyjne w Mogilnie

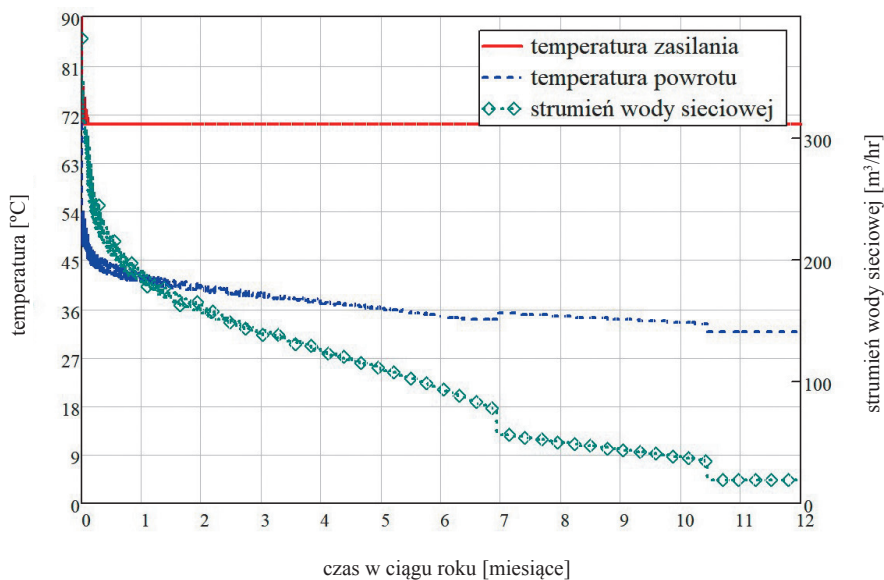
POZYCJA BILANSU	WARTOŚĆ
Szczytowe źródło ciepła	kocioł gazowy
Nominalna moc ciepłowni geotermalnej	28,9 MW
Nominalna moc wymiennika geotermalnego	9,3 MW
Nominalna moc grzewcza pomp ciepła	5,0 MW
Nominalna moc kotła szczytowego	14,6 MW
Roczna produkcja ciepła: – geotermalnego – z kotłów szczytowych i kotłów napędzających pompy ciepła	158,8 TJ (100%) 155,5 TJ (98%) 3,3 TJ (2%)
Roczny współczynnik obciążenia wymiennika	0,307
Roczne zużycie paliwa kopalnego (gazu ziemnego typu E (GZ 50))	40,5 tys. m <sup>3</sup>
Roczne zużycie energii elektrycznej	7 158 MWh
Dostawy ciepła	158,1 TJ c.o./ c.w.u.(w sezonie letnim 100% c.g.)

Tabela 3.4.  
Bilans energetyczny systemu geotermalnego w kaskadzie dla Mogilna

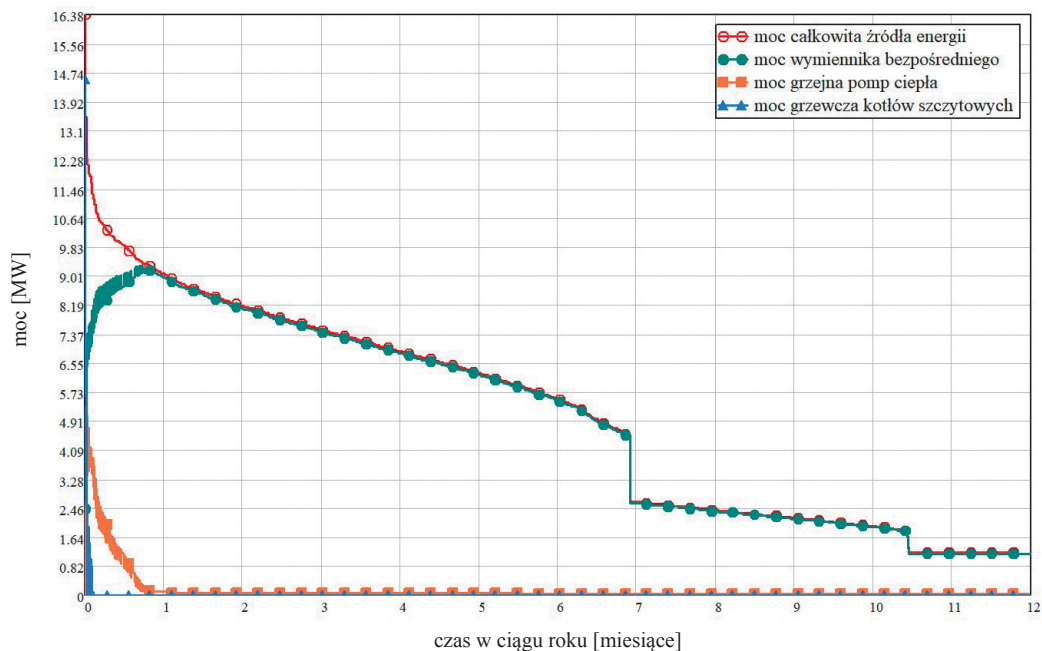


Rysunek 3.8.  
Krzywa (uporządkowana malejąco) zapotrzebowania na moc grzewczą związaną z ogrzewaniem i przygotowaniem ciepłej wody użytkowej w kaskadowym wykorzystaniu energii w Mogilnie





Rysunek 3.9. Krzywa (uporządkowana malejąco) sterowania mocą dostarczoną do odbiorcy typu kaskadowego w Mogilnie



Rysunek 3.10. Krzywa (uporządkowana malejąco) zapotrzebowania na moc grzewczą związaną z ogrzewaniem i przygotowaniem ciepłej wody użytkowej w kaskadowym wykorzystaniu energii w Mogilnie

## 4

# WSTĘPNA OCENA FINANSOWA

### 4.1.

#### ZAŁOŻENIA DO WSTĘPNEJ OCENY FINANSOWEJ

W celu wykonania wstępnej oceny finansowej oraz obliczenia podstawowych parametrów efektywności ekonomicznej inwestycji w warunkach ryzyka geologicznego przyjęto następujące założenia (tab. 4.1).

Do obliczeń przyjęto, że środki inwestycyjne wydatkowane są w ciągu jednego roku, który jest rokiem zerowym, a po jego zakończeniu ciepłownia geotermalna rozpoczyna funkcjonowanie ponosząc jedynie koszty eksploatacyjne i bieżącej konserwacji. Założono, że ciepłownia będzie funkcjonować przez 25 lat następujących po zakończeniu inwestycji i w tym czasie nie będą konieczne nakłady finansowe przekraczające przyjęty budżet remontów, konserwacji i napraw bieżących. Jako zysk w każdym roku funkcjonowania instalacji przyjęto przychody netto związane ze sprzedażą energii „przy źródle” – bez uwzględniania strat ciepła i należnych opłat przesyłowych, które wykazują się dużą zmiennością w zależności od uwarunkowań lokalnych. Rozwiązaniem alternatywnym była ciepłownia konwencjonalna opalana węglem kamiennym, która przez cały okres 25 lat dostarcza energię cieplną

w cenie równej 53,45 zł (wg wartości pieniądza w 2019 roku). Jest to wartość równa prognozowanej cenie ciepła dla odbiorców przemysłowych podana w Załączniku 2 do Polityki Energetycznej Polski do 2030 roku (ceny wg siły nabywczej pieniądza w 2007 roku) skorygowanej o inflację w latach 2007–2019.

Dla każdego z 25 lat funkcjonowania ciepłowni (dla lat od  $i = 1$  do  $n = 25$ ) obliczono bilans finansowy, który został zdyskontowany na podstawie indywidualnie obliczonej stopy dyskonta. Następnie obliczono z wykorzystaniem odpowiedniej funkcji wskaźnik NPV (wartość zaktualizowana netto) dla całego okresu przewidywanej amortyzacji inwestycji (25 lat). Na podstawie otrzymanej tabeli określono czas zwrotu inwestycji (podano całkowitą liczbę lat, w których przynajmniej w części danego roku wskaźnik NPV jest mniejszy niż 0,00 zł), a wskaźnik dla 25-tego roku funkcjonowania instalacji został podany jako końcowa wartość NPV inwestycji i użyty do dalszych obliczeń. Na wartość współczynnika NPV w długim okresie miała zarówno różnica w cenie jednostki energii uzyskanej w ciepłowni geotermalnej a przyjętą referencyjną ceną energii z ciepłowni węglowej, jak i wielkość odbiorcy i jego parametry odbioru ciepła. Należy zatem wycią-

WSKAŹNIK	WARTOŚĆ [%/ROK]
Przewidywany poziom inflacji	2
Rynkowa stopa procentowa	1,7
Średnie krajowe ryzyko inwestycyjne (rentowność 10-letnich polskich obligacji skarbowych)	3
Prawdopodobieństwo zagospodarowania złoża wód termalnych (do obliczeń wskaźnika EMV*) – $p$	95
Ryzyko projektu (do obliczeń stopy dyskontowej) $r_{proj} = 100\% - p$	5
Realna stopa dyskontowa (oszacowana przy wykorzystaniu równania Fishera)	9,51

\*wskaźnik oczekiwanego efektu finansowego, wyznacza się, określając możliwe do uzyskania zyski bądź straty z przedsięwzięcia i prawdopodobieństwo ich wystąpienia

**Tabela 4.1.**  
Założenia do wstępnej oceny finansowej dla Mogilno

gnąć wniosek, że ujemny wskaźnik NPV uzyskany w obliczeniach według obecnie przyjętych kryteriów nie przesądza o nieopłacalności inwestycji w przyszłości, np. gdy odbiorca komunalny zdecyduje się na obniżenie temperatury zasilania w ciepłociągu lub nastąpi rozbudowa miejscowości i związany z tym wzrost konsumpcji energii cieplnej. Innymi słowy cechą charakterystyczną geotermii jest wysoka kapitałochłonność na etapie inwestycji, co przekłada się na wymóg maksymalizacji współczynnika obciążenia – jak największego odbioru energii geotermalnej.

Równocześnie sposób wyznaczania ryzyka inwestycji jest trudny do jednoznacznego skwantyfikowania, przez co należy spodziewać się rozbieżności względem obliczeń wykonanych przez inne zespoły, a współczynnik ten jest kluczowy dla wyznaczenia zdyskontowanych wartości ekonomicznych. Obniżając ryzyko (np. poprzez odwierty badawcze, badania geofizyczne i rekonstrukcję odwiertów z już opisanymi parametrami geotermicznymi) tak, by stopa dyskonta była niższa niż zaprezentowana wartość IRR, zwiększa się szansa na ekonomicznie uzasadnione udostępnienie zasobów geotermalnych w danej lokalizacji.

W przypadku, gdy NPV przybiera wartości większe od zera, inwestycja powinna przynieść zwrot poniesionych nakładów oraz zysk równy obliczonemu NPV. W związku z tym im wyższą wartość osiąga ten wskaźnik tym inwestycja jest bardziej atrakcyjna ekonomicznie. Za-inwestowany kapitał powinien przynieść tak zwaną bezpieczną stopę zysku, która powinna być równa przynajmniej obowiązującej stopie kredytów długoterminowych. Bezpieczna stopa zysku musi być tym większa im większe jest ryzyko inwestycyjne.

#### **4.2.**

##### **ODBIORCA KOMUNALNY – SIEĆ CIEPŁOWNICZA**

Prognozowane nakłady finansowe na uruchomienie źródła energii zestawiono w rozdziale 4.2.1, prognozowane koszty eksploatacji wraz ze strukturą kosztów przedstawia rozdział 4.2.2.

##### **4.2.1.**

##### **NAKŁADY INWESTYCYJNE**

Prognozowane nakłady inwestycyjne na wytworzenie źródła energii cieplnej oszacowano na 33 132 tys. zł. Zestawienie prognozowanych nakładów inwestycyj-

nych na instalację geotermalną w Mogilnie, uwzględniającą wyłącznie odbiorcę komunalnego, przedstawiono w tabeli 4.2.

##### **4.2.2.**

##### **KOSZTY OPERACYJNE**

Koszty całkowite eksploatacji rocznej oszacowano na 3 069 tys. zł/rok. Zestawienie przewidywanych kosztów operacyjnych instalacji w Mogilnie, uwzględniającej wyłącznie odbiorcę komunalnego, przedstawiono w tabeli 4.3.

##### **4.2.3.**

##### **OCENA FINANSOWA**

Zestawienie podstawowych wskaźników finansowej efektywności systemu ciepłowniczego pracującego wyłącznie dla odbiorcy komunalnego przedstawiono w tabeli 4.4.

#### **4.3.**

##### **OBIEKTY REKREACYJNE – BASENY GEOTERMALNE**

Prognozowane nakłady finansowe na uruchomienie źródła energii zaspokajającego potrzeby obiektu rekreacyjnego zestawiono w rozdziale 4.3.1, prognozowane koszty eksploatacji wraz ze strukturą kosztów przedstawia rozdział 4.3.2.

##### **4.3.1**

##### **NAKŁADY INWESTYCYJNE**

Prognozowane nakłady inwestycyjne na wytworzenie źródła energii cieplnej wynoszą 20 275 tys. zł. Zestawienie prognozowanych nakładów inwestycyjnych na instalację geotermalną w Mogilnie, uwzględniającą wykorzystanie do celów rekreacyjnych przedstawiono w tabeli 4.5.

##### **4.3.2**

##### **KOSZTY OPERACYJNE**

Koszty całkowite eksploatacji rocznej to 1 539 tys. zł/rok. Zestawienie przewidywanych kosztów operacyjnych instalacji w Mogilnie, uwzględniającej wykorzystanie wód do celów rekreacyjnych, przedstawiono w tabeli 4.6.

##### **4.3.3.**

##### **OCENA FINANSOWA**

Zestawienie podstawowych wskaźników finansowej efektywności systemu ciepłowniczego wykorzystującego wody geotermalne do celów rekreacyjnych przedstawiono w tabeli 4.7.

POZYCJA BILANSU	WARTOŚĆ [TYS. ZŁ]
Otwór produkcyjny	0 (dotacja)
Otwór chłonny	17 295
Wymiennik bezpośredni oraz wymiennik źródła dolnego pomp ciepła	416
Pompy ciepła (wraz z kotłami napędowymi)	6 933
Kotły szczytowe na gaz ziemny	3 485
Rurociągi połączeniowe i magistrale przesyłowe	700
Budynki	306
Koszt montażu, rezerwa na wydatki niespodziewane	3 997
<b>Sumaryczne prognozowane nakłady inwestycyjne na wytworzenie źródła</b>	<b>33 132</b>

**Tabela 4.2.**  
Zestawienie nakładów inwestycyjnych na instalację w Mogilnie – odbiorca komunalny

POZYCJA BILANSU	WARTOŚĆ [TYS. ZŁ/ROK]
Koszty całkowite eksploatacji rocznej	3 069
– Koszty stałe, w tym:	2 308
– amortyzacja środków trwałych	1 854
– koszty remontów, konserwacji i napraw bieżących	454
– Koszty zmienne (w tym głównie koszty zakupu konwencjonalnych nośników energii)	761

**Tabela 4.3.**  
Zestawienie kosztów operacyjnych instalacji w Mogilnie – odbiorca komunalny

KRYTERIUM	WARTOŚĆ
<b>SPOSÓB FINANSOWANIA INWESTYCJI</b>	<b>1. OTWÓR DOTOWANY</b>
Cena wytworzenia ciepła	31 zł/GJ
Wartość zaktualizowana netto (NPV)	1 132 856,68 zł
Wewnętrzna stopa zwrotu (IRR)	10,31%
Oczekiwany efekt finansowy (EMV)	–341 371,86 zł
Okres zwrotu nakładów inwestycyjnych	22 lata

**Tabela 4.4.**  
Wskaźniki finansowej efektywności geotermalnego systemu ciepłowniczego w Mogilnie  
– odbiorca komunalny

POZYCJA BILANSU	WARTOŚĆ [TYS. ZŁ]
Otwór produkcyjny	17 295
Otwór chłonny	0 (dotacja)
Wymiennik bezpośredni oraz wymiennik źródła dolnego pomp ciepła	245
Pompy ciepła (wraz z kołami napędowymi)	35
Kotły szczytowe na gaz ziemny	0
Rurociągi połączeniowe i magistrale przesyłowe	700
Budynki	131
Koszt montażu, rezerwa na wydatki niespodziewane	1 869
<b>Sumaryczne prognozowane nakłady inwestycyjne na wytworzenie źródła</b>	<b>20 275</b>

**Tabela 4.5.**  
Zestawienie nakładów inwestycyjnych na instalację w Mogilnie – baseny geotermalne

POZYCJA BILANSU	WARTOŚĆ [TYS. ZŁ/ROK]
Koszty całkowite eksploatacji rocznej	1 539
– Koszty stałe, w tym:	1 119
– amortyzacja środków trwałych	931
– koszty remontów, konserwacji i napraw bieżących	188
– Koszty zmienne (w tym głównie koszty zakupu konwencjonalnych nośników energii)	420

**Tabela 4.6.**  
Zestawienie kosztów operacyjnych instalacji w Mogilnie – baseny geotermalne

KRYTERIUM	WARTOŚĆ
<b>SPOSÓB FINANSOWANIA INWESTYCJI</b>	<b>1. OTWÓR DOTOWANY</b>
Cena wytworzenia ciepła	25 zł/GJ
Wartość zaktualizowana netto (NPV)	1 958 457,36 zł
Wewnętrzna stopa zwrotu (IRR)	11,35%
Oczekiwany efekt finansowy (EMV)	418 180,77 zł
Okres zwrotu nakładów inwestycyjnych	18 lat

**Tabela 4.7.**  
Wskaźniki finansowej efektywności geotermalnego systemu ciepłowniczego w Mogilnie – baseny geotermalne

#### 4.4.

#### WYKORZYSTANIE ENERGII GEOTERMALNEJ W SYSTEMIE KASKADOWYM – SIEĆ CIEPŁOWNICZA ORAZ BASENY GEOTERMALNE

Prognozowane nakłady finansowe na uruchomienie źródła energii zestawiono w rozdziale 4.4.1, prognozowane koszty eksploatacji wraz ze strukturą kosztów przedstawia rozdział 4.4.2.

##### 4.4.1.

#### NAKŁADY INWESTYCYJNE

Prognozowane nakłady inwestycyjne na wytworzenie źródła energii cieplnej to 40 535 tys. zł. Zestawienie prognozowanych nakładów inwestycyjnych na instalację geotermalną w Mogilnie, uwzględniającą wykorzystanie wód termalnych w systemie kaskadowym, przedstawiono w tabeli 4.8.

4.4.2.

##### 4.4.2.

#### KOSZTY OPERACYJNE

Koszty całkowite eksploatacji rocznej to 4 323 tys. zł/rok. Zestawienie kosztów operacyjnych instalacji pracującej w systemie kaskadowym przedstawiono w tabeli 4.9.

##### 4.4.3.

#### OCENA FINANSOWA

Zestawienie podstawowych wskaźników finansowej efektywności systemu ciepłowniczego pracującego w systemie kaskadowym przedstawiono w tabeli 4.10.

POZYCJA BILANSU	WARTOŚĆ [TYS. ZŁ]
Otwór produkcyjny	17 295
Otwór chłonny	0 (dotacja)
Wymiennik bezpośredni oraz wymiennik źródła dolnego pomp ciepła	569
Pompy ciepła (wraz z kołami napędowymi)	7 579
Kotły szczytowe na gaz ziemny	8 735
Rurociągi połączeniowe i magistrale przesyłowe	700
Budynki	437
Koszt montażu, rezerwa na wydatki niespodziewane	5 220
<b>Sumaryczne prognozowane nakłady inwestycyjne na wytworzenie źródła</b>	<b>40 535</b>

Tabela 4.8.

Zestawienie nakładów inwestycyjnych na instalację w Mogilnie – system kaskadowy

POZYCJA BILANSU	WARTOŚĆ [TYS. ZŁ/ROK]
Koszty całkowite eksploatacji rocznej	4 323
– Koszty stałe, w tym:	2 991
– amortyzacja środków trwałych	2 385
– koszty remontów, konserwacji i napraw bieżących	606
– Koszty zmienne (głównie koszty zakupu konwencjonalnych nośników energii)	1 332

Tabela 4.9.

Zestawienie kosztów operacyjnych instalacji w Mogilnie – system kaskadowy

KRYTERIUM	WARTOŚĆ
<b>SPOSÓB FINANSOWANIA INWESTYCJI</b>	<b>1. OTWÓR DOTOWANY</b>
Cena wytworzenia ciepła	27 zł/GJ
Wartość zaktualizowana netto (NPV)	17 025 080,79 zł
Wewnętrzna stopa zwrotu (IRR)	19,82%
Oczekiwany efekt finansowy (EMV)	14 279 474,33 zł
Okres zwrotu nakładów inwestycyjnych	9 lat

Tabela 4.10.

Wskaźniki finansowej efektywności termalnego systemu ciepłowniczego w Mogilnie – system kaskadowy

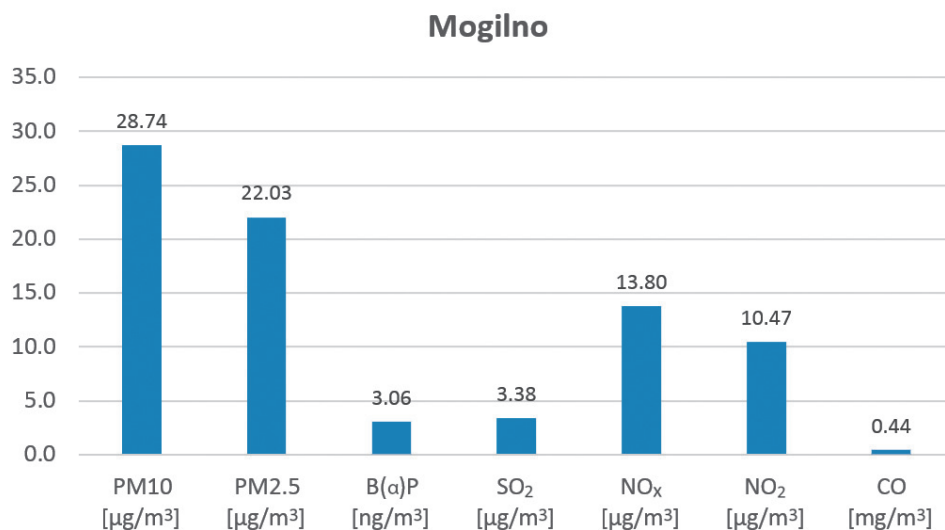
## 5 STAN ŚRODOWISKA

Źródła powierzchniowej liniowej i punktowej emisji zanieczyszczeń są wskazane w PGN (2016 rok). Dokonano klasyfikacji stanu jakości powietrza ze względu na poszczególne substancje zanieczyszczające, jednak ich średnioroczne stężenia są nieznane. Tlenki azotu ( $\text{NO}_x$ ) na terenie gminy zakwalifikowano do klasy A zanieczyszczeń. Dwutlenek siarki ( $\text{SO}_2$ ) zakwalifikowano do klasy A zanieczyszczeń. Benzo( $\alpha$ ) piren zakwalifikowano do klasy C zanieczyszczeń. Pył  $\text{PM}_{2,5}$  zakwalifikowano do klasy C zanieczyszczeń. Pył  $\text{PM}_{10}$  zakwalifikowano do klasy C zanieczyszczeń. Emisja dwutlenku węgla w gminie Mogilno w 2014 roku wynosiła 176 001 Mg.

Podział na sektory jest następujący:

- sektor komunalny – 41 214 Mg;
- transport kołowy – pojazdy gminne – 1 820 Mg;
- transport kołowy na terenie gminy – ogółem – 129 154,6 Mg;
- gospodarka odpadami – 0 Mg;
- gospodarka wodna – 0 Mg;
- gospodarka ściekami – 10 670,7 Mg;
- konsumpcja energii elektrycznej – nieznany;
- oświetlenie ulic – 885,2 Mg.

Zestawienie danych pomiarowych zanieczyszczeń powietrza dla gminy Mogilno w 2018 roku przedstawiono na wykresie (rys. 5.1).



**Rysunek 5.1.**  
Zestawienie wyników analizy danych pomiarowych zanieczyszczenia powietrza w gminie Mogilno w 2018 roku



## 6

# ODDZIAŁYWANIE PROJEKTU NA ŚRODOWISKO NATURALNE

Analizę efektu ekologicznego przeprowadzono na podstawie trzech scenariuszy bazowych przy założonych emisjach zgodnych z dokumentami „Wskaźniki emisji zanieczyszczeń ze spalania paliw – kotły o nominalnej mocy do 5 MW” ([https://krajowabaza.kobize.pl/docs/male\\_kotly.pdf](https://krajowabaza.kobize.pl/docs/male_kotly.pdf)) oraz „Wskaźniki Emisyjności CO<sub>2</sub>, SO<sub>2</sub>, NO<sub>x</sub>, CO i pyłu całkowitego dla energii elektrycznej na podstawie informacji zawartych w Krajowej bazie o emisjach gazów cieplarnianych i innych substancji za 2017 rok” ([https://www.kobize.pl/uploads/materialy/materialy\\_do\\_pobrania/wskazniki\\_emisyjnosci/Wskazniki\\_emisyjnosci\\_2018.pdf](https://www.kobize.pl/uploads/materialy/materialy_do_pobrania/wskazniki_emisyjnosci/Wskazniki_emisyjnosci_2018.pdf)) wydanymi przez Krajowy Ośrodek Bilansowania i Zarządzania Emisjami (KOBiZE) – Instytut Ochrony Środowiska-Państwowy Instytut Badawczy. W każdym ze scenariuszy ekwiwalent 100% energii dostarczanej przez ciepłownię geotermalną (tab. 3.2) jest wytwarzany:

- w pierwszym – w kotłach węglowych;
  - w drugim – w kotłach opalanych gazem ziemnym;
  - w trzecim – w kotłach opalanych olejem opałowym.
- Obliczeń emisji przed uruchomieniem ciepłowni geotermalnej dokonano z użyciem współczynników emisji wg KOBiZE oraz następujących założeń:

- węgiel kamienny
  - sprawność kotła: 85%, ruszt stały, ciąg naturalny, moc <0,5 MW;
  - kaloryczność węgla kamiennego: 25 MJ/kg;
  - zawartość siarki całkowita: 1%;
  - zawartość popiołu: 10%;
- gaz ziemny
  - sprawność kotła: 90%, moc <0,5 MW;
  - kaloryczność: 38 MJ/m<sup>3</sup>;
  - zawartość siarki: 7 mg/m<sup>3</sup>;
- olej opałowy
  - sprawność kotła: 90%, moc <0,5 MW;
  - kaloryczność: 42,6 MJ/kg;
  - zawartość siarki: 0,1%.

Na obecnym etapie nie jest możliwe wiarygodne określenie efektu ekologicznego inwestycji w hipotetyczną ciepłownię geotermalną. Wynika to z jednej strony z braku wiarygodnych, porównywalnych i aktualnych źródeł informacji o wykorzystywanych obecnie paliwach w analizowanych lokalizacjach, a z drugiej – z nieokreślenia docelowej grupy odbiorców ciepła z ciepłowni geotermalnej. Zaleca się, by przed przystąpieniem do projektowania ciepłowni przeprowadzić dokładną inwentaryzację stosowanych źródeł ciepła w całej miej-

scowości lub wśród zadeklarowanych potencjalnych odbiorców.

W celu ułatwienia dokonania oszacowania efektu ekologicznego, w tabeli 6.1 przedstawiono efekty ekologiczne dla powyższych trzech hipotetycznych sytuacji, w których cała przyjęta roczna konsumpcja ciepła byłaby zaspokojona poprzez spalanie węgla kamiennego lub gazu ziemnego lub lekkiego oleju opałowego. Zestawienie emisji zanieczyszczeń przed uruchomieniem hipotetycznej ciepłowni geotermalnej przedstawiono w tabeli 6.1.

W rzeczywistej grupie potencjalnych odbiorców ciepła geotermalnego należy spodziewać się pewnego miksu energetycznego. Określone proporcje sposobu dostarczania ciepła (przykładowo 75/20/5, odpowiednio węgiel kamienny, gaz ziemny i olej opałowy) pozwalają na obliczenie według poniższego wzoru efektu ekologicznego spodziewanego po przyłączeniu do ciepłowni określonej grupy odbiorców.

$$(p_w \cdot E_i^w + p_g \cdot E_i^g + p_o \cdot E_i^o) \cdot \frac{\text{spodziewana roczna konsumpcja ciepła}}{\text{przyjęta roczna konsumpcja ciepła}}$$

gdzie: [wzór 6.1]

$p_w, p_g, p_o$  – udział danego paliwa w miksie energetycznym (jako ułamek);

$E_i^w, E_i^g, E_i^o$  – emisja określonego zanieczyszczenia związana z zaspokojeniem 100% zapotrzebowania na ciepło danym paliwem (według tab. 6.1).

Specyfika eksploatacji geotermalnej wymusza zużycie energii elektrycznej, co jest związane z zastosowaniem pomp tłoczących w otworach geotermalnych (eksploatacyjnej, zatłaczającej itp.) dostarczających strumień wody termalnej na powierzchnię. Stąd, w przypadku ciepłowni geotermalnej, efekt ekologiczny posiada dwa wyraźne aspekty – lokalny i globalny (występują one również w przypadku konwencjonalnych źródeł ciepła, jednak różnice są marginalne).

W ujęciu lokalnym (w lokalizacji funkcjonującej instalacji geotermalnej) emisja jest bardzo silnie redukowana. W ujęciu globalnym, ze względu na współczynniki emisyjności polskiej energetyki, lokalne zużycie energii elektrycznej napędzającej np. pompy eksploatacyjną (zatłaczającą) oraz niekiedy zasilające szczytowe źródła ciepła, może powodować wzrost wskaźników emisyjności na poziomie globalnym.

W zestawieniu przedstawiono wartości poszczególnych parametrów redukcji emisji w ujęciu lokalnym (tab. 6.2) oraz globalnym (tab. 6.3). Należy podkreślić, że lokalna emisja zanieczyszczeń przez ciepłownię geotermalną związana jest wyłącznie z wykorzystaniem paliw przez szczytowe źródła ciepła (gaz ziemny, olej opałowy, biomasa) i wiąże się z dopasowaniem ciepłowni do obecnych potrzeb odbiorców. Absorpcyjne pompy ciepła również mają wpływ na emisję w skali lokalnej.

Zużycie energii elektrycznej i powiązana emisja w elektrowniach konwencjonalnych jest podyktowane koniecznością wypompowania wody termalnej na powierzchnię oraz jej ponowne wtłoczenie do górotworu po odebraniu ciepła. Stąd, w przypadku wystąpienia samowypływu oraz możliwości obniżenia wymagań odbiorcy co do temperatur występujących w sieci ciepłowniczej, zużycie konwencjonalnych nośników energii oraz związana z tym emisja globalna ulegnie obniżeniu.

Spodziewana roczna konsumpcja ciepła jest możliwa do dokładnego określenia po ustaleniu docelowej grupy odbiorców. Przyjęta roczna konsumpcja ciepła w wariancie komunalnym (wykorzystanym do obliczeń efektu ekologicznego i ekonomicznego) została przedstawiona w tabeli 3.2.

Efekt ekologiczny wynikający z wykorzystania energii geotermalnej w wytypowanych lokalizacjach został obliczony na podstawie oszacowanej ilości energii jaką instalacja geotermalna dostarczy do odbiorców (tab. 3.2). Posłużyła ona jako punkt wyjścia do obliczenia ilości paliwa konwencjonalnego, które musiałyby zo-

stać spalone, aby dostarczyć analogiczną ilość energii. W celu oceny wielkości emisji poszczególnych substancji do atmosfery wykorzystano metodykę KOBIZE: „Wskaźniki emisji zanieczyszczeń ze spalania paliw – kotły o nominalnej mocy cieplnej do 5 MW” według wzoru:

$$E = B \cdot W$$

gdzie: [wzór 6.2]

$E$  – emisja substancji;

$B$  – zużycie paliwa/energii elektrycznej;

$W$  – wskaźnik emisji na jednostkę zużytego paliwa/energii elektrycznej

Do określenia emisji związanej z produkcją energii elektrycznej przyjęto wartości za „Wskaźniki Emisyjności CO<sub>2</sub>, SO<sub>2</sub>, NO<sub>x</sub>, CO i pyłu całkowitego dla energii elektrycznej na podstawie informacji zawartych w Krajowej bazie o emisjach gazów cieplarnianych i innych substancji za 2017 rok”.

Do produkcji ciepła ciepłownia geotermalna korzysta z energii dostarczanej z trzech rodzajów energii: ciepła geotermalnego, energii elektrycznej (do zasilania pomp głębinowych) i paliw gazowych lub płynnych (do kotłów szczytowych i napędzających pompy ciepła). W przeciwieństwie do tradycyjnego sposobu zaopatrzenia w ciepło, następuje przestrzenny podział emisji. O ile w przypadku spalania paliw emisja ma miejsce w pobliżu odbiorcy ciepła i może zostać nazwana emisją lokalną (tak rozumiana tab. 6.1 i tab. 6.2), o tyle zuży-

ZANIECZYSZCZENIE	EMISJA ZANIECZYSZCZENIA PRZED URUCHOMIENIEM CIEPŁOWNI GEOTERMALNEJ W RÓŻNYCH WARIANTACH - E <sub>1</sub>		
	100% węgiel kamienny	100% gaz ziemny	100% lekki olej opałowy
	[kg/rok]	[kg/rok]	[kg/rok]
SO <sub>x</sub>	73 479	39,9	5 182
NO <sub>x</sub>	10 103	4 337	6 096,6
CO	206 659	856	1 738
CO <sub>2</sub>	8 496 000	5 707 000	8 230 000
Pył zawieszony	45 924	1,43	1 036,4
Benzo(α)piren	64,3	0	0,79

Tabela 6.1.

Emisja zanieczyszczeń w Mogilnie przed uruchomieniem ciepłowni geotermalnej (E<sub>1</sub>) (tzw. tło zanieczyszczeń dla różnych wariantów źródeł ciepła). W przypadku lokalnych kotłowni emisja lokalna jest praktycznie równa emisji globalnej

wana energia elektryczna (pomijalna w przypadku tradycyjnych palenisk) wiąże się z emisją oddaloną od miejsca jej zużycia i zostaje wliczona dopiero do emisji globalnej (całkowitej) związanej z dostarczeniem ciepła geotermalnego.

Emisja lokalna jest z reguły utożsamiana z tzw. niską emisją, w przypadku której łatwość rozcieńczenia i odprowadzania zanieczyszczeń jest ograniczona, w związku z czym emitowane zanieczyszczenia wywołują zjawisko smogu. Emisja w elektrowniach to tzw. wysoka emisja, w której spaliny są oczyszczane w instalacjach przemysłowych i odprowadzane w sposób umożliwiający szybkie rozcieńczenie zanieczyszczeń i w niewielkim stopniu przyczynia się do obniżenia jakości powietrza.

Uruchomienie zakładu geotermalnego skutkuje całkowitym wyeliminowaniem problemu lokalnej emisji substancji smogotwórczych. Uzyskany efekt jest w przeliczeniu na jednostkę energii zależny wyłącznie od stosowanego paliwa i sposobu spalania paliwa, więc w warunkach działającej instalacji stały, a jego opis liczbowy prezentuje tabela 6.2.

Uwzględniając zapotrzebowanie na energię elektryczną, można obliczyć całkowity (globalny) efekt ekologiczny. Uzyskiwane wartości emisji unikniętej oraz redukcji emisji są mniejsze, gdyż w Polsce prąd w znacznej mierze jest produkowany w elektrow-

niach opalanych węglem kamiennym i brunatnym. Tak więc zużywanie energii elektrycznej obciąża środowisko pewną ilością zanieczyszczeń. Ilości te są podawane co roku jako wskaźniki emisyjności. Globalny efekt ekologiczny jest w związku z tym zmienny w czasie w zakresie, w którym zmieniają się wskaźniki emisyjności dla energii elektrycznej dostępnej w krajowym systemie elektroenergetycznym. Ich zmniejszenie lub wykorzystanie energii elektrycznej pochodzącej z innych źródeł (w tym odnawialnych) może znacząco poprawić globalny efekt ekologiczny.

**Należy jednak podkreślić, że dla większości zanieczyszczeń pozytywny efekt ekologiczny jest utrzymany niezależnie od przyjętego alternatywnego sposobu zaspokojenia zapotrzebowania na energię.** W szczególności dotyczy to CO<sub>2</sub> oraz CO, nie odnotowuje się też emisji benzo(α)pirenu. Jedynie w przypadku emisji pyłów oraz tlenku siarki i azotu mogą wystąpić zwiększenia emisji tych zanieczyszczeń do atmosfery. Wynika to z faktu, że paliwa gazowe i płynne są niemal całkowicie pozbawione siarki oraz substancji mogących tworzyć istotne ilości pyłu unoszonego ze spalinami do atmosfery, zaś paliwa stosowane w elektrowniach konwencjonalnych zawierają znaczące ilości prekursorów tych zanieczyszczeń.

ZANIECZYSZCZENIE	LOKALNA EMISJA ZANIECZYSZCZENIA PO URUCHOMIENIU CIEPŁOWNI GEOTERMALNEJ						
	Emisja E <sub>2</sub> lokalnie	OGRODNICZENIE EMISJI (E <sub>1</sub> – E <sub>2</sub> ) W STOSUNKU DO					
		100% węgiel kamienny		100% gaz ziemny		100% lekki olej opałowy	
		Emisja uniknięta lokalnie	Redukcja emisji lokalnie	Emisja uniknięta lokalnie	Redukcja emisji lokalnie	Emisja uniknięta lokalnie	Redukcja emisji lokalnie
	[kg/rok]	[kg/rok]	[%]	[kg/rok]	[%]	[kg/rok]	[%]
SO <sub>x</sub>	0,82	73 477	>99,9	39,1	97,8	5 181	>99,9
NO <sub>x</sub>	102	10 001	99,0	4 235	97,6	5 995	98,3
CO	14,1	206 645	>99,9	842	98,3	1 723	99,2
CO <sub>2</sub>	117 000	8 379 000	98,6	5 590 000	97,9	8 113 000	98,6
Pył całkowity (TSP)	0,029	45 924	>99,9	1,40	98,2	1 036	>99,9
Benzo(α)piren	n/d	64,3	>99,9	n/d	n/d	0,79	99,7

Tabela 6.2.

Szacowana wielkość emisji lokalnej związanej z funkcjonowaniem ciepłowni geotermalnej (E<sub>2</sub>) w Mogilnie i uzyskane po jej uruchomieniu ograniczenie emisji lokalnej – wariant komunalny. Redukcja emisji została obliczona wg wzoru:  $100\% \cdot (E_1 - E_2) / E_1$

Zaopatrzenie ciepłowni geotermalnej w energię elektryczną pochodzącą ze źródeł o niskich współczynnikach emisyjności poprawi globalny efekt ekologiczny,

jednak jego obliczenie wymagałoby przeprowadzenia analiz dla zakładu ciepłowniczego o szczegółowo opisanej specyfikacji i harmonogramie funkcjonowania.

ZANIECZYSZCZENIE	GLOBALNA EMISJA ZANIECZYSZCZENIA PO URUCHOMIENIU CIEPŁOWNI GEOTERMALNEJ						
	Emisja $E_2$ globalnie	OGRANICZENIE EMISJI ( $E_1 - E_2$ ) W STOSUNKU DO					
		100% węgiel kamienny		100% gaz ziemny		100% lekki olej opałowy	
		Emisja uniknięta globalnie	Redukcja emisji globalnie	Emisja uniknięta globalnie	Redukcja emisji globalnie	Emisja uniknięta globalnie	Redukcja emisji globalnie
[kg/rok]	[kg/rok]	[%]	[kg/rok]	[%]	[kg/rok]	[%]	
SO <sub>x</sub>	1 061	72 418	98,6	-1 021,8	-2 557,7	4 122	79,5
NO <sub>x</sub>	1 180	8 924	88,3	3 158	72,8	4 918	80,7
CO	399	206 260	99,8	457	53,4	1 338	77,0
CO <sub>2</sub>	1 248 000	7 248 000	85,3	4 459 000	78,1	6 982 000	84,8
Pył całkowity (TSP)	64,0	45 860,2	99,9	-62,6	-4 377,6	972,4	93,8
Benzo(α)piren	n/d	64,3	100,0	n/d	n/d	0,79	100,0

Tabela 6.3.

Szacowana wielkość emisja globalnej (z uwzględnieniem energii elektrycznej) związana z funkcjonowaniem ciepłowni geotermalnej ( $E_2$ ) w Mogilnie i uzyskane po jej uruchomieniu ograniczenie emisji globalnej – wariant komunalny. Redukcja emisji została obliczona wg wzoru:  $100\% \cdot (E_1 - E_2) / E_1$

## 7 PROGNOZA STANU TERMODYNAMICZNEGO I MOŻLIWOŚCI ZAGOSPODAROWANIA WÓD TERMALNYCH

Na powstawanie minerałów wtórnych w systemach geotermalnych zasadniczy wpływ mają takie czynniki, jak temperatura, ciśnienie, skład mineralogiczny i typ litologiczny skał zbiornikowych, przepuszczalność skał, ilość i dostępność płynów złożowych (warunkowanych przepuszczalnością skał), skład płynów geotermalnych, czas życia systemu i trwania procesów hydrotermalnych. Zwykle oddziałują one we wzajemnym powiązaniu. Minerale wtórne mogą być wytrącane z wody termalnej na skutek zmiany stanu termodynamicznego wody, najczęściej spowodowanej zmianą jej temperatury, odczynu

pH, układu redox, a zatem problem może pojawić się już na samym początku eksploatacji i narastać w miarę upływu czasu, w skrajnych przypadkach aż do unieruchomienia instalacji. Prognozę stanu termodynamicznego wody termalnej w Mogilnie zrealizowano na podstawie dostępnych danych hydrogeochemicznych rozpoznanych w innych regionach kraju, głównie za sprawą wierceń i eksploatacji wód w Stargardzie, Pyrzycach i Skierniewicach, gdzie pozyskane zostały wody solankowe o zbliżonej mineralizacji z utworów jury dolnej. Otworem reperowym dla Mogilna jest Wilczyn IGH-1, w którym rozpoznano

właściwości fizykochemiczne wody kredy dolnej, nie opróbowano natomiast utworów jury dolnej.

Bazując zatem na wstępnym rozpoznaniu uwarunkowań hydrogeotermalnych w rejonie Mogilna prognozuje się, że w miejscowości tej możliwe będzie pozyskanie wody termalnej o mineralizacji ok. 151 g/dm<sup>3</sup>, w utworach jury dolnej. Są to wody typu chlorkowo-sodowego. Z doświadczenia związanego z eksploatacją wód w Pyrzycach i Stargardzie oraz udostępnionych w Skierniewicach, można się spodziewać występowania w wodzie gazów, m.in. dwutlenku węgla i siarkowodoru. Eksploatacja solanek, wiąże się z możliwością wytrącania takich minerałów wtórnych jak aragonit i kalcyt (minerały węglanowe), gips (minerał siarczanowy), krzemionka oraz minerałów ilastych (Kępińska, Bujakowski, 2011). W otworze badawczym w Skierniewicach, odnotowano ponadto, że woda w warunkach złożowych jest nasycona głównie minerałami budującymi skały zbiornikowe, piaskowce – krzemianami, glinokrzemianami i minerałami ilastymi oraz węglanami. Jest również przesycona względem minerałów żelaza – getytu i hematytu (Tomaszewska, Pająk, 2012). Z uwagi na charakter korozyjny wody, w wodach Pyrzyc i Stargardu, Biernat i in. (2009) oraz Banaś i in. (2009) stwierdzili produkty korozji w postaci: tlenków i siarczków żelaza – syderyt i hematyt (w Pyrzycach) oraz makinawit oraz inne siarczki żelaza, magnetyt i hydroksytlenki. W Skierniewicach natomiast odnotowano tlenki, wodorotlenki i siarczki żelaza (Kępińska, Bujakowski, 2011).

W instalacjach geotermalnych w Pyrzycach i Stargardzie, procesy wytrącania minerałów wtórnych i korozji były indukowane przedostawaniem się tlenu atmosferycznego do instalacji, zwłaszcza podczas jej przestojów, włączania i wyłączania, wskutek nieszczelności, jak również uwalniania gazów zawartych w wodzie (Kępińska, Bujakowski, 2011).

Prognozę stanu termodynamicznego wody termalnej w Mogilnie, zrealizowano na podstawie dostępnych danych hydrogeochemicznych stwierdzonych w otworze Stargard GT-1 (Dane AGH-KSE). W obliczeniach przyjęto:

- odczyn wody lekko kwaśny (pH 6,5);
- środowisko redukcyjne (Eh – 120 mV);
- temperatura wody złożowej 90°C i głowicowej 88,8°C przy wydobywaniu na poziomie 300 m<sup>3</sup>/h;
- woda typu chlorkowo-sodowego.

**W obliczeniach przyjęto zakres zmienności temperatury wody od prognozowanej temperatury złożowej, poprzez temperaturę głowicową, do 20°C, co pozwoliło na wskazanie prognozowanej, optymalnej temperatury schłodzenia wody zatlaczanej do górotworu. Zatem na wykresach zobrazowano prognozę nasycenia wody względem wybranych minerałów, dla temperatury wody w górotworze, temperatury wody na głowicy i dalej, dla wody schłodzonej.**

Prognoza stanu równowagi termodynamicznej wody wykazała, że przy temperaturze 90°C, woda wykazuje przesylenie węglanowymi i krzemionkowymi formami mineralnymi, aragonitem kalcytem i dolomitom, jak również względem minerałów krzemionkowych. Nie stwierdzono natomiast tendencji do wytrącania osadów siarczanowych. Zarówno anhydryt, jak i gips, wykazują stan nienasycenia. Wyniki prognozy przedstawiono na rysunku 7.1. W odniesieniu do krzemianów, stwierdzono przesylenie wody względem albitu, illitem, K-miką, kaolinitem i kwarcem, czyli minerałami budującymi skały zbiornika geotermalnego.

W kolejnym etapie dokonano analizy stanu termodynamicznego wody w warunkach wydobywczych w rejonie Mogilna, przy eksploatacji z temperaturą 88,8°C. Należy zważyć, że zwykle największe problemy eksploatacyjne związane są z wytrącaniem osadów węglanowych oraz krzemionkowych. Tendencja do wytrącania węglanów maleje wraz ze schłodzeniem wody, a dla minerałów krzemionkowych odwrotnie. Możliwość osadzania w instalacji osadów krzemionkowych rośnie wraz z obniżaniem temperatury wody. Dla temperatury 88,8°C stwierdzono podobną tendencję jak w warunkach złożowych, z wyraźnym stanem przesylenia aragonitem, kalcytem i dolomitom oraz kwarcem.

Analizując wyniki modelowania geochemicznego, przedstawione na rysunku 7.1 zauważa się, że schłodzenie wody do temperatury nawet 20°C, zmniejsza tendencję do wytrącania węglanowych form mineralnych (aragonitu, kalcytu i dolomitu). Jednakże takie schłodzenie, może przyczynić się do osadzania w instalacji krzemianów, w szczególności chalcedonu i kwarcu. Tendencja do wytrącania krzemionkowych form mineralnych rośnie intensywnie wraz z poziomem ochładzania płynu geotermalnego.

Podstawą obliczeń były równania wynikające z bilansu masy oraz prawa działania mas dla danej rozpatrywanej analizy chemicznej wody i przyjętych parametrów fizycznych. Wyniki obliczeń równowag termodynamicznych dla wody termalnej opracowano przyjmując znane i stwierdzone w innych otworach wskaźniki fizyczne. Należy jednak mieć na uwadze, że występowanie gazów w wodzie, zwłaszcza kwaśnych, czy inny niż założono, odczyn pH wody jak również układ redoks, może wpłynąć na prognozę stanu termodynamicznego w układzie woda-skała.

Przewiduje się, że woda w temperaturze złożowej, ok. 90°C, jest nasycona głównymi minerałami budującymi skały zbiornikowe (piaskowce) tj. krzemianami, glinokrzemianami i minerałami ilastymi. Wykazuje również lekkie przesylenie minerałami węglanowymi. Obliczenia wskazują ponadto, że woda termalna jest niedosycona minerałami siarczanowymi (anhydrytem i gipsem), mogą one zatem być rozpuszczane przez wodę.

Zwracając uwagę na doświadczenia wspomnianych instalacji geotermalnych, konieczne będzie bardzo

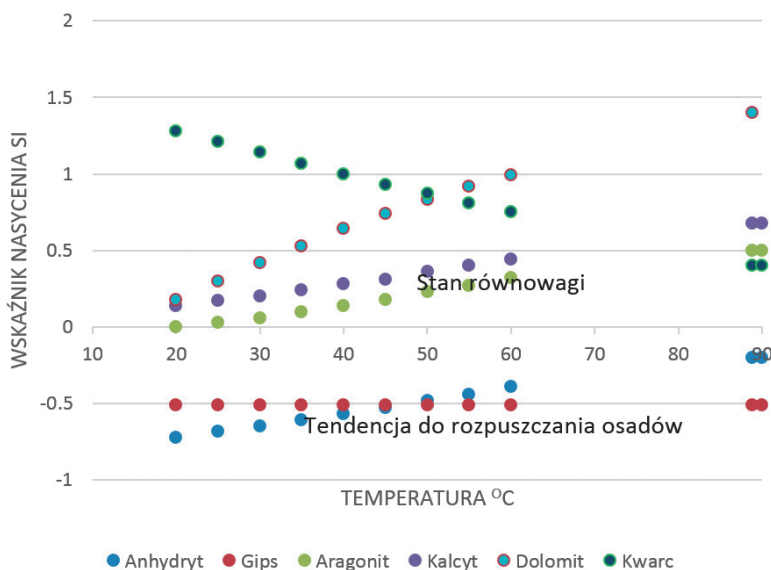
wnikliwie przeanalizowanie właściwości fizycznych, chemicznych i gazowych wody termalnej, po wykonaniu odwiertu w Mogilnie. Dopiero na tej podstawie będzie możliwe wykonanie szczegółowej prognozy stanu równowagi termodynamicznej wody w układzie woda–skała oraz określenie możliwości wytrącania osadów wtórnych z wody w funkcji temperatury. Niemniej jednak, przy planowanym udostępnieniu wód solankowych, na etapie projektowania otworu należy dołożyć wszelkich starań, by do budowy konstrukcji ujęcia, zostały wykorzystane materiały odporne na korozję wżerową oraz osadzanie minerałów wtórnych. Wskazane jest również rozważenie zastosowania inhibitorów wytrącania minerałów wtórnych i korozji, dobranych w warunkach laboratoryjnych i zweryfikowanych w terenie. Kluczowe jednak będzie zapobieganie dostępowi tlenu do systemu geotermalnego oraz odpowiednich materiałów wyposażenia wgłębnego i powierzchniowego.

Wody jury dolnej w rejonie Mogilna, to solanki o prognozowanej mineralizacji ok. 151 g/dm<sup>3</sup>. Spełniają one kryterium wykorzystania w balneoterapii, jednak pod warunkiem co najmniej 3–4-krotnego rozcieńczenia. Cechą szczególną tak wysoko zasolonych wód jest zwykle podwyższona zawartość siarczanów, chlorków, sodu, wapnia i magnezu, żelaza, jodu, bromków, boru, strontu, fluoru, ale często również kwasu metakrzemowego. Wody te pod względem

hydrochemicznym klasyfikuje się do wód chlorkowo-sodowych.

Z wód termalnych solankowych, jest możliwy odzysk soli jodowo-bromowych oraz soli wykorzystywanych w kosmetologii. Prognozowana mineralizacja wody termalnej w Mogilnie predestynuje ją do pozyskiwania produktu stałego, soli kąpielowych i leczniczych. Zgodnie z opisem przedstawionym na etapie I opracowania, w tym celu zwykle stosuje się energochłonne technologie wyparnego zateżenia wód z krystalizacją koncentratu. Będą również interesującym surowcem składowym kremów, toników, płynów micelarnych, maseczek, przy wykorzystaniu niewielkiego strumienia wody, i dozowaniu wody w niewielkich ilościach, lub w formie rozcieńczonej.

W kontekście balneoterapeutycznego wykorzystania chlorek sodu jest jednym z najważniejszych związków chemicznych powszechnie stosowanych w lecznictwie, kosmetologii ale również w przemyśle. Sole powstałe na bazie wód termalnych, bogate w mikroelementy, takie jak jodki i krzemionka, są szczególnie cenione w tym zakresie. Składniki te wpływają bowiem pozytywnie na kondycję skóry lub mają korzystny wpływ na układ oddechowy. Szczególnym przykładem potwierdzającym tę kwestię jest kąpielisko Blue Lagun na Islandii. Szerzej przykład ten opisano na etapie I opracowania.



Rysunek 7.1.  
Prognoza stanu termodynamicznego wody termalnej w Mogilnie



## 8 WNIOSKI

W Mogilnie niemal 100% dostarczanego ciepła może być produkowane z odnawialnego źródła ciepła jakim jest otwór geotermalny (tab. 8.1). Dzięki temu możliwa jest niemal całkowita eliminacja tzw. niskiej emisji zanieczyszczeń powietrza wśród odbiorców potencjalnie przyłączonych do geotermalnej sieci ciepłowniczej. Znaczące ograniczenie zakupu paliw konwencjonalnych pozwala w przypadku Mogilna na uzyskania stosunko-

wo niskiej ceny ciepła geotermalnego, dając perspektywę na stabilność cen ciepła sieciowego w przyszłości. Wody termalne w Mogilnie mogą być wykorzystywane w celach balneoterapeutycznych pod warunkiem co najmniej 3–4-krotnego rozcieńczenia, oraz w rekreacji i kosmetologii. Na etapie eksploatacji należy się liczyć z możliwością wytrącania węglanowych i krzemionkowych form mineralnych z wody.

PARAMETR	WARIANT		
	KOMUNALNY	REKREACJA	KASKADA
Roczna produkcja ciepła [TJ]:			
– geotermalnego	95,7	61,4	155,5
– z kotłów szczytowych i napędu pomp ciepła	1,9	0,31	3,3
Roczna produkcja energii [TJ] / moc maksymalna [MW]	97,6 / 16,8	61,7 / 4,9	158,8 / 28,9
Udział OZE w produkcji ciepła [%]	98,1	99,5	97,9
Nakłady inwestycyjne [tys. zł]	33 132	20 275	40 535
Cena wytworzenia energii [zł/GJ]	31	25	27
Wskaźniki emisji jednostkowej	(lokalnie/globalnie)	(lokalnie/globalnie)	(lokalnie/globalnie)
CO <sub>2</sub> [kg/GJ]	1,17/16,88	0,31/15,62	1,25/18,11
SO <sub>2</sub> [kg/GJ]	<0,01/0,10	<0,01/0,10	<0,01/0,10
NO <sub>x</sub> [kg/GJ]	<0,01/0,03	<0,01/0,03	<0,01/0,03
Pył [kg/GJ]	<0,01/0,01	0,01/0,01	<0,01/0,01

**Tabela 8.1.**  
Zestawienie najważniejszych parametrów technicznych, ekonomicznych i środowiskowych ciepłowni geotermalnej w Mogilnie, w trzech wariantach



## 9

# FINANSOWANIE PROJEKTU

Inwestycje związane z wykorzystaniem wód termalnych charakteryzują się dużymi początkowymi nakładami finansowymi oraz długim okresem zwrotu poniesionych nakładów. Dlatego powinny one korzystać ze wszelkiej możliwej pomocy, także finansowej, oferowanej przez takie instytucje państwa jak Narodowy Fundusz Ochrony Środowiska i Gospodarki Wodnej (NFOŚiGW) czy Wojewódzkie Fundusze Ochrony Środowiska i Gospodarki Wodnej.

Inicjatorami bądź promotorami projektów geotermalnych mogą być zarówno podmioty gospodarcze jak i jednostki samorządu terytorialnego tj. miasta i gminy. W związku z faktem, że projekty geotermalne, w szczególności we wstępnym etapie poszukiwania i rozpoznania złoża, obciążone są ryzykiem geologicznym, wsparcie ze strony państwa obejmuje różne formy dofinansowania, w tym pożyczki i dotacje. Intensywność dofinansowania jest uzależniona od charakteru beneficjenta oraz formy dofinansowania. W powyższym zakresie w chwili obecnej funkcjonują dwa programy wsparcia, finansowane ze środków krajowych, których operatorem jest NFOŚiGW, a mianowicie:

### 9.1.

#### **UDOSTĘPNIANIE WÓD TERMALNYCH W POLSCE:**

W nowym programie priorytetowym NFOŚiGW oraz Ministerstwo Klimatu i Środowiska stawiają na zwiększenie liczby dotowanych odwiertów geotermalnych. Program powinien pozwolić na uzyskanie lepszych efektów w zakresie rozwoju geotermii w Polsce przy mniejszych nakładach finansowych i mniejszym ryzyku udostępnienia zasobów wód termalnych niż miało to miejsce dotychczas. W celu usprawnienia przygotowania wniosków oraz załączonych do nich projektów robót geologicznych, Ministerstwo Klimatu i Środowiska przekazało do NFOŚiGW katalog rekomendacji i zaleceń dotyczących projektowania robót geologicznych w celu udostępnienia wód termalnych w Polsce, które są dostępne dla wnioskodawców jako część dokumentów programowych.

Celem tego programu jest wsparcie jednostek samorządu terytorialnego w wykonywaniu prac i robót geologicznych związanych z poszukiwaniem i rozpoznawaniem złóż wód termalnych, umożliwiającym wykorzystanie pozyskanego ciepła lub energii do ogrzewania.

Formą dofinansowania jest dotacja. Dofinansowanie możliwe jest do 100% kosztów kwalifikowanych dla przedsięwzięć takich jak poszukiwanie i rozpoznawanie złóż wód termalnych.

Po rozpoznaniu złóż wód termalnych, kontynuacja przedsięwzięć może nastąpić np. w ramach programu priorytetowego NFOŚiGW pn. „Polska Geotermia Plus”.

### 9. 2.

#### **POLSKA GEOTERMIA PLUS**

Z programu tego dofinansowane mogą być budowa nowej, rozbudowa lub modernizacja istniejącej ciepłowni geotermalnej, opartej na źródle geotermalnym, lub modernizacja lub rozbudowa istniejących źródeł wytwarzania energii o ciepłownię geotermalną, opartej na źródle geotermalnym.

Beneficjentami tego programu mogą być Przedsiębiorcy w rozumieniu ustawy z dnia 6 marca 2018 r. Prawo przedsiębiorców (Dz. U. z 2018 r. poz. 646, z późn. zm.) wykonujący działalność gospodarczą.

Podstawowymi formami dofinansowania jest dotacja i pożyczka. Dofinansowanie w formie pożyczki do 100% kosztów kwalifikowanych, dofinansowanie w formie dotacji do 40% kosztów kwalifikowanych, w ramach budowy nowej, rozbudowy lub modernizacji istniejącej ciepłowni geotermalnej lub modernizacji lub rozbudowy istniejących źródeł wytwarzania energii o ciepłownię geotermalną do 50% kosztów kwalifikowanych. Warunkiem udzielenia dotacji jest zaciągnięcie pożyczki z NFOŚiGW, w części stanowiącej uzupełnienie do 100% kosztów kwalifikowanych.

Wsparcie finansowe przy realizacji projektów geotermalnych można uzyskać również ze środków bezzwrotnej pomocy finansowej dla Polski w postaci dwóch instrumentów pod nazwą: Mechanizm Finansowy EOG oraz Norweski Mechanizm Finansowy (potocznie znanych jako fundusze norweskie), pochodzi z trzech krajów EFTA (Europejskiego Stowarzyszenie Wolnego Handlu), będących zarazem członkami EOG (Europejskiego Obszaru Gospodarczego), tj. Norwegii, Islandii i Liechtensteinu.

Obecnie obywają się nabór wniosków w ramach obszaru programowego:

### 9.3.

#### **ENERGIA ODNAWIALNA, EFEKTYWNOŚĆ ENERGETYCZNA, BEZPIECZEŃSTWO ENERGETYCZNE (BUDOWA ŹRÓDEŁ CIEPŁA WYKORZYSTUJĄCYCH ENERGIĘ GEOTERMALNĄ – GEOTERMIA GŁĘBOKA)**

Celem tego programu jest zwiększenie produkcji energii ze źródeł odnawialnych poprzez budowę systemów produkcji energii z wykorzystaniem geotermii głębokiej w miejscach, w których, poprzez wykonanie odwiertów badawczo-poszukiwawczych, potwierdzono obecność opłacalnych ekonomicznie źródeł i możliwość ich wykorzystania do celów grzewczych lub energetycznych. Do dofinansowania kwalifikują się projekty z zakresu budowy systemów do produkcji energii na bazie źródeł geotermii głębokiej, polegające na:

- konstrukcji otworów zatlaczających/produkcyjnych na obszarach, na których potencjał geotermalny został potwierdzony poprzez realizację odwiertów próbnych w ramach zrealizowanych projektów badawczych;

- budowie lub rozbudowie ciepłowni/elektrowni geotermalnych;
  - budowie infrastruktury ciepłowniczej (węzłów ciepłych, wymienników ciepła, połączeń sieciowych) służącej włączeniu ciepła geotermalnego do istniejących systemów ciepłowniczych;
  - wprowadzeniu zmian technologicznych i infrastrukturalnych w istniejących systemach ciepłowniczych (przebudowa), mających na celu włączenie ciepła ze źródeł geotermalnych do ciepła systemowego;
- Dodatkowo zakres przedmiotowy projektów może obejmować działania edukacyjno-szkoleniowe, które mogą być realizowane, jako działania uzupełniające dla działań inwestycyjnych.

O dofinansowanie w ramach naboru wniosków, w tym programie mogą ubiegać się małe, średnie i duże przedsiębiorstwa, jednostki samorządu terytorialnego, a także ich związki. Poziom dopuszczalnego wnioskowanego dofinansowania projektu wynosi maksymalnie 50% kosztów kwalifikowalnych.

## LITERATURA

- BANAŚ J., MAZURKIEWICZ B., SOLARSKI W., 2009. Elektrochemiczne badania korozyjne w instalacjach geotermalnych. Technika Poszukiwań Geologicznych. Geotermia. Zrównoważony Rozwój, 1–2. Wydaw. IGSMiE PAN, Kraków;
- BIERNAT H., KULIK S., NOGA B., 2009. Możliwości pozyskiwania energii odnawialnej i problemy z eksploatacją ciepłowni geotermalnych wykorzystujących wody termalne z kolektorów porowych. Przeg. Geol., 57, 8: 655–656.
- KĘPIŃSKA B., BUJAKOWSKI W. (red.), 2011. Wytyczne projektowe poprawy chłonności skał zbiornikowych w związku z zatlaczaniem wód termalnych w polskich zakładach geotermalnych. Wydaw. IGSMiE PAN, Kraków;
- KONDRACKI J., 1998. Geografia regionalna Polski. Wydaw. Nauk. PWN, Warszawa.
- TOMASZEWSKA B., PAJĄK L., 2012. Dynamics of clogging processes in injection wells used to pump highly mineralized thermal waters into the sandstone structures lying under the Polish Lowlands. Archives of Environmental Protection, 38, 3: 105–117.
- WILKOSZ P., 2012. Objąsnienia do Szczegółowej Mapy Geologicznej Polski w skali 1:50 000, arkusz Mogilno (437). Państw. Inst. Geol.–PIB, Warszawa.
- PLAN GOSPODARKI NISKOEMISYJNEJ dla Gminy Mogilno, 2016. Ekostandard Pracownia Analiz Środowiskowych.



