

Wstępne studium techniczno-ekonomiczne  
wykorzystania wód termalnych

# KUTNO



PAŃSTWOWY  
INSTYTUT  
GEOLOGICZNY



Ministerstwo  
Klimatu i Środowiska

Państwowy Instytut Geologiczny – Państwowy Instytut Badawczy  
Program Geologii Złożowej 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 Sowizdzał<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, Kraków, al. Mickiewicza 30

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

Redakcja i projekt typograficzny:

Anna Andraszek, Łukasz Borkowski, Agnieszka Byliniak, Monika Masiak

Projekt graficzny:

Monika Cyrklewicz

 Ministerstwo  
Klimatu i Środowiska



Warszawa, 2020



Sfinansowano ze środków  
Narodowego Funduszu  
Ochrony Środowiska  
i Gospodarki Wodnej

# SPIS TREŚCI

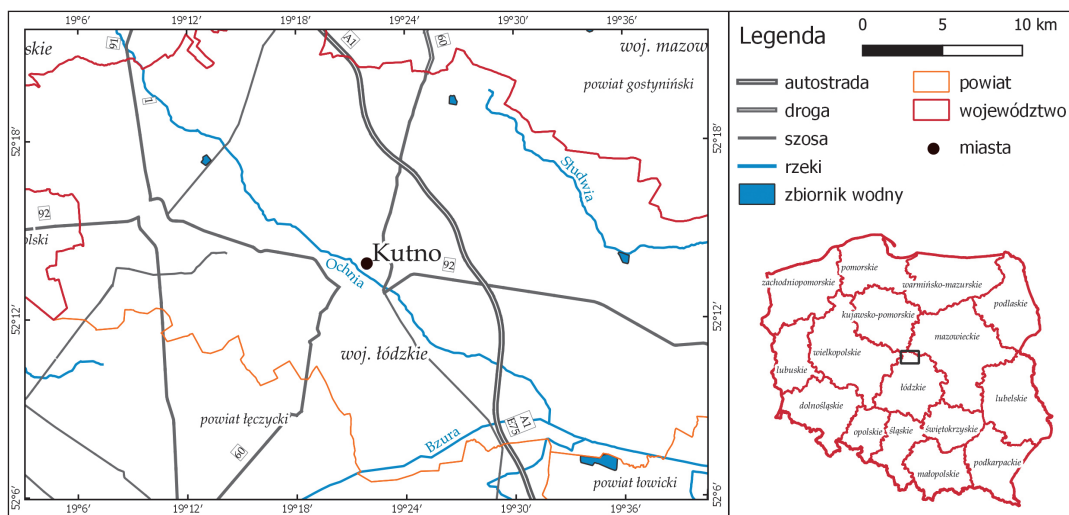
<b>1.</b>	<b>CHARAKTERYSTYKA MIASTA/GMINY</b>	<b>2</b>
1.1.	LOKALIZACJA	2
1.2.	FIZJOGRAFIA	3
1.3.	WARUNKI HYDROGEOTERMALNE	3
<b>2.</b>	<b>OGÓLNA CHARAKTERYSTYKA RYNKU CIEPŁOWNICZEGO</b>	<b>4</b>
<b>3.</b>	<b>KONCEPCJA BUDOWY CIEPŁOWNI GEOTERMALNEJ</b>	<b>6</b>
3.1.	GŁÓWNE PARAMETRY TECHNICZNE PROJEKTU	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	12
<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	17
4.3.	OBIEKTY REKREACYJNE – BASENY GEOTERMALNE	17
4.3.1.	NAKŁADY INWESTYCYJNE	17
4.3.2.	KOSZTY OPERACYJNE	18
4.3.3.	OCENA FINANSOWA	18
4.4.	WYKORZYSTANIE ENERGII GEOTERMALNEJ W SYSTEMIE KASKADOWYM – SIEĆ CIEPŁOWNICZA ORAZ BASENY GEOTERMALNE	18
4.4.1.	NAKŁADY INWESTYCYJNE	18
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>25</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 Kutno znajduje się w centralnej Polsce, w północno-zachodniej części województwa łódzkiego, w powiecie kutnowskim, ok. 120 km na zachód od Warszawy i ok. 50 km na północ od Łodzi. Powierzchnia gminy wynosi ok. 122,3 km<sup>2</sup> i podzielona jest na 31 sołectw w skład których wchodzi 54 miejscowości skupione wokół Kutna, będącego siedzibą gminy. We-

dług danych Głównego Urzędu Statystycznego gminę wiejską Kutno zamieszkuje 8 769 mieszkańców (stan na koniec 2017 roku), a miasto Kutno 44 853 mieszkańców. Gmina usytuowana jest na skrzyżowaniu ważnych szlaków komunikacyjnych, tj. drogi E30 Berlin Moskwa, E75 Gdańsk–Wiedeń. Ponadto, przez obszar gminy przebiega linia kolejowa Berlin–Moskwa oraz Gdańsk–Katowice. Lokalizację gminy Kutno na tle mapy podziału administracyjnego pokazano na rysunku 1.1.



Rysunek 1.1.  
Lokalizacja gminy Kutno na tle mapy podziału administracyjnego



## 1.2.

### FIZJOGRAFIA

Według podziału fizycznogeograficznego Kondrackiego (2000) obszar gminy należy do mezoregionu Równina Kutnowska, będącej częścią Niziny Środkowomazowieckiej. Występuje tu równiny, lekko falisty krajobraz, obecnie silnie zagospodarowany użytkami rolnymi. W dorzeczu rzek Ochni, Głogowian-

ki i Miłonki, w czasie zlodowacenia warty ukształtowało się pasmo wzniesień moren czołowych. Gmina Kutno pod względem geologiczno-strukturalnym leży w obrębie antyklinorium śródopolskiego w segmencie kujawskim (Żelaźniewicz i in., 2011). Według podziału Pożaryskiego (1952) odcinek kujawski dzieli się dodatkowo na wypiętrzenie kujawskie oraz wyniesienie kutnowskie.

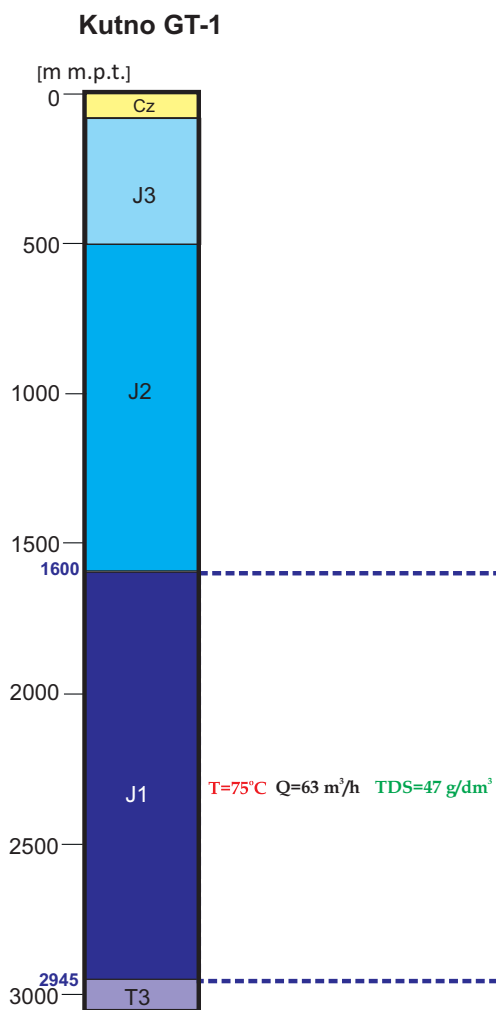
## 1.3.

### WARUNKI HYDROGEOTERMALNE

Kutno leży w środkowej części Wału Środkowopolskiego, w obrębie Wału Kutnowskiego, zbudowanego z utworów permsko-mezozoicznych o dużej miąższości. Głównym czynnikiem powodującym kształtowanie się obecnej budowy strukturalnej kompleksu permio-mezozoicznego były ruchy pionowe bloków podłoża przedcechsztyńskiego, na które nakładały się odkształcenia spowodowane ruchem mas solnych cechsztynu.

Najbardziej perspektywicznym zbiornikiem hydrogeotermalnym w rejonie Kutna jest zbiornik dolnojurajski zalegający na głębokości 1 600–2 945 m p.p.t. Całkowita miąższość utworów jury dolnej w rejonie Kutna sięga ok. 1 345 m. Temperaturę złożową wód zbiornika szacuje się na ok. 75°C, a mineralizację wód na ok. 47 g/dm<sup>3</sup>. Przewiduje się, że wydajności otworów wiertniczych udostępniających wody zbiornika dolnojurajskiego w rejonie Kutna będą na poziomie ok. 63 m<sup>3</sup>/h.

Rejon Kutna jest bardzo interesujący także ze względu na potencjalne możliwości zagospodarowania energii gorących suchych skał (HDR) w niekonwencjonalnych systemach geotermalnych (EGS). Na podstawie wykonanego, wstępnego rozpoznania (Sowiżdżał i in., 2013), rejon Krośniewice–Kutno został wytypowany jako optymalny dla systemów EGS pracujących w osadowych kompleksach Niżu Polskiego. Potencjalnymi skałami zbiornikowymi są utwory dolnotriasowe (*pstry piaskowiec–dolny i środkowy*) pogrążone na głębokości ponad 5 000 m p.p.t. i charakteryzujące się miąższością przekraczającą 1 000 m, niską przepuszczalnością (0,1 mD) oraz temperaturą w stropowej części zbiornika rzędu 165–175°C. Przewidywany profil stratygraficzny rejonu Kutna przedstawiono na rysunku 1.2.



Rysunek 1.2.

Przewidywany profil stratygraficzny rejonu Kutna

## 2 OGÓLNA CHARAKTERYSTYKA RYNKU CIEPŁOWNICZEGO

W gminie występuje sieć ciepłownicza. Zaopatruje ona 309 klientów dostarczając 105 532 500 kWh energii cieplnej rocznie. Z ciepła sieciowego korzysta 309 odbiorców indywidualnych, 43 przedsiębiorstw oraz 46 obiektów publicznych. Ciepło jest dostarczane do klientów za pośrednictwem 51,59 km sieci ciepłowniczych (45,70 km to własność ECO Kutno Sp. z o.o.) z czego 23,89 km stanowi sieć preizolowana (20,94 km sieci ECO Kutno i 2,90 km sieci obce) oraz 590 szt. węzłów cieplnych (246 szt. jest na stanie majątkowym i w eksploatacji ECO Kutno Sp. z o.o.).

ECO Kutno Sp. z o.o. wytwarza energię ciepłą we własnych dwóch źródłach tj. węglowych ciepłowniach systemowych o łącznej mocy zainstalowanej 70,88 MW oraz zakupuje energię ciepłą od spółki należącej do Grupy Kapitałowej ECO tj. ECO Kogeneracja o łącznej znamionowej mocy elektrycznej 6,0 MW i cieplnej 6,6 MW (www.ecosa.pl).

Podstawą zaopatrzenia indywidualnego obiektów w większości (60%) są paliwa stałe wykorzystywane w kotłach i innych paleniskach. W mniejszej części indywidualne zaopatrzenie w ciepło jest zapewniane poprzez wykorzystywanie urządzeń zasilanych przez paliwa gazowe. Inne źródła zaopatrzenia w ciepło, takie jak ogrzewanie elektryczne są wskazywane przez Plan Gospodarki Niskoemisyjnej (PGE) w niewielkich ilościach.

W gminie Kutno funkcjonuje sieć gazownicza (1 558 odbiorców). Na terenie gminy znajduje się gazociąg wysokiego ciśnienia. Nie są znane żadne parametry dotyczące stacji redukcyjno-pomiarowej (położenie, wydajność). Szacunkowe zapotrzebowanie na energię ciepłą, wraz z informacjami dotyczącymi stosowanego paliwa oraz struktury zapotrzebowania na ciepło dla Kutna przedstawiono w tabeli 2.1.

SYSTEM CIEPŁOWNICZY MIASTA	SCENTRALIZOWANY	100%
	ZDECENTRALIZOWANY	0%
Stosowane paliwo	węgiel kamienny	
Zapotrzebowanie na ciepło	<ul style="list-style-type: none"><li>• b. użyteczności publicznej</li><li>• b. wielorodzinne miejskie</li><li>• b. wielorodzinne pozostałe</li><li>• b. indywidualne</li></ul>	55,94 TJ/rok 69,85 TJ/rok 221,13 TJ/rok
	Razem w skali roku	353,83 TJ/rok
<b>Uwagi:</b> Opracowano na podstawie <i>Planu Gospodarki Niskoemisyjnej (PGE) dla Miasta Kutno na lata 2015–2023, Kutno, 2015</i>		

**Tabela 2.1.**  
Szacunkowe zapotrzebowanie miasta Kutno na ciepło

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



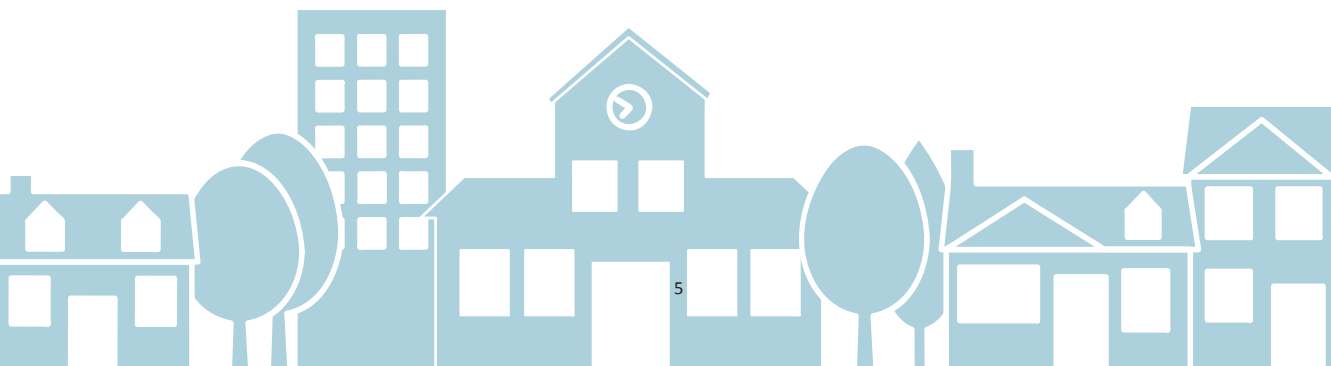
NAZWA ŹRÓDŁA CIEPŁA		KOTŁOWNIE LOKALNE	
		1	2
Właściciel		ECO Kutno Sp. z o.o.	ECO Kogeneracja
Moc cieplna źródła [MW]	77,48	70,88	6,60
Roczna produkcja ciepła	379,917 [TJ/rok]	–	–
Stosowane paliwo	–	węgiel	kogeneracja
Dostawy ciepła	c.o. / c.w.u.*	c.o. / c.w.u.	–
Sieci ciepłownicze	51,59 km (własne)	–	–

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

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

WŁAŚCICIEL SYSTEMU DYSTRYBUCJI	ECO KUTNO SP. Z O.O.
Opłaty za energię cieplną (wytwarzanie)	33,11 [zł/GJ]
Opłaty za energię cieplną (przesył/opłata stała)	1 778,02–3 490,25 [zł/MW/miesiąc]
Opłaty za energię cieplną (przesył/opłata zmienna)	10,77–13,03 [zł/GJ]
<b>Uwagi:</b> Zestawiono na podstawie taryfy dla ciepła ECO Kutno Sp. z o.o.	

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



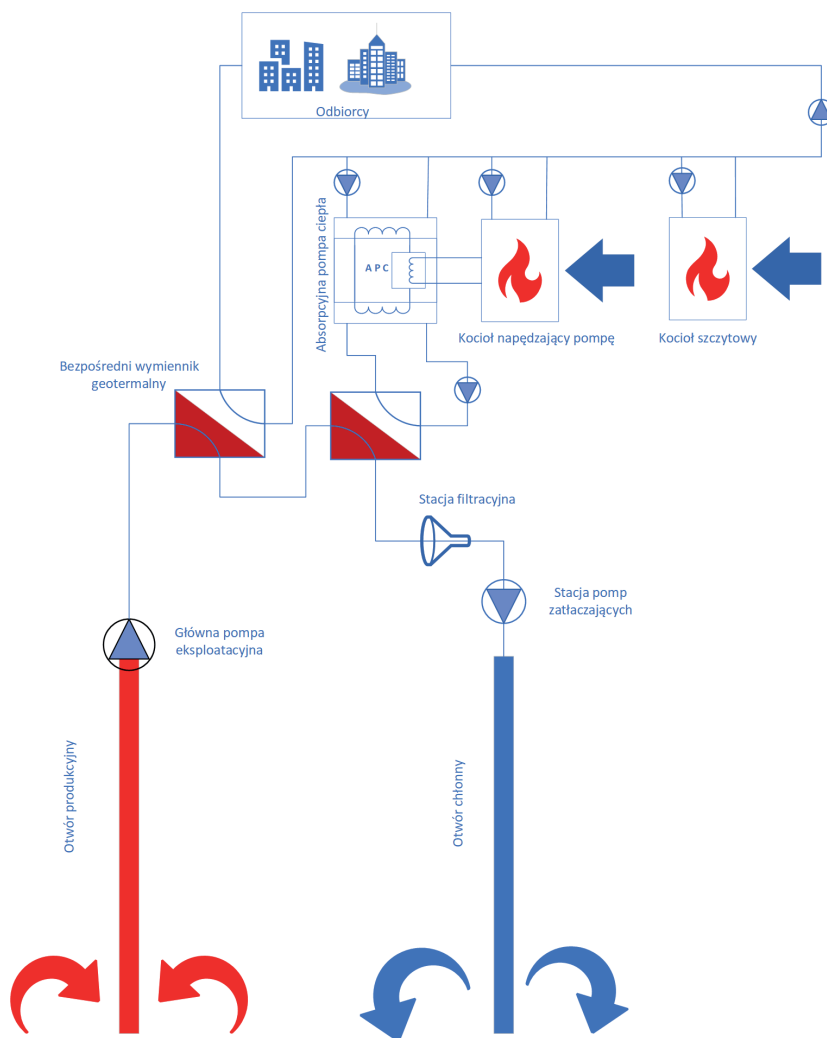
### 3

## KONCEPCJA BUDOWY CIEPŁOWNI GEOTERMALNEJ

W Kutnie jest dostępny sieciowy gaz ziemny, istnieje również sieć ciepłownicza. Koncepcja budowy ciepłowni geotermalnej wykorzystuje ogólny schemat technologiczny instalacji źródła energii, który przedstawiono na rysunku 3.1.

Schemat pracy źródła energii jest następujący: woda termalna jest wydobywana na powierzchnię otworem produkcyjnym, o głębokości stosownej do głębokości

zalegania horyzontu wodonośnego. Wypływając 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, co uwzględniono w obliczeniach.



Rysunek 3.1.  
Ogólny schemat technologiczny geotermalnego źródła energii wykorzystującego zasoby geotermalne, absorpcyjne pompy ciepła i kotły wspomaganie szczytowego na gaz ziemny dla Kutna



Następnie w procesie technologicznym woda termalna jest kierowana 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 wykorzystana jako źródło dolne dla absorpcyjnych pomp ciepła, to zawarta w wodzie energia jest w ten sposób zagospodarowywana. Warunkiem 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 (gdy temperatura wody obiegu ciepłowniczego nadal nie osiągnęła temperatury wymaganej), to niezbędną część mocy dostarczają kotły wspomaganie szczytowego – zasilane gazem

ziemnym typu E (dawniej GZ50). Ogólny schemat technologiczny instalacji źródła energii, przedstawiono na rysunku 3.1.

W ocenie konsumpcji nośników energii jest brana pod uwagę również energia elektryczna, wykorzystywana do napędu pomp eksploatacyjnych i zatłaczających. Ilość zużywanej energii elektrycznej jest uzależniona od parametrów złożowych i strumienia eksploatawanej wody termalnej. W bilansie emisji globalnej jest brana również pod uwagę emisja związana ze zużywaną energią elektryczną.

### 3.1.

#### GŁÓWNE PARAMETRY TECHNICZNE PROJEKTU

Zgodnie z założeniami analizowano trzy warianty wykorzystania energii geotermalnej: (1) przez miejski system ciepłowniczy – w celach komunalnych, (2) w ośrodku balneo-rekreacyjnym (rekreacja) i (3) w kaskadzie wykorzystania zasobów geotermalnych. Największa moc przewidywana do osiągnięcia jest związana z kaskadowym wykorzystaniem energii. Kaskada składa się z połączonych dwóch grup odbiorców, tzw. odbiorcy komunalnego i odbiorcy wykorzystującego zasoby geotermalne w obiekcie o charakterze balneo-rekreacyjnym.

Przewidywane parametry ujęcia wód termalnych zestawiono w tabeli 3.1.

PARAMETR	WARTOŚĆ
Udostępniony poziom wodonośny	jura dolna
Liczba otworów	2
Głębokość otworu (dipola) ( $\pm 10\%$ )	2 945 m
Głębokość zalegania stropu poziomu wodonośnego	1 600 m p.p.t.
Mineralizacja ogólna wody geotermalnej	47 g/dm <sup>3</sup>
Temperatura wody w złożu / na wypływie	75/72°C
Potencjalna wydajność eksploatacyjna ujęcia	63 m <sup>3</sup> /h

**Tabela 3.1.**  
Ważniejsze parametry eksploatacyjne źródła geotermalnego w Kutnie



### 3.2.

#### **BILANS ENERGETYCZNY ANALIZOWANEGO ODBIORCY ENERGII**

W kolejnych rozdziałach opisano dane techniczne i ekonomiczne dotyczące możliwości zagospodarowania wód termalnych w rejonie Kutna.

Wykorzystanie zasobów geotermalnych w celu zaspokojenia potrzeb ciepłych odbiorcy komunalnego będzie związane z zaspokojeniem jego potrzeb w zakresie centralnego ogrzewania i przygotowania ciepłej wody użytkowej. Sieć ciepłownicza w analizowanej lokalizacji istnieje, zapotrzebowanie na moc jest znaczące (ok. 77 MW), paliwem referencyjnym jest węgiel kamienny. Założono, że parametry robocze sieci ciepłowniczej będą typowe dla sieci o podobnym poziomie mocy i wykorzystywaniu paliwa referencyjnego i będą

wynosić 110/70°C dla centralnego ogrzewania oraz 70/30°C dla ciepłej wody użytkowej. Mając na uwadze dostępne zasoby wód termalnych, potencjalnego odbiorcę dopasowano do dostępnych zasobów, sugerując jego maksymalną moc grzewczą na poziomie 11,4 MW.

#### 3.2.1.

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

Ważniejsze parametry eksploatacyjne systemu przedstawiono w tabeli 3.2. Określona produkcja energii z ciepłowni geotermalnej (109,1 TJ/rok) jest znacząco niższa od zapotrzebowania na ciepło (tab. 2.1 – 353,82 TJ/rok). Oznacza to możliwość pełnego wykorzystania możliwości instalacji geotermalnej

POZYCJA BILANSU	WARTOŚĆ
Szczytowe źródło ciepła	kocioł gazowy
Nominalna moc ciepłowni geotermalnej	17,9 MW
Nominalna moc wymiennika geotermalnego	3,2 MW
Nominalna moc grzewcza pomp ciepła	8,4 MW
Nominalna moc kotła szczytowego	6,2 MW
Roczna produkcja ciepła: - geotermalnego - z kotłów szczytowych i napędzających pompy ciepła	109,1 TJ (100%) 77,0 TJ (71%) 32,1 TJ (29%)
Roczny współczynnik obciążenia wymiennika	0,27
Roczne zużycie paliwa kopalnego (gazu ziemnego typu E – GZ50)	1 007,2 tys. m <sup>3</sup>
Roczne zużycie energii elektrycznej	391 MWh
Dostawy ciepła	97,3 TJ c.o./ c.w.u.(w sez. letnim 100% c.g.*)

\* c.g. – ciepło geotermalne

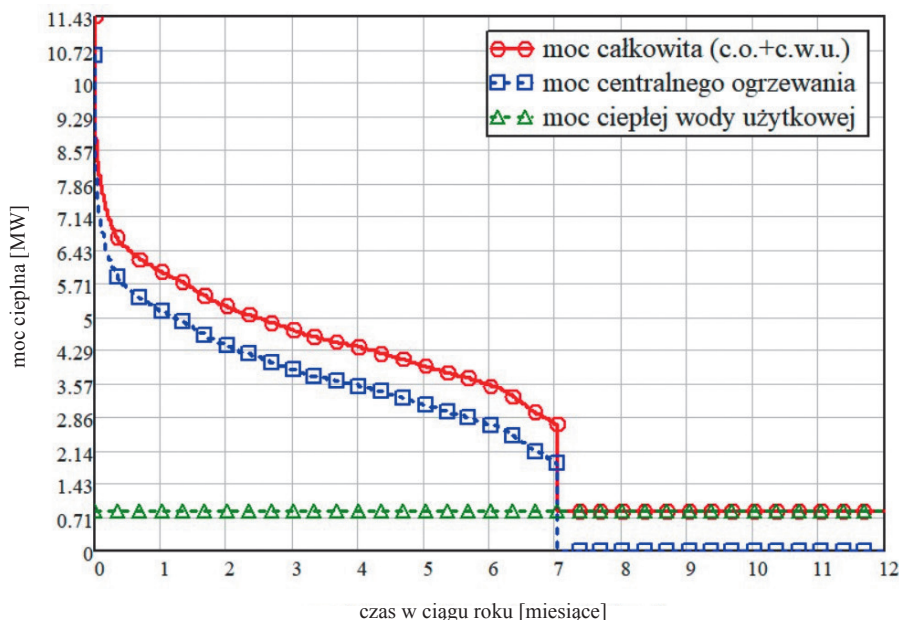
**Tabela 3.2.**  
**Bilans energetyczny geotermalnego systemu ciepłowniczego w Kutnie**



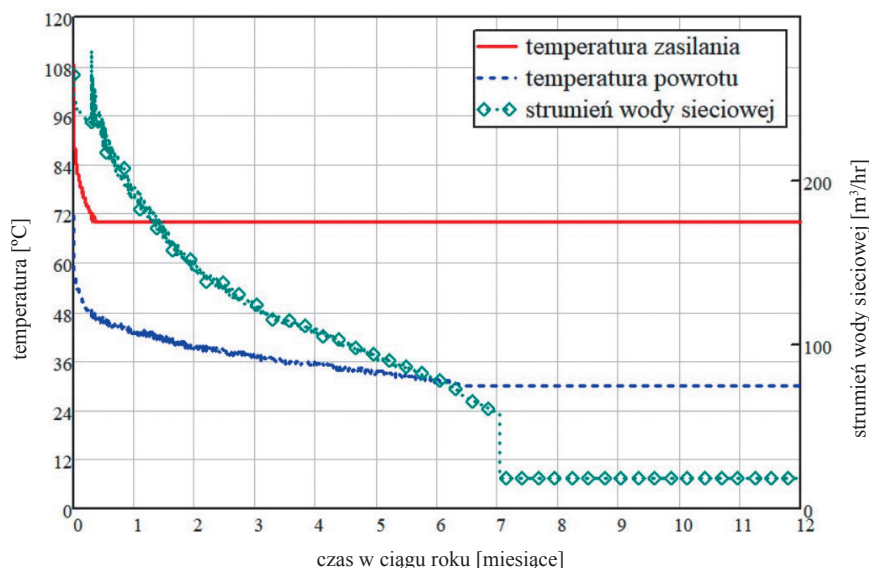
Zbiorną charakterystykę odbiorców energii włączonych do sieci przedstawiono graficznie za pomocą krzywych na rysunkach 3.2 i 3.3. Krzywa z rysunku 3.2 przedstawia chwilowe, uporządkowane malejąco, począwszy od miesiąca o najwyższym zapotrzebowaniu na energię (nie według kolejnych

miesiący w roku), zapotrzebowanie na moc grzewczą związaną z centralnym ogrzewaniem i przygotowaniem ciepłej wody użytkowej odbiorcy komunalnego.

Rysunek 3.3 przedstawia krzywą uporządkowaną malejąco sterowania mocą dostarczoną.



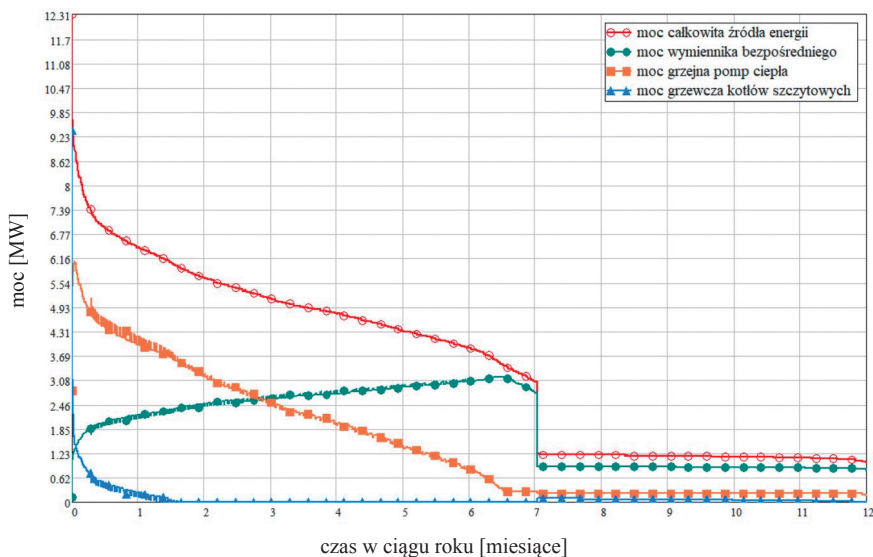
Rysunek 3.2. Krzywa (uporządkowana malejąco) zapotrzebowania na moc grzewczą związaną z ogrzewaniem i przygotowaniem ciepłej wody użytkowej dla odbiorcy komunalnego w Kutnie



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

Wykorzystując model matematyczny źródła energii oraz charakterystykę odbiorcy, a także uwzględniając straty na przesyłaniu energii, określono harmonogram pracy geotermalnego źródła energii. Przedstawia go na krzywych uporządkowanych malejąco rysunek 3.4. Zaprezentowana na wykresie (rys. 3.4) moc kotłów szczytowych jest mocą zainstalowaną w kotłach na gaz. Energia

napędowa dla analizowanych absorpcyjnych pomp ciepła również pochodzi z kotłów wysokotemperaturowych. Mimo wysokiej wymaganej temperatury zasilania sieci ciepłowniczej na uwagę zasługuje wyrównana praca wymiennika bezpośredniego. Dzięki odpowiedniemu doborowi mocy odbiorcy energii, zapotrzebowanie na energię pochodzącą z kotłów wspomaganie szczytowe nie jest znaczące.



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 Kutnie

### 3.2.2.

#### OBIEKTY REKREACYJNE – BASENY GEOTERMALNE

Zestawienie podstawowych danych dotyczących wykorzystania energii geotermalnej w celu zaspokojenia potrzeb cieplnych obiektu rekreacyjnego przedstawia tabela 3.3

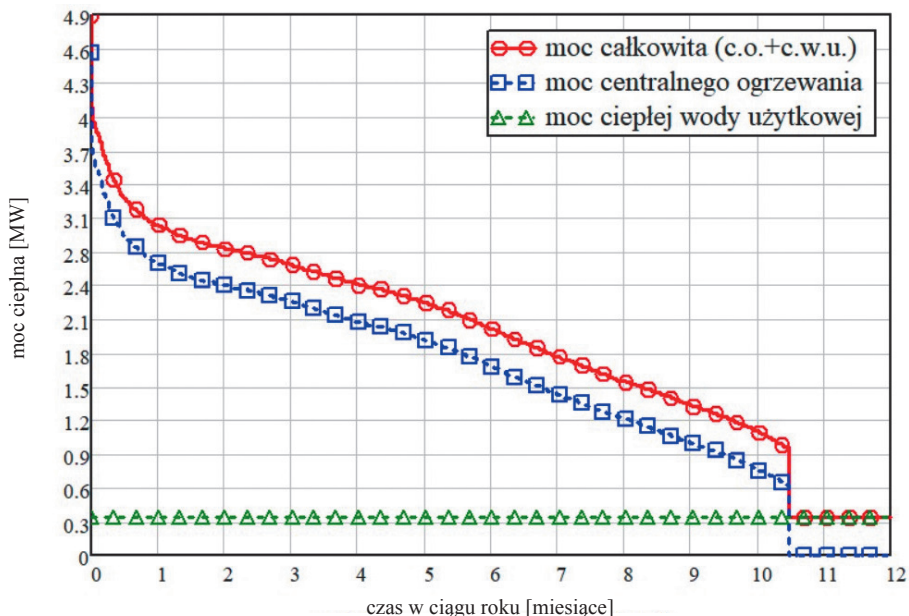
POZYCJA BILANSU	WARTOŚĆ
Szczytowe źródło ciepła	brak
Nominalna moc ciepłowni geotermalnej	5,3 MW
Nominalna moc wymiennika geotermalnego	3,1 MW
Nominalna moc grzewcza pomp ciepła	2,2 MW
Nominalna moc kotła szczytowego	n/d
Roczna produkcja ciepła:	
- geotermalnego	61,9 TJ (100%)
- z kotłów szczytowych i napędzających pompy ciepła	61,1 TJ (99%)
	0,8 TJ (1%)
Roczny współczynnik obciążenia wymiennika	0,398
Roczne zużycie paliwa kopalnego (gazu ziemnego typu E – GZ50)	32,9 tys. m <sup>3</sup>
Roczne zużycie energii elektrycznej	391 MWh
Dostawy ciepła	61,4 TJ c.o./ c.w.u. (w sez. letnim 100% c.g.)

Tabela 3.3.

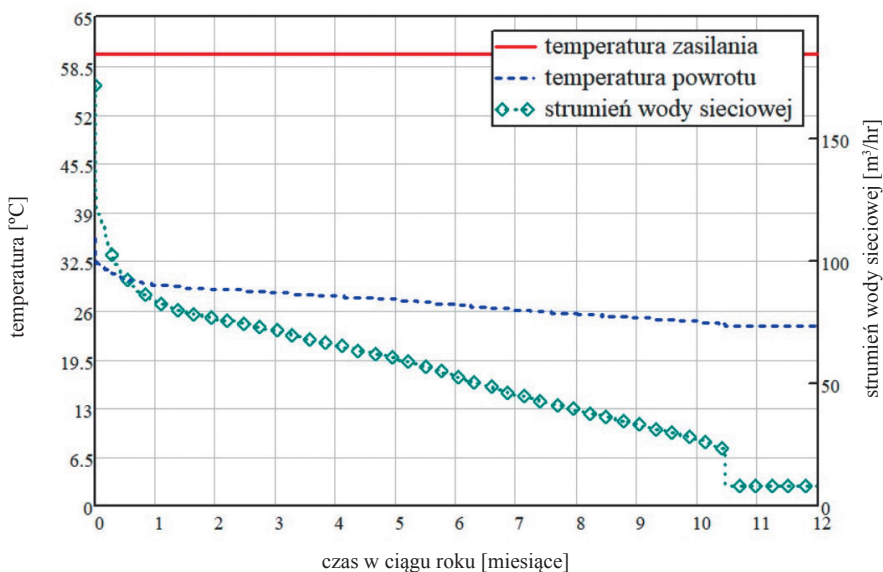
Bilans energetyczny systemu geotermalnego (rekreacja) w Kutnie

Na rysunku 3.5 przedstawiono chwilowe, uporządkowane malejąco zapotrzebowanie na moc grzewczą kompleksu rekreacyjnego, natomiast rysunek 3.6 uporządkowany malejąco wykres sterowania mocą dostar-

zoną odbiorcy. Założono, że obiekt został wyposażony w instalacje ogrzewania niskotemperaturowego 60/35°C, a instalacja przygotowania ciepłej wody na parametry 60/20°C.



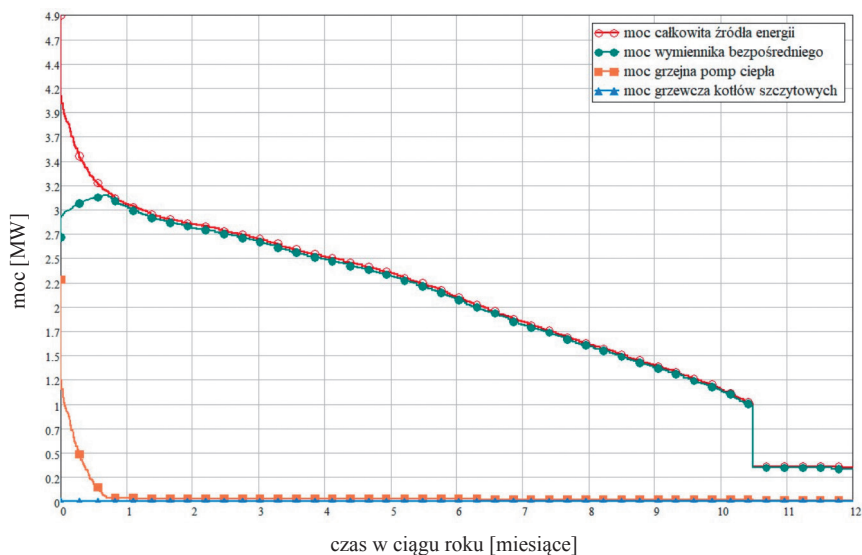
Rysunek 3.5. Krzywa (uporządkowana malejąco) zapotrzebowania na moc grzewczą związaną z ogrzewaniem i przygotowaniem ciepłej wody użytkowej dla odbiorcy typu obiektu baseny rekreacyjne w Kutnie



Rysunek 3.6. Krzywa (uporządkowana malejąco) sterowania mocą dostarczoną do odbiorcy typu obiektu baseny rekreacyjne w Kutnie

Na rysunku 3.7 przedstawiono uporządkowane malejąco krzywe pokrycia potrzeb ciepłych 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 przez krótki czas.



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 Kutnie

### 3.2.3.

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

W skład systemu kaskadowego wchodzi odbiorca ko-

munalny i rekreacyjny. Moc odbiorcy jest równa sumie mocy odbiorcy komunalnego i obiektu rekreacyjnego. Zestawienie bilansu energetycznego dla systemu kaskadowego przedstawia tabela 3.4.

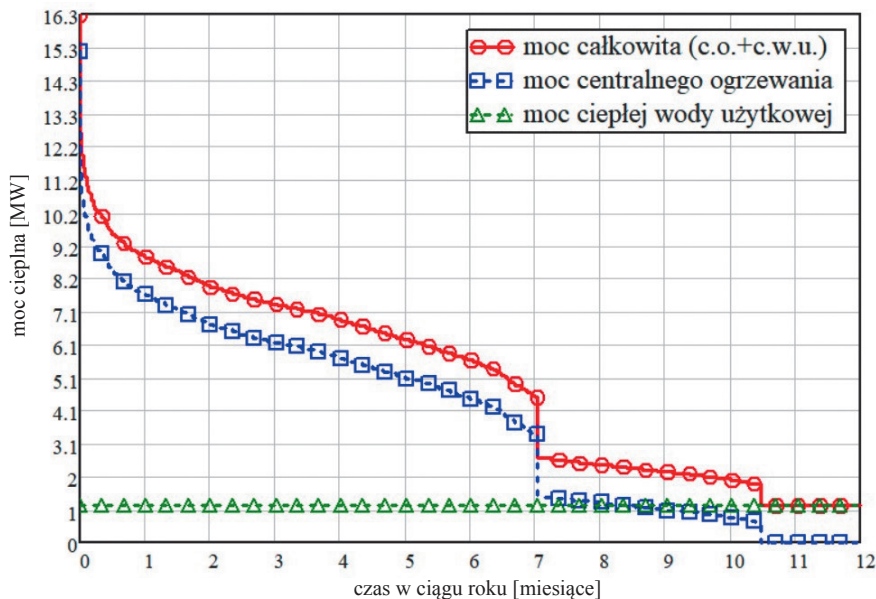
POZYCJA BILANSU	WARTOŚĆ
Nominalna moc ciepłowni geotermalnej	25,0 MW
Nominalna moc wymiennika geotermalnego	2,9 MW
Nominalna moc grzewcza pomp ciepła	7,1 MW
Nominalna moc kotła szczytowego	15,055 MW
Roczna produkcja ciepła:	
- geotermalnego	170,3 TJ (100%)
- z kotłów szczytowych i napędzających pompy ciepła	97,2 TJ (57%) 73,1 TJ (43%)
Roczny współczynnik obciążenia wymiennika	0,308
Roczne zużycie paliwa kopalnego (gazu ziemnego typu E – GZ50)	2 295,3 tys. m <sup>3</sup>
Roczne zużycie energii elektrycznej	391 MWh
Dostawy ciepła	158,7 TJ c.o./c.w.u.(w sez. letnim 100% c.g.)
Dostawy ciepła	120,5 TJ c.o./c.w.u.(w sez.letnim 100% c.g.)

Tabela 3.4.

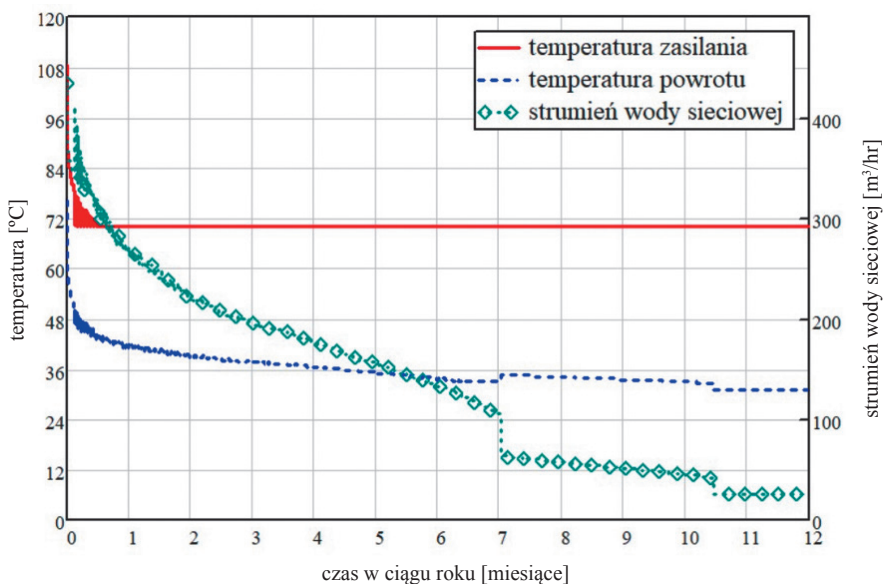
Bilans energetyczny systemu geotermalnego w kaskadzie w Kutnie

Na rysunku 3.8 przedstawiono uporządkowaną malejąco krzywą zapotrzebowania na moc odbiorcy kaskadowego, która jest sumą krzywych opisujących zapo-

trzebowanie na moc odbiorcy komunalnego i rekreacyjnego. Rysunek 3.9 przedstawia krzywą uporządkowaną malejąco sterowania mocą dostarczoną.



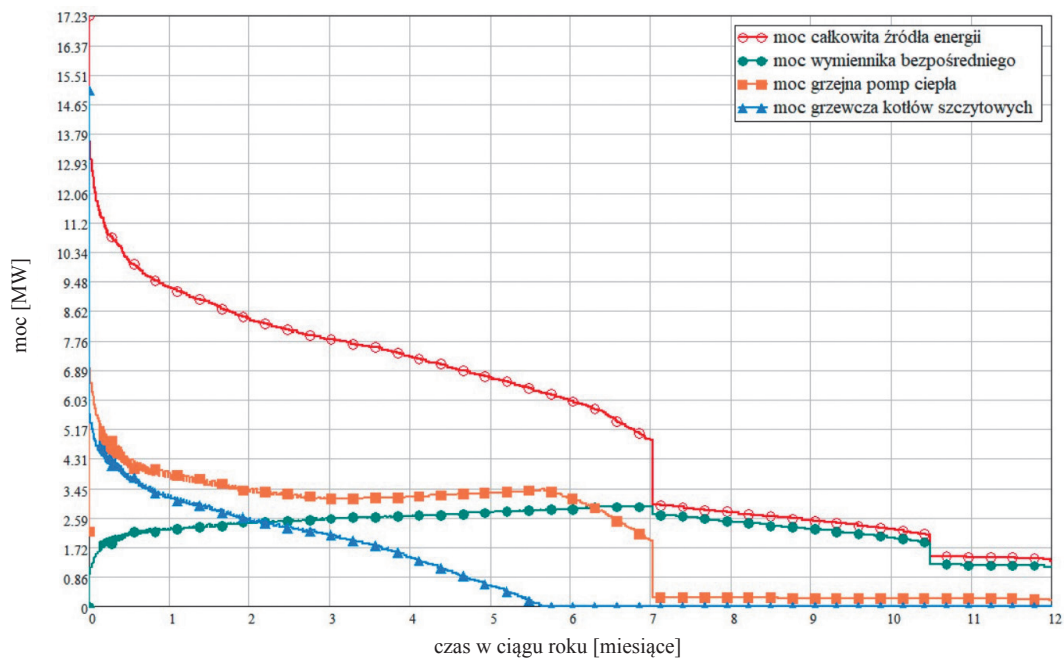
**Rysunek 3.8.**  
Krzywa (uporządkowana malejąco) zapotrzebowania na moc grzewczą związaną z ogrzewaniem i przygotowaniem ciepłej ody użytkowej w kaskadowym wykorzystaniu energii w Kutnie



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

Dzięki wyrównanemu zapotrzebowaniu na moc w ciągu roku i umiarkowanej wymaganej temperaturze zasilania, źródło energii dostarcza w sposób wyrównany energię geotermalną pozyskiwaną wymiennikiem bezpośrednim (rys. 3.10).

Również pompy ciepła pracują z mocą wyrównaną w ciągu roku. Okres eksploatacji kotłowni wspomaganie szczytowego wynosi ok. 5,5 miesiąca w ciągu roku.



**Rysunek 3.10.**  
Krzywa (uporządkowana malejąco) pokrycia zapotrzebowania na moc grzewczą związaną z ogrzewaniem i przygotowaniem c.w.u., przy wykorzystaniu analizowanych źródeł dla kaskadowego wykorzystania energii w Kutnie



## 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 założenia, które przedstawia tabela 4.1.

Do obliczeń przyjęto, że środki inwestycyjne są wydatkowane 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 oraz 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 będzie ciepłownia konwencjonalna opalana węglem kamiennym, która przez cały okres 25 lat będzie dostarczała energię cieplną w cenie równej 53,45 zł (według 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 PLN), 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 wpływ zarówno różnica między ceną jednostki energii uzyskanej w ciepłowni geotermalnej a przyjętą referencyjną ceną energii z ciepłowni węglowej, jak i wielkość odbiorcy oraz jego parametry odbioru ciepła. Należy zatem wyciągnąć 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,

WSKAŹNIK	WARTOŚĆ [TYS. ZŁ]
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*) - $p$	94
Ryzyko projektu (do obliczeń stopy dyskontowej) $r_{proj} = 100\% - p$	6
Realna stopa dyskontowa (oszacowana przy wykorzystaniu równania Fishera)	10,49

\*EMV – 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 Kutna

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 oraz 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. Zainwestowany 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, a 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 39 629 tys. zł. Zestawienie prognozowanych nakładów inwestycyjnych na instalację geotermalną w Kutnie, uwzględniającą wyłącznie odbiorcę komunalnego przedstawiono w tabeli 4.2.

##### 4.2.2.

##### **KOSZTY OPERACYJNE**

Koszty całkowite eksploatacji rocznej oszacowano na 3 112 tys. zł/rok. Zestawienie przewidywanych kosztów operacyjnych instalacji w Kutnie, uwzględniającej wyłącznie odbiorcę komunalnego przedstawiono w tabeli 4.3.

POZYCJA BILANSU	WARTOŚĆ [TYS. ZŁ]
Otwór produkcyjny	0 (dotacja)
Otwór chłonny	16 785
Wymiennik bezpośredni oraz wymiennik źródła dolnego pomp ciepła	290
Pompy ciepła (wraz z kołami napędowymi)	12 661
Kotły szczytowe na gaz ziemny	3 745
Rurociągi połączeniowe i magistrale przesyłowe	700
Budynki	328
Koszt montażu, rezerwa na wydatki niespodziewane	5 120
<b>Sumaryczne prognozowane nakłady inwestycyjne na wytworzenie źródła</b>	<b>39 629</b>

Tabela 4.2.

Zestawienie nakładów inwestycyjnych na instalację w Kutnie – odbiorca komunalny

POZYCJA BILANSU	WARTOŚĆ [TYS. ZŁ/ROK]
<b>Koszty całkowite eksploatacji rocznej</b>	<b>3 112</b>
- Koszty stałe, w tym:	2 934
- amortyzacja środków trwałych	2 338
- koszty remontów, konserwacji i napraw bieżących	596
- Koszty zmienne (w tym głównie koszty zakupu konwencjonalnych nośników energii)	178

Tabela 4.3.

Zestawienie kosztów operacyjnych instalacji w Kutnie – odbiorca komunalny

#### 4.2.3.

#### OCENA FINANSOWA

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

KRYTERIUM	WARTOŚĆ
<b>SPOSÓB FINANSOWANIA INWESTYCJI</b>	<b>1. OTWÓR DOTOWANY</b>
Cena wytworzenia ciepła	29 zł/GJ
Wartość zaktualizowana netto (NPV)	-2 346 166,37 zł
Wewnętrzna stopa zwrotu (IRR)	9,13%
Oczekiwany efekt finansowy (EMV)	-3 212 496,39 zł
Okres zwrotu nakładów inwestycyjnych	>25 lat

**Tabela 4.4.**

**Wskaźniki finansowej efektywności geotermalnego systemu ciepłowniczego w Kutnie – odbiorca komunalny**

#### 4.3.

#### OBIEKTY REKREACYJNE – BASENY GEOTERMALNE

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

#### 4.3.1

#### NAKŁADY INWESTYCYJNE

Prognozowane nakłady inwestycyjne na wytworzenie źródła energii ciepłej wynoszą 23 609 tys. zł. Zestawienie prognozowanych nakładów inwestycyjnych na instalację geotermalną w Kutnie, uwzględniając wykorzystanie wód termalnych do celów rekreacyjnych przedstawiono w tabeli 4.5.

POZYCJA BILANSU	WARTOŚĆ [TYS. ZŁ]
Otwór produkcyjny	16 785
Otwór chłonny	0 (dotacja)
Wymiennik bezpośredni oraz wymiennik źródła dolnego pomp ciepła	199
Pompy ciepła (wraz z kołami napędowymi)	3 327
Kotły szczytowe na gaz ziemny	0
Rurociągi połączeniowe i magistrale przesyłowe	700
Budynki	131
Koszt montażu, rezerwa na wydatki niespodziewane	2 467
<b>Sumaryczne prognozowane nakłady inwestycyjne na wytworzenie źródła</b>	<b>23 609</b>

**Tabela 4.5.**

**Zestawienie nakładów inwestycyjnych na instalację w Kutnie – baseny geotermalne**

#### 4.3.2

##### KOSZTY OPERACYJNE

Koszty całkowite eksploatacji rocznej wynosi 1 626 tys. zł/rok. Zestawienie przewidywanych kosztów operacyjnych instalacji w Kutnie, uwzględniającej wykorzystanie wód termalnych do celów rekreacyjnych przedstawiono w tabeli 4.6.

POZYCJA BILANSU	WARTOŚĆ [TYS. ZŁ/ROK]
<b>Koszty całkowite eksploatacji rocznej</b>	<b>1 626</b>
- Koszty stałe, w tym:	1 450
- amortyzacja środków trwałych	1 186
- koszty remontów, konserwacji i napraw bieżących	264
- Koszty zmienne (w tym głównie koszty zakupu konwencjonalnych nośników energii)	176

Tabela 4.6.

Zestawienie kosztów operacyjnych instalacji w Kutnie – baseny geotermalne

#### 4.3.3.

##### OCENA FINANSOWA

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

KRYTERIUM	WARTOŚĆ
<b>SPOSÓB FINANSOWANIA INWESTYCJI</b>	<b>1. OTWÓR DOTOWANY</b>
Cena wytworzenia ciepła	26 zł/GJ
Wartość zaktualizowana netto (NPV)	-2 611 257,83 zł
Wewnętrzna stopa zwrotu (IRR)	8,26%
Oczekiwany efekt finansowy (EMV)	-3 461 682,36 zł
Okres zwrotu nakładów inwestycyjnych	>25 lat

Tabela 4.7.

Wskaźniki finansowej efektywności geotermalnego systemu ciepłowniczego w Kutnie – baseny geotermalne

#### 4.4.

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

Prognozowane nakłady finansowe na uruchomienie źródła energii zestawiono w rozdziale 4.4.1, a 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 wynoszą 43 637 tys. zł. Zestawienie prognozowanych nakładów inwestycyjnych na instalację geotermalną w Kutnie, uwzględniającą wykorzystanie wód termalnych w systemie kaskadowym przedstawiono w tabeli 4.8.

POZYCJA BILANSU	WARTOŚĆ [TYS. ZŁ]
Otwór produkcyjny	16 785
Otwór chłonny	0 (dotacja)
Wymiennik bezpośredni oraz wymiennik źródła dolnego pomp ciepła	294
Pompy ciepła (wraz z kołami napędowymi)	10 643
Kotły szczytowe na gaz ziemny	8 978
Rurociągi połączeniowe i magistrale przesyłowe	700
Budynki	460
Koszt montażu, rezerwa na wydatki niespodziewane	5 777
<b>Sumaryczne prognozowane nakłady inwestycyjne na wytworzenie źródła</b>	<b>43 637</b>

**Tabela 4.8.**  
Zestawienie nakładów inwestycyjnych na instalację w Kutnie – system kaskadowy

#### 4.4.2.

#### KOSZTY OPERACYJNE

Koszty całkowite eksploatacji rocznej oszacowano na 3 480 tys. zł/rok. Zestawienie kosztów operacyjnych instalacji pracującej w systemie kaskadowym przedstawiono w tabeli 4.9.

POZYCJA BILANSU	WARTOŚĆ [TYS. ZŁ/ROK]
<b>Koszty całkowite eksploatacji rocznej</b>	<b>3 480</b>
- Koszty stałe, w tym:	3 300
- amortyzacja środków trwałych	2 623
- koszty remontów, konserwacji i napraw bieżących	677
- Koszty zmienne (w tym głównie koszty zakupu konwencjonalnych nośników energii)	180

**Tabela 4.9.**  
Zestawienie kosztów operacyjnych instalacji w Kutnie – system kaskadowy

#### 4.4.3.

#### OCENA FINANSOWA

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

KRYTERIUM	WARTOŚĆ
<b>SPOSÓB FINANSOWANIA INWESTYCJI</b>	<b>1. OTWÓR DOTOWANY</b>
Cena wytworzenia ciepła	20 zł/GJ
Wartość zaktualizowana netto (NPV)	23 312 693,73 zł
Wewnętrzna stopa zwrotu (IRR)	23,56%
Oczekiwany efekt finansowy (EMV)	20 906 832,10 zł
Okres zwrotu nakładów inwestycyjnych	7 lat

**Tabela 4.10.**  
Wskaźniki finansowej efektywności geotermalnego systemu ciepłowniczego w Kutnie – system kaskadowy

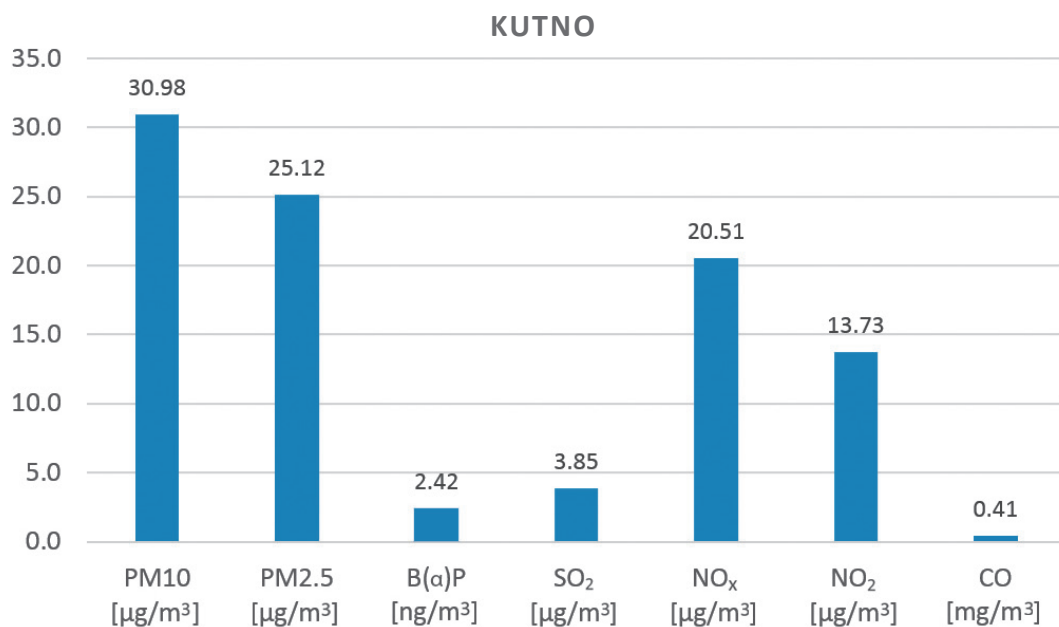
## 5 STAN ŚRODOWISKA

Źródła powierzchniowej, liniowej oraz punktowej emisji zanieczyszczeń nie są wskazane w Planie Gospodarki Niskoemisyjnej. 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, a pył  $\text{PM}_{10}$  również zakwalifikowano do klasy C zanieczyszczeń. Emisja dwutlenku węgla w gminie Kutno w roku 2014 wynosiła

374 42 Mg. Podział na sektory jest następujący:

- sektor komunalny – 102 272 Mg;
- transport kołowy – pojazdy gminne – 2 173 Mg;
- transport kołowy na terenie gminy – ogółem – 30 174 Mg;
- gospodarka odpadami – 0 Mg;
- gospodarka wodna – nieznany;
- gospodarka ściekami – 176 802 Mg;
- konsumpcja energii elektrycznej – nieznany;
- oświetlenie ulic – 2 172 Mg.

Zestawienie danych pomiarowych zanieczyszczeń powietrza dla gminy Kutno w 2018 roku przedstawiono na rysunku 5.1.



Rysunek 5.1.  
Zestawienie wyników analizy danych pomiarowych zanieczyszczeń powietrza dla gminy Kutno w roku 2018

## 6 ODDZIAŁYWANIE PROJEKTU NA ŚRODOWISKO NATURALNE

Analizę efektu ekologicznego przeprowadzono na podstawie trzech scenariuszy bazowych przy założonej emisji 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 ziemny;
- 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 przy-

stąpieniem do projektowania ciepłowni przeprowadzić dokładną inwentaryzację stosowanych źródeł ciepła w całej miejscowości lub wśród zadeklarowanych potencjalnych odbiorców.

W celu ułatwienia dokonania oszacowania efektu ekologicznego, w 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 zredukowana. 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 wiąże się z wykorzystaniem paliw przez szczytowe źródła ciepła (gaz ziemny, olej opałowy, biomasa) i 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 wariantcie komunalnym (wykorzystanym do obliczeń efektu ekologicznego i ekonomicznego) przedstawiona została 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 zostać spalane aby dostarczyć analogiczną ilość energii.

W celu oceny wielkości emisji poszczególnych substancji do atmosfery wykorzystano metodykę Krajowego Ośrodka Bilansowania i Zarządzania Emisjami (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 według danych zamieszczonych w „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 przedstawiona w tabelach 6.1 i 6.2), o tyle zużywana 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 ograniczona jest łatwość rozcieńczenia i odprowadzania zanieczyszczeń, 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 przyczyniają się do obniżenia jakości powietrza.



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>	82 131	44,7	5 792
NO <sub>x</sub>	11 293	4848	6 814,5
CO	230 993	957	1 942
CO <sub>2</sub>	9 496 000	6 379 000	9 200 000
Pył zawieszony	51 332	1,59	1 158,5
Benzo(α)piren	71,9	0	0,89

Tabela 6.1.

Emisja zanieczyszczeń w Kutnie 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

Uruchomienie zakładu geotermalnego skutkuje całkowitym wyeliminowaniem problemu lokalnej emisji substancji smogotwórczych. Uzyskany efekt jest w przeliczeniu na jednost-

kę energii zależny wyłącznie od stosowanego paliwa i sposobu spalania paliwa, więc w warunkach działającej instalacji stały, a jego opis liczbowy prezentuje tabela 6.2.

ZANIECZYSZCZENIE	LOKALNA EMISJA ZANIECZYSZCZENIA PO URUCHOMIENIU CIEPŁOWNI GEOTERMALNEJ						
	Emisja E <sub>2</sub> lokalnie	OGRANICZENIE 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>	14,10	82 116	>99,9	30,6	68,5	5 778	99,8
NO <sub>x</sub>	1763	9 530	84,4	3 086	63,7	5 053	74,1
CO	241,7	230 750	99,9	714	74,7	1 700	87,5
CO <sub>2</sub>	2015000	7 482 000	78,8	4 364 000	68,4	7 185 000	78,1
Pył całkowity (TSP)	0,504	5 1330	>99,9	1,09	68,1	1 158	>99,9
Benzo(α)piren	n/d	71,9	>99,9	n/d	n/d	0,89	>99,9

Tabela 6.2.

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

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 elektrowniach opalanych węglem kamiennym i brunatnym. Tak więc zużycie energii elektrycznej obarcza 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 utrzyma-**

**ny 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.

Zaopatrzenie ciepłowni geotermalnej w energię elektryczną pochodzącą ze źródeł o niskich współczynnikach emisyjności poprawi globalny efekt ekologiczny, jednak jego obliczenie wymagałoby przeprowadzenie analiz dla zakładu ciepłowniczego o szczegółowo opisanej specyfikacji i harmonogramie funkcjonowania.

ZANIECZYSZCZENIE	GLOBALNA EMISJA ZANIECZYSZCZENIA PO URUCHOMIENIU CIEPŁOWNI GEOTERMALNEJ						
	Emisja E <sub>2</sub> globalnie	OGROMACZENIE EMISJI (E <sub>1</sub> – E <sub>2</sub> ) 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>	299	81 831	99,6	-255,1	-571,3	5 493	94,8
NO <sub>x</sub>	2 052	9 240	81,8	2 796	57,7	4 763	69,9
CO	345	230 647	99,9	611	63,9	1 597	82,2
CO <sub>2</sub>	2 319 000	7 178 000	75,6	4 060 000	63,7	6 881 000	74,8
Pył całkowity (TSP)	17,7	51 313,8	100,0	-16,1	-1 012,6	1 140,8	98,5
Benzo(α) piren	n/d	71,9	100,0	n/d	n/d	0,89	100,0

Tabela 6.3.

Szacowana emisja globalna (z uwzględnieniem energii elektrycznej) związana z funkcjonowaniem ciepłowni geotermalnej (E<sub>2</sub>) w Kutnie 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

Zasadniczy wpływ na powstawanie minerałów wtórnych w systemach geotermalnych 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.

Minerały 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 Kutnie, wykonano na podstawie dostępnych danych hydrogeochemicznych. Najbliżej położone otwory, którymi rozpoznano właściwości fizykochemiczne wody w rejonie Kutna, to Żychlin IG-3 oraz Gostynin IG-3. W obu otworach stwierdzono wysoką mineralizację wody, odpowiednio 107 i 99,4 g/dm<sup>3</sup>. Z kolei dla Kutna, spodziewana mineralizacja wody to ok. 47,4 g/dm<sup>3</sup>. Zatem dla potrzeb prognozy stanu termodynamicznego wody, przyjęto o połowę mniejszą mineralizację wody, oraz zawartości składników rozpuszczonych w stosunku do rozpoznania otworem Gostynin IG-3.

Należy zaznaczyć, że zakres oznaczeń wykonanych w otworach referencyjnych, był znikomy, a wiarygodność wielu oznaczeń budziła duże wątpliwości, z tego względu nie powinny one stanowić podstawy dokonywania prognoz termodynamicznych w układzie woda-skała. Nie stanowiły materiału odpowiedniego do wykonania modelowania termodynamicznego. Nie można również na ich podstawie określić wiarygodnie bezpiecznej temperatury schłodzenia w instalacji geotermalnej.

Z tego względu, przedstawione wyniki badań mają charakter przybliżony, a stan roztworu wodnego (bilans, specjacja, stopień jego nasycenia względem określonych faz mineralnych), przy uwzględnieniu wpływu zmienności temperatury na wartość obliczanych parametrów, ma charakter czysto orientacyjny.

W obliczeniach przyjęto:

- odczyn wody lekko kwaśny (pH 6,75) - zgodnie z wynikami analiz pochodzących z otworów archiwalnych (Bank Wód Podziemnych Zaliczonych do Kopalini), w otworze Żychlin IG-3, nie pomierzono pH. Zatem przyjęto pH arbitralnie, wg własnego doświadczenia;
- środowisko redukcyjne (Eh -120 mV) – przyjęto arbitralnie, na podstawie własnego doświadczenia, zgodnie z wynikami analiz pochodzących z otworów archiwalnych (Bank Wód Podziemnych Zaliczonych do Kopalini) – brak danych dot. Eh – podstawowego parametru wymaganego do modelowania geochemicznego;
- temperatura wody złożowej 75,5°C i głowicowej 72°C przy wydobywaniu na poziomie 63 m<sup>3</sup>/h. Jest to 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 zatłaczanej 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 75,5°C, woda wykazuje stan równowagi z kwarcem i przesylenie kalcytem, aragonitem oraz dolomitom, co jest tendencją sprzyjającą do wytrącania osadów węglanowych z wody. Nie stwierdzono natomiast tendencji do wytrącania osadów siarczanowych. Zarówno anhydryt jak również gips, wykazują stan nienasycenia, w całym spektrum temperatur, od złożowej, poprzez temperaturę wody głowicowej i schłodzenia do 20°C. Wyniki prognozy przedstawiono na rysunku 7.1.

W kolejnym etapie dokonano analizy stanu termodynamicznego wody w warunkach wydobywczych w Kutnie, przy eksploatacji z temperaturą 72°C. W warunkach rozpatrywanej temperatury, stwierdzono podobną tendencję jak w warunkach złożowych, z wyjątkiem przesylenia aragonitem, kalcytem

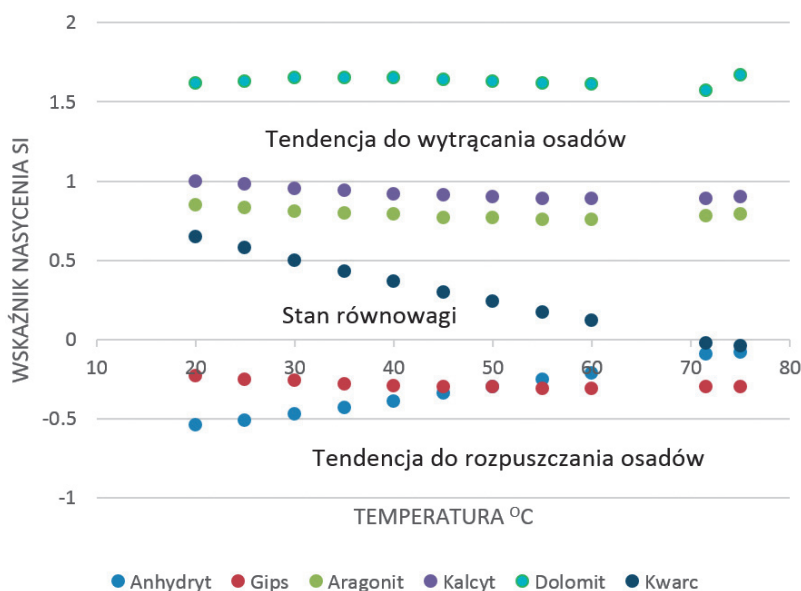
i dolomitem, co może powodować wytrącanie minerałów wtórnych w instalacji. Nie stwierdzono tendencji do wytrącania osadów siarczanowych.

Analizując wyniki modelowania geochemicznego, przedstawione na rysunku 7.1 można zauważyć, że schłodzenie wody do temperatury nawet 20°C zmniejsza stopniowo tendencję do wytrącania węglanowych form mineralnych (aragonitu, kalcytu i dolomitu). Jednakże, przy takim schłodzeniu, odpowiednio wzrasta tendencja do wytrącania krzemionkowych form mineralnych. Woda osiąga stan przesycenia kwarcem, już przy temperaturze 30–35°C. Za optymalne należy zatem uznać zatłaczanie wody schłodzonej o wskazanej temperaturze 30–35°C, choć schładzając wodę do 20–25°C, rośnie efektywność odzysku energii. Podstawą badań modelowych były równania wynikające z bilansu masy oraz prawa działania mas dla danej rozpatrywanej analizy chemicznej wody i przyjętych parametrów fizycznych. Wyniki obliczeń równowagi termodynamicznej wody termalnej opracowano przyjmując dane z otworu Gostynin IG-3, pomniejszone stosownie do rozpoznannej mineralizacji. Należy jednak mieć na uwadze, że faktyczne właściwości fizyczne i chemiczne wody rozpoznanej nowym otworem w Kutnie, mogą odbiegać od tych prognozowanych. Ponadto, 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. 75,5°C) będzie nasycona głównymi minerałami budującymi skały zbiornikowe (piaskowce) tj. krzemianami, glinokrzemianami i minerałami ilastymi. Będą

wykazywać również lekkie przesycenie minerałami węglanowymi. Obliczenia wskazują ponadto, że woda termalna będzie niedosycona minerałami siarczanowymi (anhydrytem i gipsem), mogą one zatem być rozpuszczane przez wodę ze skał budujących zbiornik. Wody jury dolnej w rejonie Kutna, to solanki o prognozowanej mineralizacji ok. 47,4 g/dm<sup>3</sup>. Spełniają kryterium wykorzystania w balneoterapii, bez rozcieńczenia. Cechą szczególną tych wód jest zwykle podwyższona zawartość siarczanów, chlorków, sodu, wapnia i magnezu, żelaza, jodu, bromków, boru, strontu, fluoru, często również kwasu metakrzemowego. Wody te pod względem hydrochemicznym klasyfikuje się jako wody chlorkowo-sodowe.

Z wód termalnych solankowych możliwy jest odzysk soli jodowo-bromowych oraz soli wykorzystywanych w kosmetologii. Prognozowana mineralizacja wody termalnej w Kutnie, predestynuje je do pozyskiwania produktu stałego, soli kąpielowych i leczniczych. Zalecane jest w tym przypadku wykorzystanie procesów hybrydowych, opartych na technikach membranowych oraz metodach wyparnych (najczęściej odwrócona osmoza – metody wyparne lub nanofiltracja–odwrócona osmoza – metody wyparne). Można rozważyć również wykorzystanie płynnej solanki jako surowca balneologicznego. 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.

Wykazana w wyniku modelowania geochemicznego, skłonność do wytrącania faz krzemionkowych w wodzie schłodzonej, decyduje bez wątplenia o koniecz-



Rysunek 7.1.  
Prognoza stanu termodynamicznego wody termalnej w Kutnie

ności zastosowania wstępnego uzdatniania wody lub zastosowania antyskalantów/inhibitorów, ograniczających wytrącanie osadów w instalacjach ciepłowniczych, rurociągach i/lub w procesach zateżenia. 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 krzemionkę, są szczególnie cenione

w balneoterapii. Składniki te wpływają bowiem pozytywnie na kondycję skóry lub mają korzystny wpływ na układ oddechowy. Szczególnym przykładem potwierdzającym tę kwestię jest kąpielisko Blue Laguna na Islandii.

Wody termalne w Kutnie, mogą być również wykorzystywane w rekreacji, przy co najmniej dwukrotnym rozcieńczeniu, co wymagałoby zapewnienia stosownych zasobów wody słodkiej.

## 8 WNIOSKI

Tabela 8.1 prezentuje kluczowe parametry opisujące pracę, efekt ekonomiczny i emisyjność ciepłowni geotermalnej. Szczególną uwagę zwraca stosunkowo wysoki udział źródła geotermalnego w ogólnej produkcji ciepła oraz wybitnie niska cena ciepła wytworzonego w instalacji kaskadowej. Wynika to ze znaczącego wzrostu ilości wyprodukowanego ciepła w stosunku do

wariantu komunalnego (ok 70%) uzyskanego niewielkim (ok. 10%) wzrostem nakładów inwestycyjnych. Wody termalne w Kutnie mogą być wykorzystywane w celach balneoterapeutycznych w sposób bezpośredni, oraz w rekreacji i kosmetologii. Podczas eksploatacji należy liczyć się z możliwością wytrącania węglanowych i krzemionkowych form mineralnych z wody.

PARAMETR	WARIANT		
	KOMUNALNY	REKREACJA	KASKADA
Roczna produkcja ciepła [TJ]:			
- geotermalnego	77,0	61,1	97,2
- z kotłów szczytowych i napędu pomp ciepła	32,1	0,80	73,1
Roczna produkcja energii [TJ] / moc maksymalna [MW]	109,1 / 17,9	61,9 / 5,3	170,3 / 25,0
Udział OZE w produkcji ciepła [%]	70,6	98,7	57,1
Nakłady inwestycyjne [tys. zł]	39 629	23 608	43 637
Cena wytworzenia energii [zł/GJ]	29	26	20
Wskaźniki emisji jednostkowej	(lokalnie/globalnie)	(lokalnie/globalnie)	(lokalnie/globalnie)
CO <sub>2</sub> [kg/GJ]	19,94/24,15	0,79/7,46	27,87/30,45
SO <sub>2</sub> [kg/GJ]	<0,01/0,03	<0,01/0,04	<0,01/0,02
NO <sub>x</sub> [kg/GJ]	0,01/0,02	<0,01/0,01	0,02/0,02
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 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, obarczone 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 próbných 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 wnioskowego dofinansowania projektu wynosi maksymalnie 50% kosztów kwalifikowalnych.

## LITERATURA

- Kondracki J., 2000. Geografia regionalna Polski. Wyd. Nauk. PWN, Warszawa;
- Pożaryski W., 1952. Podłoże mezozoiczne Kujaw. Biul. Państw. Inst. Geol., 55;
- Sowizdział, A., Papiernik, B., Machowski, G. & Hajto, M., 2013. Characterization of petrophysical parameters of the Lower Triassic deposits in prospective location for Enhanced Geothermal System (central Poland). Geological Quarterly 57, 729-744;
- Plan Gospodarki Niskoemisyjnej dla Miasta Kutno na lata 2015-2023. Energoekspert Sp. z o.o.;
- Żelaźniewicz A., Aleksandrowski P., Buła Z., Karnkowski P.H., Konon A., Oszczypko N., Ślęczka A., Żaba J., Żyto F., 2011. Regionalizacja tektoniczna Polski, Komitet Nauk Geologicznych PAN, Wrocław.



