

Wstępne studium techniczno-ekonomiczne  
wykorzystania wód termalnych

# POLICE



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	18
4.4.3.	OCENA FINANSOWA	18
<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>

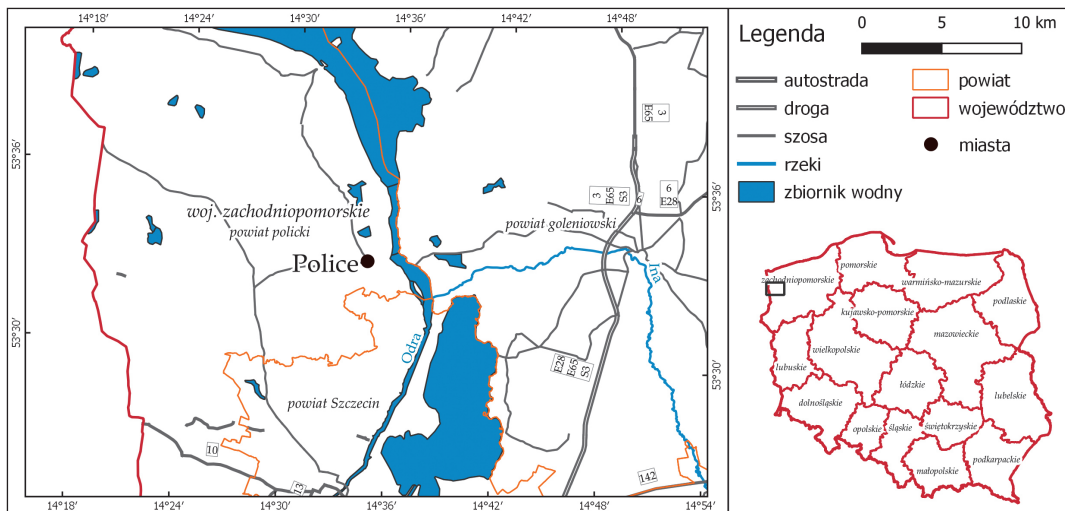
# 1 CHARAKTERYSTYKA MIASTA | GMINY

## 1.1.

### LOKALIZACJA

Gmina Police położona jest w powiecie polickim, w zachodniej części województwa zachodniopomorskiego, w bezpośrednim sąsiedztwie zachodniej granicy Polski, w pobliżu Zalewu Szczecińskiego oraz żeglownej części Odry. Gmina graniczy z czterema polskimi gminami: od północy – z gminą Nowe Warpno, od południa – ze Szczecinem i Dobrą, od wschodu – z gminą Goleniów, którą oddziela od Polic rzeka Odra. Od zachodu zaś

sąsiedzi gminy są niemieckie gminy z powiatu Uecker-Randow, położonego na terenie landu Meklemburgia Pomorze Przednie. Gmina Police podzielona jest na 12 sołectw. Obszar gminy zajmuje ok. 25 tys. ha i jest zamieszkiwany przez ok. 41 tys. mieszkańców. Miasto Police zajmuje powierzchnię 37,31 km<sup>2</sup> i jest zamieszkiwane przez 33 152 mieszkańców. Na terenie gminy znajduje się lotnisko w Goleniowie i porty wodne. Lokalizację gminy Police na tle mapy podziału administracyjnego pokazano na rysunku 1.1.



Rysunek 1.1.  
Lokalizacja gminy Police na tle mapy podziału administracyjnego



## 1.2.

### FIZJOGRAFIA

Według podziału fizycznogeograficznego Polski (Kon-dracki, 2009) opisywany obszar jest położony w pod-prowincji Pobrzeża Południowobałtyckiego, w zasię-gu makroregionu Pobrzeża Szczecińskiego, w obrębie

trzech mezoregionów: Równiny Wkrzańskiej, Doliny Dolnej Odry, Wzgórz Szczecińskich. Krajobraz i uwa-runkowania geologiczne najmłodszych utworów są efektem plejstocenijskich procesów glaciektonicznych oraz holocenijskich procesów akumulacji rzecznej, eolicznej i organicznej.

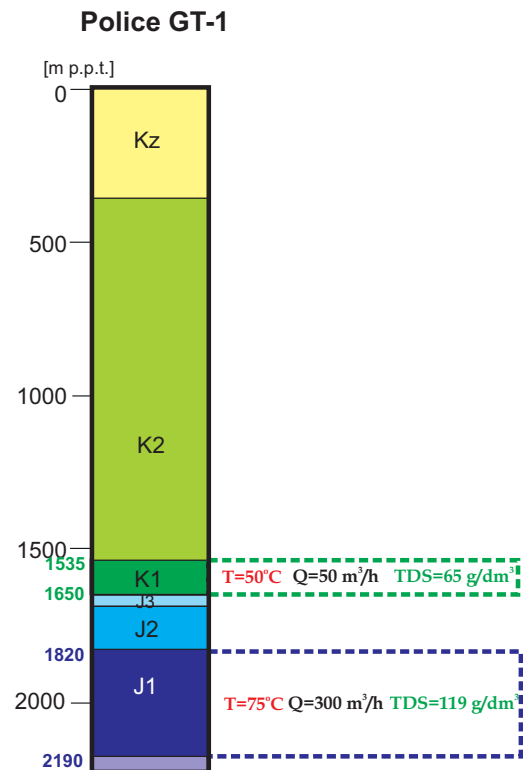
## 1.3.

### WARUNKI HYDROGEOTERMALNE

Omawiana gmina znajduje się w obrębie niecki szcze-cińskiej tworzącej synklinorium szczecińsko-tódzko-mie-chowskie, które ciągnie się od Szczecina – na północy do podnóża Karpat – na południu Polski. Niecki zostały ostatecznie uformowane w czasie fazy Iaramijskiej – po mastrychcie, a przed eocenem. Niecka szczecińska graniczy z wałem pomorskim wzdłuż strefy fleksurowo-uskokowej ciągnącej się od Świnoujścia w kierunku południowo-wschodnim. Na zachodzie niecka sięga do Odry, a jej południową granicą (z monokliną przedsu-decką) jest linia intersekcyjna spągu skał kredowych, które spoczywają tu na różnych wiekowo utworach jurajskich. Skrzydła synklinorium szczecińskiego są asy-metryczne; północno-wschodnie jest bardziej strome, południowo-zachodnie – łagodniejsze. W profilu geologicznym zaznaczają się dwa potencjalne zbiorniki geo-termalne: dolnojurański oraz dolnokredowy.

Zbiornik dolnojurański zalega na głębokości (strop) 1 820 m p.p.t., (spąg 2190 m p.p.t.) a jego miąższość całkowita wynosi 370 m. Temperatura w obrębie utwo-rów wodonośnych wynosi ok. 75°C, a mineralizacja wód ok. 119 g/dm<sup>3</sup>. Prognozowana jest wysoka wydaj-ność otworów na poziomie 300 m<sup>3</sup>/h.

Zbiornik dolnokredowy występuje na głębokości (strop-spąg) 1 535–1 650 m p.p.t. (miąższość 115 m). Wody tego zbiornika cechują się temperaturą rzędu 50°C oraz mineralizacją na poziomie 65 g/dm<sup>3</sup>. Potencjalna wy-dajność otworów w warstwie wodonośnej przyjmuje wartość ok. 50 m<sup>3</sup>/h. Przewidywany profil stratygra-ficzny rejonu Polic przedstawiono na rysunku 1.2.



Rysunek 1.2.  
Przewidywany profil stratygraficzny rejonu Polic

## 2 OGÓLNA CHARAKTERYSTYKA RYNKU CIEPŁOWNICZEGO

W gminie występuje sieć ciepłownicza. Dostarcza ona 158 696 389 kWh energii cieplnej rocznie. Głównym nośnikiem energii na cele grzewcze oraz przemysłowe jest paliwo węglowe, na którym oparta jest w większości produkcja ciepła dla systemu ciepłowniczego oraz produkcja ciepła przez Z.Ch. „Police” SA i Polchar Sp. z o.o. Głównym źródłem energii cieplnej jest ciepłownia rejonowa z czterema kotłami wodnymi o łącznej mocy 46,4 MW, zasilana miałem węglowym. Energia ta jest przesyłana do odbiorców 7,5 kilometrowymi sieciami napowietrznymi, oraz 24,21 kilometrowymi sieciami podziemnymi będącymi własnością spółki. Dostarczana następnie do 221 węzłów, z których 136 stanowi własność spółki. Głównymi odbiorcami są dwie Spółdzielnie Mieszkaniowe, oraz Zakład Gospodarki Komunalnej i Mieszkaniowej w sumie te trzy instytucje kupują ok. 80% energii. Wszystkich kontrahentów jest ok. 105.

W gminie Police funkcjonuje sieć gazownicza, której całkowita długość wynosi ok. 160 km. Poza terenem

gminy znajduje się gazociąg wysokiego ciśnienia. Nie są znane parametry sieci gazowniczej, wiadomo natomiast, że w 2013 roku do sieci przyłączonych było 11 282 gospodarstw, które zużyły 4 164,6 tys. m<sup>3</sup> gazu. Stopień gazyfikacji w gminie Police pokazuje, że 82,7% mieszkań ma dostęp do sieci gazowniczej, przy czym stopień jego wykorzystania przez mieszkańców jest nieznanym. Zaopatrzenie indywidualne obiektów w większości bazuje na paliwach gazowych i płynnych wykorzystywanych w kotłach i innych paleniskach. W mniejszej części indywidualne zaopatrzenie w ciepło jest zapewniane z wykorzystaniem urządzeń zasilanych przez paliwa stałe.

Szacunkowe zapotrzebowanie na energię ciepłą wraz z informacjami dotyczącymi stosowanego paliwa oraz struktury zapotrzebowania na ciepło dla miasta Police przedstawiono w tabeli 2.1.

Podstawowe informacje dotyczące funkcjonujących źródeł energii cieplnej w rejonie miasta przedstawiono w tabeli 2.2.

SYSTEM CIEPŁOWNICZY MIASTA	SCENTRALIZOWANY	100%
	ZDECENTRALIZOWANY	0%
Stosowane paliwo	miał węglowy	
Zapotrzebowanie na ciepło	<ul style="list-style-type: none"><li>• mieszkalnictwo</li><li>• budynki użyteczności publicznej</li><li>• przemysł, usługi, handel</li></ul>	350,1 TJ/rok 72,6 TJ/rok 188,1 TJ/rok
	<b>Razem w skali roku</b>	<b>610,8 TJ/rok</b>
<b>Uwagi:</b> Opracowano na podstawie danych przekazanych przez PEC Police S.A. oraz Planu Gospodarki Niskoemisyjnej (PGN) dla Gminy Police, 2015.		

**Tabela 2.1.**  
Szacunkowe zapotrzebowanie miasta na ciepło w Policach



NAZWA ŹRÓDŁA CIEPŁA	
Właściciel	Przedsiębiorstwo Energetyki Ciepłej S.A.
Moc cieplna źródła [MW]	46,4
Roczna produkcja ciepła	300 TJ/rok
Stosowane paliwo	miał węglowy
Dostawy ciepła	c.o. / c.w.u.*
Sieci ciepłownicze	31,7 km (własne)
<b>Uwagi:</b> Opracowano na podstawie danych przekazanych przez PEC Police S.A. oraz PGN dla Gminy Police, 2015.	

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

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

Główne parametry systemu dystrybucji ciepła w Policach przedstawiono w tabeli 2.3.

WŁAŚCICIEL SYSTEMU DYSTRYBUCJI	PEC POLICE S.A.
Temperatury zasilania i powrotu sieci ciepłowniczej	130/70°C
Węzły ciepłne	221 (136 należy do PEC Police S.A.)
Opłaty za energię cieplną (wytwarzanie)	29,62 [zł/GJ]
Opłaty za energię cieplną (przesył/opłata stała)	1 494,57–2 136,30 [zł/MW/miesiąc]
<b>Uwagi:</b> Opracowano na podstawie danych przekazanych przez PEC Police S.A., taryfy dla ciepła PEC Police S.A. oraz Planu Gospodarki Niskoemisyjnej dla Gminy Police, 2015.	

**Tabela 2.3.**  
**Główne parametry systemu dystrybucji ciepła w Policach**

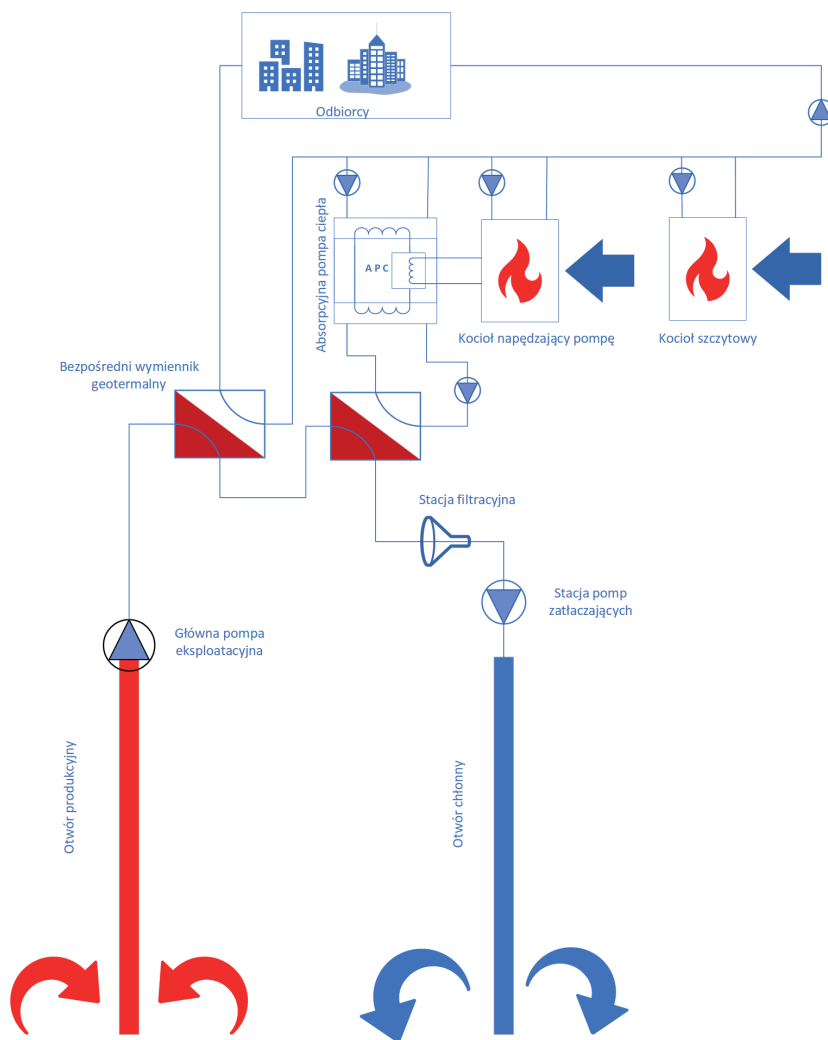


### 3

## KONCEPCJA BUDOWY CIEPŁOWNI GEOTERMALNEJ

W poniższych rozdziałach zestawiono główne parametry techniczne, ekonomiczne i ekologiczne cechujące analizowane grupy odbiorców w lokalizacji miasta Police. Koncepcję budowy ciepłowni geotermalnej, wykorzystującej ogólny schemat technologiczny instalacji źródła energii, przedstawiono na rysunku 3.1. Ciepłownia geotermalna bazuje na dostępnych – prognozowanych warunkach złożowych (tab. 3.1) oraz

dostępny rynek zbytu na ciepło sieciowe. W Policach istnieje zarówno sieć ciepłownicza, jak i gazowa. Schemat pracy źródła energii jest następujący: woda termalna jest wydobywana na powierzchnię otworem produkcyjnym, o głębokości stosownej do głębokości zalegania horyzontu wodonośnego. Wy wpływając ze strefy filtra otworu produkcyjnego, woda termalna traci część zawartej w niej energii, co skutkuje tym,



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



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.

W procesie technologicznym 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 (bepośredni wymiennik geotermalny). Podgrzewa tam wodę powrotną instalacji ciepłowniczej do możliwie wysokiej temperatury. Ten stopień odzysku energii od 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.

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 (temperatura wody obiegu ciepłowniczego nadal nie osiągnęła temperatury wymaganej), to niezbędną część mocy dostarczają kotły wspomaganie szczytowego – zasilane gazem ziemnym typu E (dawniej GZ50). W ocenie konsumpcji nośników energii brana jest pod uwagę energia elektryczna, wykorzystywana do napędu pomp eksploatacyjnych i zatłaczających. 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

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 w Policach przedstawiono w tabeli 3.1.

PARAMETR	WARTOŚĆ
Udostępniony poziom wodonośny	jura dolna
Liczba otworów	2
Głębokość otworu (dipola) ( $\pm 10\%$ )	2 190 m
Głębokość zalegania stropu poziomu wodonośnego	1 820 m p.p.t.
Mineralizacja ogólna wody termalnej	119 g/dm <sup>3</sup>
Temperatura wody w złożu / na wypływie	75/74°C
Potencjalna wydajność eksploatacyjna ujęcia	300 m <sup>3</sup> /h

**Tabela 3.1.**  
**Ważniejsze parametry eksploatacyjne źródła termalnego w Policach**

### 3.2.

#### BILANS ENERGETYCZNY ANALIZOWANEGO ODBIORCY ENERGII

Charakterystykę wykorzystania energii geotermalnej w celu zaspokojenia potrzeb analizowanych grup odbiorców przedstawiono w poniższych rozdziałach. W Policach istnieje sieć ciepłownicza, dla której zamówiona moc cieplna jest szacowana na prawie 46 MW, a zapotrzebowanie na energię szacowane jest na 300 TJ/rok. Brak jest informacji na temat parametrów projektowych sieci ciepłowniczej. Można jednak przypuszczać, że jest to sieć o parametrach na poziomie 110/70°C na c.o. i 70/40°C. Zapotrzebowanie na energię pochodzącą z sieci ciepłowniczych zestawiono w tabeli 2.1.

#### 3.2.1.

##### ODBIORCA KOMUNALNY – SIEĆ CIEPŁOWNICZA

Odbiorca komunalny wykorzystuje energię geotermalną w celu zaspokojenia potrzeb związanych z central-

nym ogrzewaniem i przygotowaniem ciepłej wody użytkowej.

Zbiorną 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).

Założyć można, że przy możliwościach znaczących zbytku energii, moc źródła termalnego jest limitowana jedynie dostępnymi parametrami złożowymi. Bilans energetyczny geotermalnego systemu ciepłowniczego w Policach przedstawiono w tabeli 3.2. Możliwa do uzyskania produkcja energii z geotermii (tab. 3.2) jest znacząco mniejsza od zapotrzebowania na nią w Policach (tab. 2.1), świadczy to o braku problemu ze zbyciem wytworzonej energii cieplnej.

POZYCJA BILANSU	WARTOŚĆ
Szczytowe źródło ciepła	kocioł gazowy
Nominalna moc ciepłowni geotermalnej	73,4 MW
Nominalna moc wymiennika geotermalnego	10,7 MW
Nominalna moc grzewcza pomp ciepła	18,9 MW
Nominalna moc kotła szczytowego	43,8 MW
Roczna produkcja ciepła: - geotermalnego - z kotłów szczytowych i kotłów napędzających pomp ciepła	392,4 TJ (100%) 263,2 TJ (67%) 129,2 TJ (33%)
Roczny współczynnik obciążenia wymiennika	0,253
Roczne zużycie paliwa kopalnego (gazu ziemnego typu E - GZ50)	4 055,1 tys. m <sup>3</sup>
Roczne zużycie energii elektrycznej	7 158 MWh
Dostawy ciepła	359,7 TJ c.o./c.w.u.(w sez. letnim 100% c.g.*)

\*c.g. – ciepło geotermalne

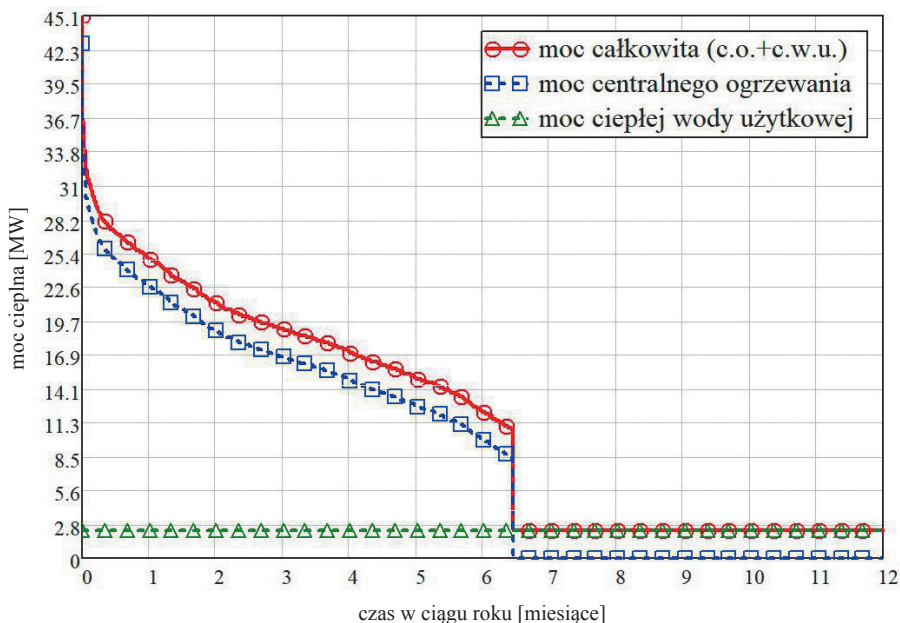
**Tabela 3.2.**

**Bilans energetyczny geotermalnego systemu ciepłowniczego w Policach**

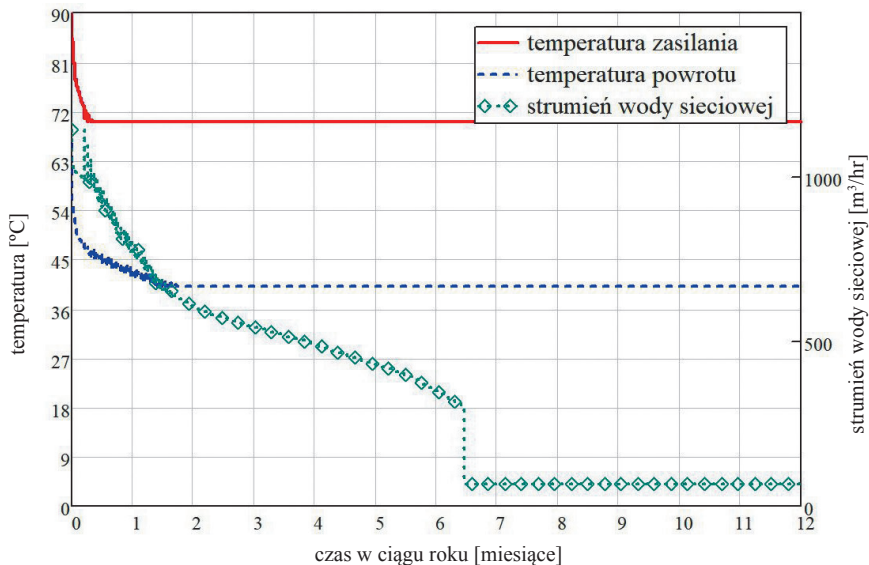


Na rysunku 3.2 przedstawiono uporządkowany wykres zapotrzebowania na moc grzewczą odbiorcy komunal-

nego, natomiast na rysunku 3.3 – wykres uporządkowany 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 Policach

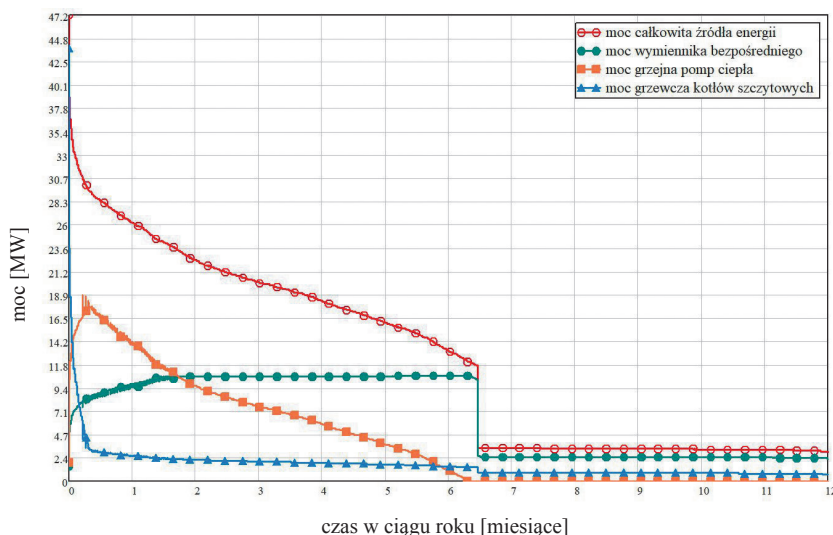


**Rysunek 3.3.**  
Krzywa (uporządkowana malejąco) sterowania mocą dostarczoną do odbiorcy komunalnego w Policach

Wykorzystując model matematyczny źródła energii oraz charakterystykę odbiorcy, a także uwzględniając straty na przesyłaniu energii, określono harmonogram pracy geotermalnego źródła energii. Przedstawią to, na krzywych uporządkowanych, rysunek 3.4.

Na podstawie wykresu można stwierdzić, że wykorzystanie wymiennika bezpośredniego jest możliwe prawie przez cały rok. Pompy ciepła również dostarczają moc przez cały rok. Pompy ciepła pracują przez

ok. 6,5 miesiąca w roku. Analizując krzywe pokrycia potrzeb ciepłych źródeł energii, można zauważyć, że wymiennik bezpośredni będzie pracował przez cały rok – z wyrównaną mocą chwilową w sezonie grzewczym. Bilans niedoboru mocy pokrywają kotły wspomagania szczytowego. Na rysunku 3.4 przedstawiono uporządkowany wykres pokrycia potrzeb ciepłych odbiorcy analizowanymi, w wariancie geotermalnym, źródłami energii dla Polic.



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 Policach

### 3.2.2.

#### OBIEKTY REKREACYJNE – BASENY GEOTERMALNE

Zestawienie podstawowych danych dotyczących wykorzystania energii geotermalnej w celu zaspokojenia potrzeb ciepłych obiektu rekreacyjnego przedstawiono w tabeli 3.3.

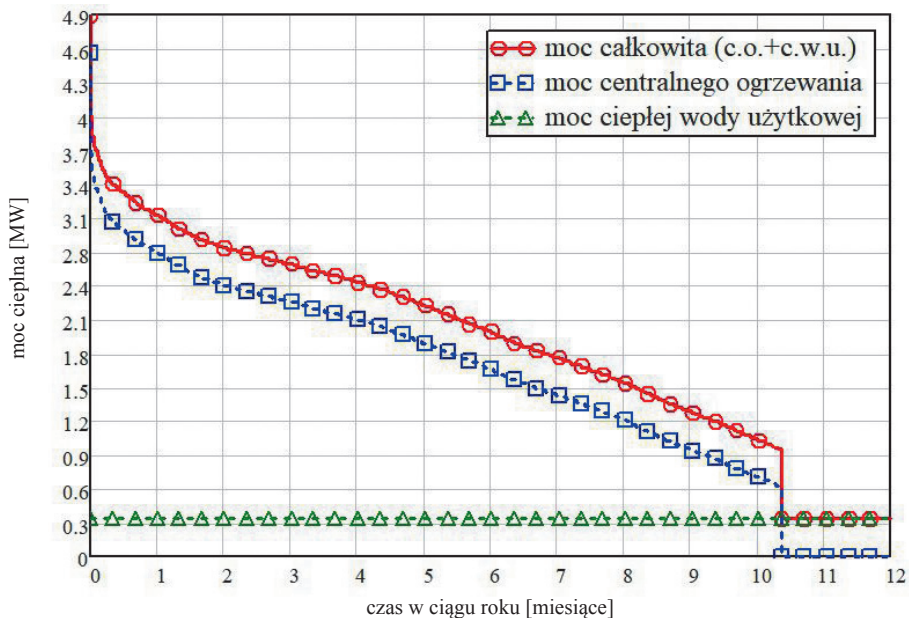
POZYCJA BILANSU	WARTOŚĆ
Szczytowe źródło ciepła	brak
Nominalna moc ciepłowni geotermalnej	4,5 MW
Nominalna moc wymiennika geotermalnego	4,5 MW
Nominalna moc grzewcza pomp ciepła	<0,1 MW
Nominalna moc kotła szczytowego	n/d
Roczna produkcja ciepła:	
- geotermalnego	59,5 TJ (100%)
- z kotłów szczytowych i napędzających pompy ciepła	59,2 TJ (99%) 0,3 TJ (1%)
Roczny współczynnik obciążenia wymiennika	0,418
Roczne zużycie paliwa kopalnego (gazu ziemnego typu E – GZ50)	9,5 tys. m <sup>3</sup>
Roczne zużycie energii elektrycznej	895 MWh
Dostawy ciepła	59,0 TJ c.o./ c.w.u.(w sez. letnim 100% c.g.)

Tabela 3.3.

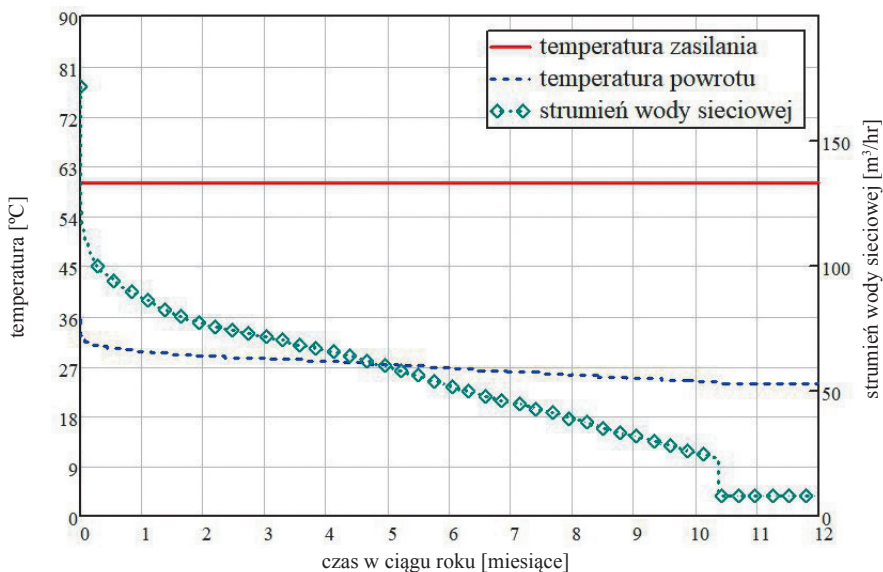
Bilans energetyczny systemu geotermalnego (rekreacja) w Policach

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

ną 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) sterowania mocą dostarczoną do odbiorcy typu obiektu basenowe rekreacyjne w Policach



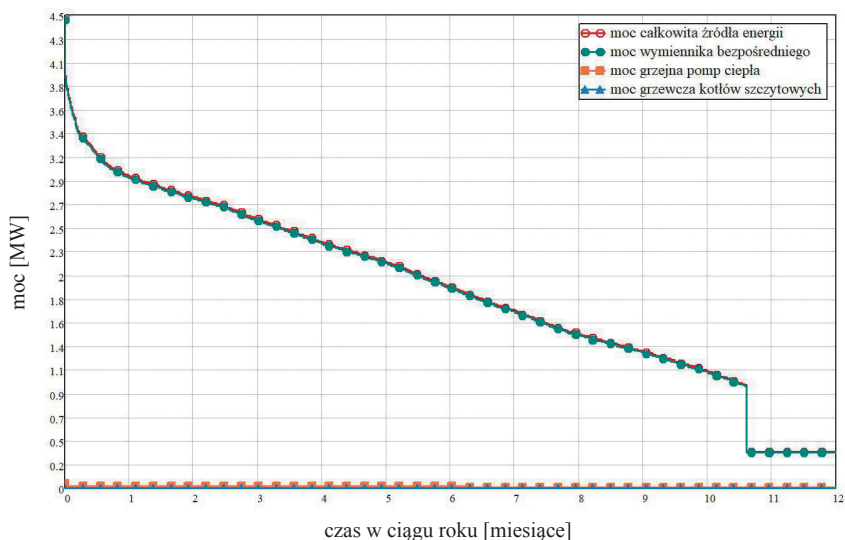
Rysunek 3.6. Krzywa (uporządkowana malejąco) sterowania mocą dostarczoną do odbiorcy typu obiektu basenowe rekreacyjne w Policach

Na rysunku 3.7 przedstawiono uporządkowane krzywe pokrycia potrzeb ciepłych obiektu źródłem energii wykorzystującym geotermię. Z harmonogramu pracy źródeł wynika, że nie jest konieczne stosowanie kotłów wspomagania szczytowego ani pomp ciepła. Dostępne zasoby pozwalają zaspokoić potrzeby obiektu przy wykorzystaniu jedynie wymiennika bezpośredniego.

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 dla systemu kaskadowego przedstawia tabela 3.4.



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 Policach

POZYCJA BILANSU	WARTOŚĆ
Szczytowe źródło ciepła	Kocioł gazowy
Nominalna moc ciepłowni geotermalnej	74,2 MW
Nominalna moc wymiennika geotermalnego	10,8 MW
Nominalna moc grzewcza pomp ciepła	29,2 MW
Nominalna moc kotła szczytowego	34,3 MW
Roczna produkcja ciepła:	450,8 TJ (100%)
- geotermalnego	314,7 TJ (70%)
- z kotłów szczytowych i kotłów napędowych pomp ciepła	136,1 TJ (30%)
Roczny współczynnik obciążenia wymiennika	0,268
Roczne zużycie paliwa kopalnego (gazu ziemnego typu E - GZ50)	4270,9
Roczne zużycie energii elektrycznej	7 158 MWh
Dostawy ciepła	418,7 TJ c.o./ c.w.u.(w sez. letnim 100% c.g.)

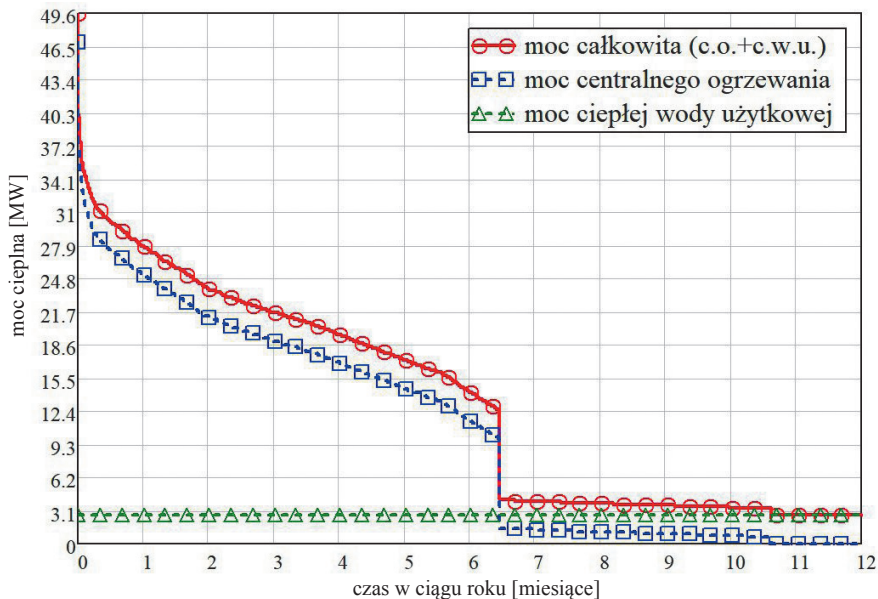
Tabela 3.4.

Bilans energetyczny systemu geotermalnego w kaskadzie w Policach

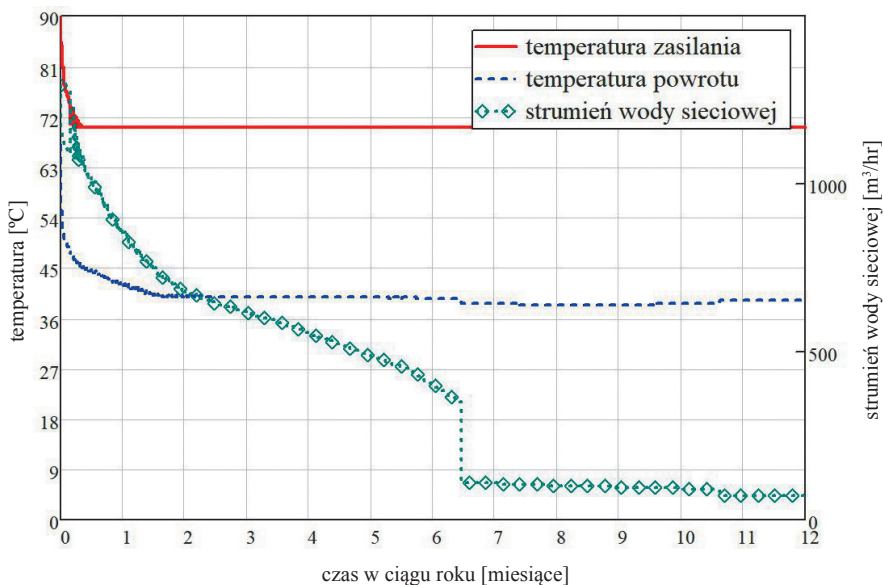


Na rysunku 3.8 przedstawiono uporządkowaną malejąco krzywą zapotrzebowania na moc odbiorcy kaskadowego, która jest sumą krzywych opisujących

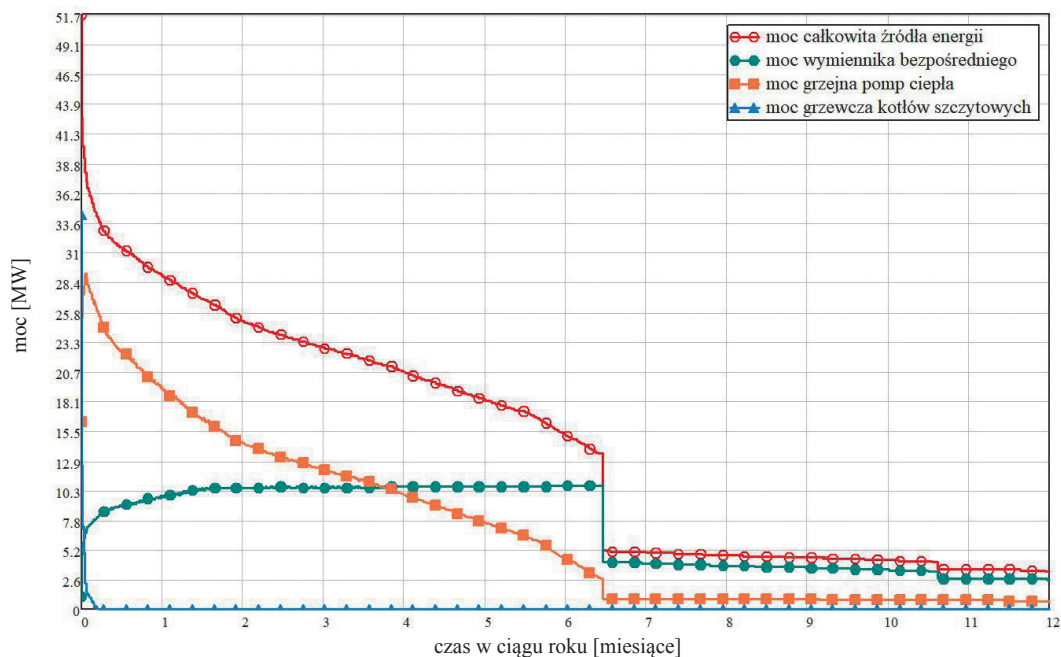
zapotrzebowanie na moc odbiorcy komunalnego i rekreacyjnego. Rysunek 3.9 przedstawia krzywą uporządkowaną malejąco sterowania mocą dostarczoną.



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



**Rysunek 3.9.**  
Krzywa (uporządkowana malejąco) zapotrzebowania na moc grzewczą związaną z ogrzewaniem i przygotowaniem ciepłej wody użytkowej w kaskadowym wykorzystaniu energii w Policach



**Rysunek 3.10.**  
Krzywa (uporządkowana malejąco) sterowania mocą dostarczoną do odbiorcy typu kaskadowego w Policach

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). Pompy ciepła pracują również z mocą wyrównaną w ciągu sezonu grzewczego, pracując przez ok. 6,5 miesiąca/rok. Poza sezonem grzewczym wspomagają sieć ciepłowniczą w zakresie utrzymania wyma-

ganej temperatury zasilania, pracując z niewielką mocą. Okres eksploatacji kotłów wspomaganie szczytowego jest bardzo krótki i wytwarzają one niewiele energii. Na rysunku 3.10 przedstawiono uporządkowaną krzywą pokrycia zapotrzebowania na moc grzewczą związaną z ogrzewaniem i przygotowaniem ciepłej wody użytkowej, przy wykorzystaniu analizowanych źródeł dla kaskadowego wykorzystania energii w Policach.



## 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 ciepłą w cenie równej 53,45 zł (według wartości pieniądza w 2019). 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. 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 w cenie jednostki energii uzyskanej w ciepłowni geotermalnej i przyjętą referencyjną ceną energii z ciepłowni węglowej, jak i wielkość odbiorcy i 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,

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*) - $p$	95
Ryzyko projektu (do obliczeń stopy dyskontowej) $r_{proj} = 100\% - p$	5
Realna stopa dyskontowa (oszacowana przy wykorzystaniu równania Fishera)	9,51

\*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 Policach

co przekłada się na wymóg maksymalizacji współczynnika obciążenia – jak największego odbioru energii geotermalnej. W przypadku, gdy NPV przybiera wartości większe od zera, inwestycja powinna przynieść zwrot poniesionych nakładów oraz zysk równy obliczonemu NPV. Dodatnia wartość wskaźnika NPV oznacza, że nastąpił zwrot z inwestycji i zarobek w warunkach w pełni komercyjnych. Ujemna wartość wskaźnika NPV nie przesądza o nieopłacalności inwestycji, jeśli wewnętrzna stopa zwrotu IRR jest większa od 0. W takiej sytuacji inwestycja nie jest w pełni atrakcyjna ekonomicznie, jednak stabilna finansowo, a podmioty zainteresowane nieco niższą stopą zwrotu, efektami pozafinansowymi lub prowadzone not-for-profit mogą postrzegać ciepłownię geotermalną jako atrakcyjną inwestycję.

#### 4.2.

##### ODBIORCA KOMUNALNY (SIEĆ CIEPŁOWNICZA)

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

##### 4.2.1.

##### NAKLĄDY INWESTYCYJNE

Prognozowane nakłady inwestycyjne na wytworzenie Prognozowane nakłady inwestycyjne na wytworzenie źródła energii cieplnej oszacowano na 81 871 tys. zł. Zestawienie prognozowanych nakładów inwestycyjnych na instalację geotermalną w Policach, uwzględniającą wyłącznie odbiorcę komunalnego, przedstawiono w tabeli 4.2.

POZYCJA BILANSU	WARTOŚĆ [TYS. ZŁ]
Otwór produkcyjny	0 (dotacja)
Otwór chłonny	11 931
Wymiennik bezpośredni oraz wymiennik źródła dolnego pomp ciepła	922
Pompy ciepła (wraz z kołami napędowymi)	28 293
Kotły szczytowe na sieciowy gaz ziemny	26 279
Rurociągi połączeniowe i magistrale przesyłowe	700
Budynki	1 258
Koszt montażu, rezerwa na wydatki niespodziewane	12 488
<b>Sumaryczne prognozowane nakłady inwestycyjne na wytworzenie źródła</b>	<b>81 871</b>

Tabela 4.2.

Zestawienie nakładów inwestycyjnych na instalację w Policach – odbiorca komunalny

##### 4.2.2.

##### KOSZTY OPERACYJNE

Koszty całkowite eksploatacji rocznej oszacowano na 17 634 tys. zł/rok. Zestawienie przewidywanych kosztów

operacyjnych instalacji w Policach, uwzględniającej wyłącznie odbiorcę komunalnego, przedstawiono w tabeli 4.3.

POZYCJA BILANSU	WARTOŚĆ [TYS. ZŁ/ROK]
<b>Koszty całkowite eksploatacji rocznej</b>	<b>17 634</b>
- Koszty stałe, w tym:	7 030
- amortyzacja środków trwałych	5 504
- koszty remontów, konserwacji i napraw bieżących	1 526
- Koszty zmienne (w tym głównie koszty zakupu konwencjonalnych nośników energii)	10 604

Tabela 4.3.

Zestawienie kosztów operacyjnych instalacji w Policach – odbiorca komunalny

#### 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 re-

kreacyjnego 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 oszacowano na 14 384 tys. zł. Zestawienie prognozowanych nakładów inwestycyjnych na instalację geotermalną w Policach, uwzględniającą wykorzystanie do celów rekreacyjnych, przedstawiono w tabeli 4.5.

KRYTERIUM	WARTOŚĆ
SPOSÓB FINANSOWANIA INWESTYCJI	1. OTWÓR DOTOWANY
Cena wytworzenia ciepła	45 zł/GJ
Wartość zaktualizowana netto (NPV)	3 208 950,47 zł
Wewnętrzna stopa zwrotu (IRR)	11,08%
Oczekiwany efekt finansowy (EMV)	2 451 952,95 zł
Okres zwrotu nakładów inwestycyjnych	19 lat

Tabela 4.4.

Wskaźniki finansowej efektywności geotermalnego systemu ciepłowniczego w Policach – odbiorca komunalny

POZYCJA BILANSU	WARTOŚĆ [TYS. ZŁ]
Otwór produkcyjny	11 931
Otwór chłonny	0 (dotacja)
Wymiennik bezpośredni oraz wymiennik źródła dolnego pomp ciepła	224
Pompy ciepła (wraz z kołami napędowymi)	74
Kotły szczytowe na gaz ziemny	0
Rurociągi połączeniowe i magistrale przesyłowe	700
Budynki	120
Koszt montażu, rezerwa na wydatki niespodziewane	1 335
<b>Sumaryczne prognozowane nakłady inwestycyjne na wytworzenie źródła</b>	<b>14 384</b>

Tabela 4.5.

Zestawienie nakładów inwestycyjnych na instalację w Policach – baseny geotermalne

#### 4.3.2

##### KOSZTY OPERACYJNE

Koszty całkowite eksploatacji rocznej to 1 218 tys. zł/rok. Zestawienie przewidywanych kosztów operacyjnych instalacji w Policach, 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 termalne do celów rekreacyjnych przedstawiono w tabeli 4.7.

#### 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.

##### NAKLĄDY INWESTYCYJNE

Prognozowane nakłady inwestycyjne na wytworzenie źródła energii cieplej 93 992 tys. zł. Zestawienie prognozowanych nakładów inwestycyjnych na instalację geotermalną w Policach, uwzględniającą wykorzystanie wód termalnych w systemie kaskadowym, przedstawiono w tabeli 4.8.

#### 4.4.2.

##### KOSZTY OPERACYJNE

Koszty całkowite eksploatacji rocznej to 19 149 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/ROK]
<b>Koszty całkowite eksploatacji rocznej</b>	<b>1 218</b>
- Koszty stałe, w tym:	798
- amortyzacja środków trwałych	663
- koszty remontów, konserwacji i napraw bieżących	135
- Koszty zmienne (w tym głównie koszty zakupu konwencjonalnych nośników energii)	420

Tabela 4.6.

Zestawienie kosztów operacyjnych instalacji w Policach – baseny geotermalne

KRYTERIUM	WARTOŚĆ
<b>SPOSÓB FINANSOWANIA INWESTYCJI</b>	<b>1. OTWÓR DOTOWANY</b>
Cena wytworzenia ciepła	20 zł/GJ
Wartość zaktualizowana netto (NPV)	8 909 229,88 zł
Wewnętrzna stopa zwrotu (IRR)	21,93%
Oczekiwany efekt finansowy (EMV)	7 867 218,39 zł
Okres zwrotu nakładów inwestycyjnych	8 lat

Tabela 4.7.

Wskaźniki finansowej efektywności geotermalnego systemu ciepłowniczego w Policach – baseny geotermalne

POZYCJA BILANSU	WARTOŚĆ [TYS. ZŁ]
Otwór produkcyjny	11 931
Otwór chłonny	0 (dotacja)
Wymiennik bezpośredni oraz wymiennik źródła dolnego pomp ciepła	1 140
Pompy ciepła (wraz z kołami napędowymi)	43 793
Kotły szczytowe na gaz ziemny	20 552
Rurociągi połączeniowe i magistrale przesyłowe	700
Budynki	1 378
Koszt montażu, rezerwa na wydatki niespodziewane	14 498
<b>Sumaryczne prognozowane nakłady inwestycyjne na wytworzenie źródła</b>	<b>93 992</b>

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

POZYCJA BILANSU	WARTOŚĆ [TYS. ZŁ/ROK]
<b>Koszty całkowite eksploatacji rocznej</b>	<b>19 149</b>
- Koszty stałe, w tym:	8 153
- amortyzacja środków trwałych	6 376
- koszty remontów, konserwacji i napraw bieżących	1 777
- Koszty zmienne (w tym głównie koszty zakupu konwencjonalnych nośników energii)	10 996

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

KRYTERIUM	WARTOŚĆ
<b>SPOSÓB FINANSOWANIA INWESTYCJI</b>	<b>1. OTWÓR DOTOWANY</b>
Cena wytworzenia ciepła	42 zł/GJ
Wartość zaktualizowana netto (NPV)	12 936 214,76 zł
Wewnętrzna stopa zwrotu (IRR)	14,45%
Oczekiwany efekt finansowy (EMV)	11 692 854,02 zł
Okres zwrotu nakładów inwestycyjnych	13 lat

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

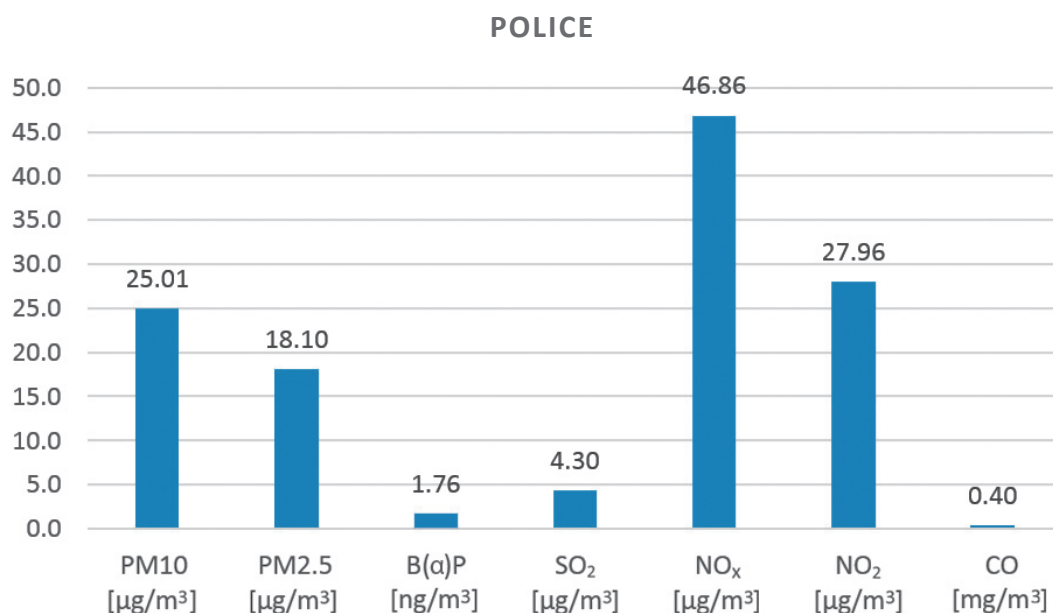
## 5 STAN ŚRODOWISKA

W gminie nie dokonano inwentaryzacji pod względem wyróżnienia źródeł emisji powierzchniowej, punktowej oraz liniowej. Nie dokonano także klasyfikacji stanu jakości powietrza ze względu na poszczególne substancje zanieczyszczające. Wiadomo jedynie, że pył PM10 na terenie gminy Police zakwalifikowano do klasy C zanieczyszczeń. Emisja dwutlenku węgla w gminie Police w 2013 roku wynosiła 174 302,27 Mg. Podział na sektory jest następujący:

- sektor komunalny – 83 980 Mg;
- transport kołowy – pojazdy gminne – 3 158 Mg;

- transport kołowy na terenie gminy – ogółem – 64 283 Mg;
- gospodarka odpadami – brak danych;
- gospodarka wodna – brak danych;
- gospodarka ściekami – brak danych;
- konsumpcja energii elektrycznej – brak danych;
- oświetlenie ulic – brak danych

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



**Rysunek 5.1.**  
Zestawienie wyników analizy danych pomiarowych zanieczyszczeń powietrza dla gminy Police 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 – Instytut Ochrony Środowiska-Państwowy Instytut Badawczy (KOBIZE). W każdym ze scenariuszy ekwiwalent 100% energii dostarczonej 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 przystąpieniem

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 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 zredukowana. W ujęciu globalnym, ze względu na współczynniki emisyjności polskiej energetyki, lokalne zużycie energii elektrycznej napędzającej np. pompę 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 jest związana 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 musiałoby zostać spalane, 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 w tabelach 6.1 i 6.2), o tyle zużywana energia elektryczna (pomijalna w przypadku tradycyjnych paleńskich) 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 (Kaczmarczyk i in., 2015). 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.



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>	295 436	160,6	20 836
NO <sub>x</sub>	40 622	17 439	24 512,8
CO	830 914	3 442	6 986
CO <sub>2</sub>	34 160 000	22 946 000	33 092 000
Pył zawieszony	184 648	5,74	4 167,2
Benzo(α)piren	258,5	0	3,19

Tabela 6.1.

Emisja zanieczyszczeń w Policach 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 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.

ZANIECZYSZCZENIE	LOKALNA EMISJA ZANIECZYSZCZENIA PO URUCHOMIENIU CIEPŁOWNI GEOTERMALNEJ						
	Emisja E <sub>2</sub> lokalnie	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 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>	56,77	295 379	>99,9	103,8	64,6	20 778	99,7
NO <sub>x</sub>	7 096	33 526	82,5	10 342	59,3	17 417	71,1
CO	973,2	829 940	99,9	2 468	71,7	6 013	86,1
CO <sub>2</sub>	8 110 000	26 050 000	76,3	14 836 000	64,7	24 982 000	75,5
Pył całkowity (TSP)	2,028	184 645	>99,9	3,71	64,7	4 165	>99,9
Benzo(α)piren	n/d	258,5	>99,9	n/d	n/d	3,19	>99,9

Tabela 6.2.

Szacowana emisja lokalna związana z funkcjonowaniem ciepłowni geotermalnej (E<sub>2</sub>) w Policach 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 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 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 przeprowadzenia 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	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 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>	5 275	290 162	98,2	-5 115,0	-3 184,5	15 561	74,7
NO <sub>x</sub>	12 400	28 222	69,5	5 038	28,9	12 113	49,4
CO	2 870	828 043	99,7	571	16,6	4 116	58,9
CO <sub>2</sub>	13 679 000	20 481 000	60,0	9 267 000	40,4	19 413 000	58,7
Pył całkowity (TSP)	317,0	184 330,5	99,8	-311,3	-5 423,3	3 850,2	92,4
Benzo(α)piren	n/d	258,5	100,0	n/d	n/d	3,19	100,0

Tabela 6.3.

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

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 Policach zrealizowano na podstawie dostępnych danych hydrogeochemicznych rozpoznanych w niecce szczecińskiej, głównie za sprawą wierceń i eksploatacji wód w Stargardzie i Pyrzycach.

Otwory reperowe dla Polic, Szczecin IG-1 i Szczecin IG-8, nie dostarczyły bowiem danych dotyczących spodziewanej jakości wody. Na podstawie wstępnego rozpoznania prognozuje się, że w Policach możliwe będzie pozyskanie wody termalnej o mineralizacji ok.  $118,5 \text{ g/dm}^3$ , w utworach jury dolnej. Są to wody typu chlorkowo-sodowego. Z doświadczenia związanego z eksploatacją wód w Pyrzycach i Stargardzie 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), gipsu (minerał siarczanowy), krzemionki oraz minerałów ilastych (Kępińska i in., 2011). 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 obu przypadkach procesy wytrącania minerałów wtórnych i korozji były indukowane przedostawaniem się tlenu atmosferycznego do instalacji, zwłaszcza podczas jej przestojów, włączania i wy-

łączania, wskutek nieszczelności, jak również uwalniania gazów zawartych w wodzie (Kępińska i in., 2011). Prognozę stanu termodynamicznego wody termalnej w Policach zrealizowano na bazie dostępnych danych hydrogeochemicznych z otworu Stargard GT-1 (Dane AGH-KSE), na podstawie których stwierdzono wody o mineralizacji ok.  $113,5 \text{ g/dm}^3$  w utworach jury dolnej. W obliczeniach przyjęto:

- odczyn wody lekko kwaśny (pH 6,5);
- środowisko redukcyjne (Eh -120 mV);
- temperatura wody złożowej  $74^\circ\text{C}$  i głowicowej  $73,5^\circ\text{C}$  przy wydobywaniu na poziomie  $300 \text{ m}^3/\text{h}$ . Jest to woda typu chlorkowo-sodowego.

**W obliczeniach przyjęto zakres zmienności temperatury wody od prognozowanej temperatury złożowej, poprzez temperaturę głowicową, do  $20^\circ\text{C}$ , 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  $74^\circ\text{C}$  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 również i gips, wykazują stan nienasycenia. Wyniki prognozy przedstawiono na rysunku 7.1. W odniesieniu do krzemianów, stwierdzono przesylenie wody względem albitu, illittem, K-miką, kaolinitem i kwarcem, czyli minerałami budującymi skały zbiornika geotermalnego.

W kolejnym etapie dokonano analizy stanu termodynamicznego wody w warunkach wydobywczych w rejonie Polic, przy eksploatacji z temperaturą  $73,5^\circ\text{C}$ . Należy zauważyć, że zwykle największe problemy eksploatacyjne są związane z wytrącaniem osadów węglanowych oraz krzemionkowych. Tendencja do wytrącania węglanów maleje wraz ze schładzaniem wody, a dla materiałów krzemionkowych, odwrotnie. Możliwość osadzania w instalacji osadów krzemionkowych

rośnie wraz z obniżaniem temperatury wody. Dla temperatury 73,5°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). Jednak 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.

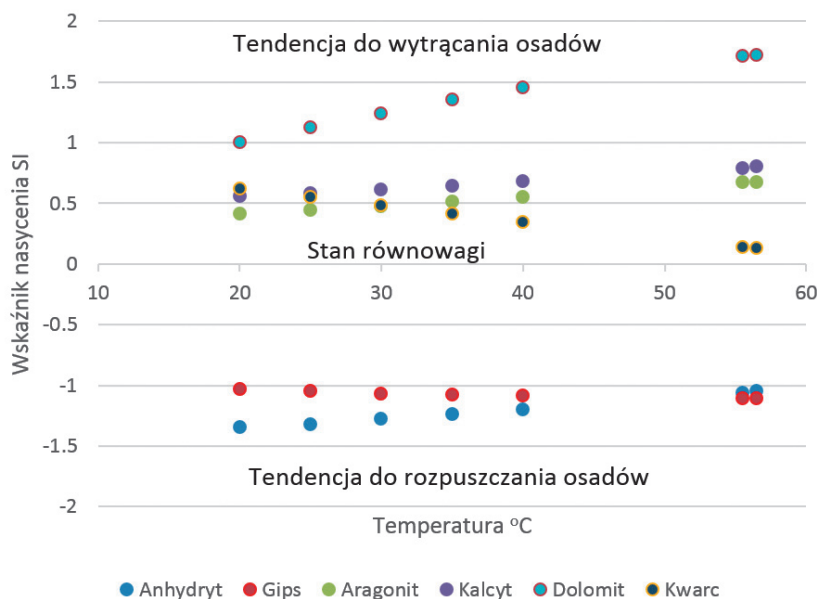
Podstawą obliczeń były równania wynikające z bilansu masy i prawa działania mas dla danej rozpatrywanej analizy chemicznej wody i przyjętych parametrów fizycznych. Wyniki obliczeń równowag termodynamicznych dla wody termalnej opracowano, przyjmując znane i stwierdzone w innych otworach wskaźniki fizyczne. 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. 74°C, będzie nasycona głównymi minerałami budującymi skały zbiornikowe (piaskowce) tj. krzemianami, glinokrzemianami i minerałami ilastymi. Będzie wykazywać również lekkie przesylenie minerałami węglanowymi. Obliczenia wskazują ponadto, że woda termalna będzie niedosycona minerałami siarczano-

wymi (anhydrytem i gipsem), mogą one zatem być rozpuszczane przez wodę.

Zwracając uwagę na doświadczenia wspomnianych zakładów geotermalnych, konieczne będzie bardzo wnikliwe przeanalizowanie właściwości fizycznych, chemicznych i gazowych wody termalnej, po wykonaniu odwiertu w Policach. Dopiero na tej podstawie możliwe będzie 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 węgłbnego i powierzchniowego.

Wody jury dolnej w rejonie Polic to solanki o prognozowanej mineralizacji ok. 118,5 g/dm<sup>3</sup>. Spełniają one kryterium wykorzystania w balneoterapii, jednak pod warunkiem co najmniej 3-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 jako wody chlorkowo-sodowe.



Rysunek 7.1.  
Prognoza stanu termodynamicznego wody termalnej w Policach

Z wód termalnych solankowych, jest możliwy odzysk soli jodowo-bromowych oraz soli wykorzystywanych w kosmologii. Prognozowana mineralizacja wody termalnej w Policach kwalifikuje je do pozyskiwania produktu stałego, soli kąpielowych i leczniczych. W tym celu zwykle stosuje się energochłonne technologie wyparnego zażęzania 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, kosmologii ale również w przemyśle. Sole powstałe na bazie wód termalnych, bogate w mikroelementy, takie jak jodki i krzemionkę, 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.

## 8

# WNIOSKI

W tabeli 8.1 ujęto najważniejsze informacje dotyczące sposobu i rezultatów funkcjonowania zaprojektowanego geotermalnego systemu ciepłowniczego w trzech wariantach. Najtańszą inwestycją, oferującą równocześnie najniższą cenę ciepła i wysoki udział odnawialnych źródeł energii (OZE) w produkcji, jest wariant zaopatrujący obiekty rekreacyjne. Wymagania co do temperatur powodują, że udział OZE w pozostałych wariantach jest

o ok. 30 punktów procentowych niższy, a cena – wyższa ze względu na konieczność spalania gazu ziemnego. Wody termalne w Policach mogą być wykorzystywane w celach balneoterapeutycznych pod warunkiem co najmniej 3-krotnego rozcieńczenia, oraz w rekreacji i kosmologii. 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	263,2	59,2	314,7
- z kotłów szczytowych i napędu pomp ciepła	129,2	0,30	136,1
Roczna produkcja energii [TJ] / moc maksymalna [MW]	392,4 / 73,3	59,5 / 4,5	450,8 / 74,2
Udział OZE w produkcji ciepła [%]	67,1	99,5	69,8
Nakłady inwestycyjne [tys. zł]	81 872	14 383	93 992
Cena wytworzenia energii [zł/GJ]	45	20	42
Wskaźniki emisji jednostkowej	(lokalnie/globalnie)	(lokalnie/globalnie)	(lokalnie/globalnie)
CO <sub>2</sub> [kg/GJ]	21,72/42,56	0,31/16,20	19,66/37,56
SO <sub>2</sub> [kg/GJ]	<0,01/0,13	<0,01/0,10	<0,01/0,11
NO <sub>x</sub> [kg/GJ]	0,01/0,05	<0,01/0,03	0,01/0,05
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 Policach, 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 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

- BALCER M., BANAŚ J., BIELEC B., BUJAKOWSKI W. (red.), HOŁOJUCH G., KĘPIŃSKA B. (red.), MIECZNIK M., MAZURKIEWICZ B., PAJĄK L., PAWLIKOWSKI M., SOLARSKI W., TOMASZEWSKA B., 2011. Wytyczne projektowe poprawy chłonności skał zbiornikowych w związku z zatlaczaniem wód termalnych w polskich zakładach geotermalnych. Wyd. 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. Przegląd Geologiczny, 57 (8) 655-656;
- BANAŚ J., MAZURKIEWICZ B., SOLARSKI W., 2009. Elektrochemiczne badania korozyjne w instalacjach geotermalnych. Technika Poszukiwań Geologicznych. Geotermia. Zrównoważony Rozwój nr 1-2. Wyd. IGSMiE PAN, Kraków;
- KACZMARCZYK M. [red.] i in., 2015: Niska emisja. Od przyczyn występowania do sposobów eliminacji, GEOSYSTEM Burek, Kotyza s.c., Kraków, 2015;
- KONDRACKI J., 2009. Geografia regionalna Polski. Wydanie trzecie uzupełnione. Wydaw. Nauk. PWN, Warszawa.
- Plan Gospodarki Niskoemisyjnej dla Gminy Police, Atmoterm S.A., 2015;
- [www.pecpolice.pl](http://www.pecpolice.pl)



