

Leszek PAJĄK¹, Wiesław BUJAKOWSKI¹, Barbara TOMASZEWSKA¹, Grażyna HOŁOJUCH¹

ANALIZA ENERGETYCZNO-EKONOMICZNA WYKORZYSTANIA WODY I ENERGII GEOTERMALNEJ W ŁĄDKU-ZDROJU

STRESZCZENIE

Łądek-Zdrój to historyczne i uzdrowiskowe miasto. Zanieczyszczenie atmosfery związane z niską emisją pochodzącą z istniejących źródeł energii wymaga działań zapobiegawczych. Jednym ze sposobów poprawy tego stanu jest wykorzystanie istniejących tu zasobów energii odnawialnej skumulowanej w wodach termalnych. W artykule przedstawiono wariantową analizę możliwości wykorzystania tego odnawialnego źródła energii w istniejących instalacjach grzewczych miasta. Analiza umożliwiła ocenę energetyczną, ekonomiczną i ekologiczną poszczególnych rozwiązań.

SŁOWA KLUCZOWE

Energia geotermalna, uzdrowisko, ekonomia

* * *

1. TŁO HISTORYCZNE UZDROWISKA

Źródła wód leczniczych występujących w Łądku-Zdroju mają bardzo bogatą historię i uznawane są za jedne z najstarszych nie tylko na Dolnym Śląsku, ale także w Polsce. Przyjmuje się na podstawie pośrednich dowodów, że leczenie uzdrowiskowe w Łądku-Zdro-

¹ Instytut Gospodarki Surowcami Mineralnymi i Energią Polskiej Akademii Nauk, Pracownia Odnawialnych Źródeł Energii, ul. Wybickiego 7A, 31-261 Kraków.

ju istniało już około 1241 r. (www.ziemia-klodzka.pl). Wiąże się to z wielkim najazdem Mongołów na Europę w XIII wieku, kiedy to wojska Tatarów po zwycięskiej bitwie pod Legnicą 9 kwietnia 1241 r., skierowały się na Węgry i po drodze zniszczyły szereg miejscowości w tym i Łądek. Opisu tych zdarzeń dokonuje anonimowy autor w początku XVII wieku, podając o zniszczeniu w czasie najazdu Mongołów urządzeń kąpielowych w Łądku. Opis ten został wydany w języku niemieckim w 1683 r. O podobnej treści i dacie oraz o podobnej wiarygodności historycznej jest zapis w kronice Śląska z 1625 r. dotyczący zniszczenia urządzeń leczniczych Łądka. W obu wyżej podanych opisach zawarta jest również informacja o zniszczeniach źródła w latach 1428–1431 w okresie wojen husyckich (www.ziemia-klodzka.pl). Od XVII wieku do okresu powojennego uzdrowisko rozwijało się z różnym tempem, a w 1965 r. nastąpiło połączenie uzdrowisk Łądek-Zdrój i Długopole-Zdrój w wyniku czego utworzono Przedsiębiorstwo Państwowe Uzdrowisko Łądek-Długopole z dyrekcją w Łądku-Zdroju. W latach 1970–1978 intensywnie zaczęła wzrastać liczba leczonych, dzięki inwestycjom uzdrowiskowym i komunalnym i powstaniu kilku sanatoriów. W latach 1972–1973 wykonano głęboki odwiert tzw. L-2 Zdzisław (www.ziemia-klodzka.pl). Do końca 1998 r. uzdrowisko funkcjonowało jako państwowe przedsiębiorstwo pod nadzorem Ministra Zdrowia i Opieki Społecznej. Zostało skomercjalizowane aktem z grudnia 1998 r. w wyniku czego powstała jednoosobowa spółka Skarbu Państwa Uzdrowisko Łądek-Długopole SA. Uzdrowisko jest w 100% własnością Województwa Dolnośląskiego (www.uzdrowisko-ladek.pl).

2. ZASOBY ENERGII GEOTERMALNEJ

W Łądku-Zdroju występują wody spełniające wymagania formalne, określone w ustawie Prawo geologiczne i górnicze z 2011 r. (Prawo geologiczne i górnicze Dz.U. 2016, poz. 1131), dla wód leczniczych i wód termalnych. Wody te mają charakter leczniczy ze względu na zawartość składników swoistych, to jest takich, które występują w wodach podziemnych w ilości większej od określonego minimum, stanowiącego uznany przez medycynę dolny próg oddziaływania leczniczego aczkolwiek wykazują bardzo niską mineralizację około 0,2 g/l. Są to wody HCO₃-Na, fluorkowe, siarczkowe, radonowe. Jednocześnie ich temperatura przekracza 20°C, co jest minimalną wartością określoną w Ustawie dla wód termalnych. Zatem występujące tu wody są wodami termalnymi leczniczymi.

Utworami wodonośnymi dla wód termalnych i leczniczych Łądka-Zdroju są różnie ukształtowane gnejsy gieraltowskie. Wody te znajdują się w warunkach artezyjskich i eksploatowane są z pięciu źródeł oraz jednego otworu L-2. Wydajności źródeł wynoszą od ponad 1 do około 17 m³/h wód o temperaturze 16–34°C. Z odwiertu, w którym głębokość ujęcia wód wynosi 700 m, pozyskuje się wody o temperaturze około 45°C i wydajności 30 m³/godz. (Ciężkowski 1980; Ciężkowski i in. 2011, 2016; Liber-Makowska 2011).

W 2016 roku zaprojektowany został otwór geotermalny LZT-1 zlokalizowany w strefie pomiędzy dwoma uskokami. Miejsce robót geologicznych znajduje się na obrzeżu anomalii

geotermicznej w strefie, w której stopień geotermiczny wynosi 20–25 m/°C. Przewiduje się że z głębokości około 2500 m pozyska się następujące parametry wód termalnych: wydajność 50 m³/h oraz temperaturę 70°C. Ze względu na sprzyjające właściwości wód (niska mineralizacja) zakłada się eksploatację jednootworową bez warunku zatłaczania wód do strefy złożowej.

3. ISTNIEJĄCA INFRASTRUKTURA MIASTA

W Łądku-Zdroju nie istnieje obecnie sieć ciepłownicza. Główne obiekty zlokalizowane na terenie uzdrowiska zestawiono w tabeli 1.

Tabela 1

Zestawienie zapotrzebowania na energię, moc i nośniki energii dla głównych (większych) obiektów zlokalizowanych w strefie uzdrowiska Łądek-Zdrój (wg Dokumentacji wynikowej Projektu EOG 2017)

Table 1

Demand of energy, power and energy carriers for major objects located in the SPA area Łądek Zdrój (after Project result documentation EOG 2017)

Lp.	Nazwa	Taryfa	Moc zamówiona (dot.gazu)		Zużycie gazu w 2016 r. [m ³ /rok]	Zużycie gazu [kWh]	Przybliżona powierzchnia ogrzewana [m ²]	Produkcja ciepła na cele co i cwu [GJ/rok]
			m ³ /h	kWh/h				
1.	Kotłownia JUBILAT	W5	59	647	149 732	1 658 192	6 381	5 290
2.	Kotłownia JAN	W5	20	219	45 346	502 939	1 750,8	1 669
3.	Kotłownia JERZY	W5	48	527	125 798	1 392 999	2 924	4 523
4.	Kotłownia URSZULA	W4	brak danych	brak danych	20 206	224 340	766,06	736
5.	Kotłownia DYREKCJA	W4	brak danych	brak danych	23 451	260 191	1275	853
6.	Kotłownia WOJCIECH	W5	56	614	156 709	1 736 975	4 289,8	5 638
7.	Kotłownia ADAM	W5	60	658	149 251	1 653 905	4 619,1	5 214
8.	Razem			2 665	670 493	7 429 541	21 906,36	23 923

Zapotrzebowanie na moc grzewczą miasta Łądek-Zdrój szacowane jest na 10,68 MW i 23 501 MWh/rok (co oznacza, że zapotrzebowanie na ciepło wynosi około 84 604 GJ/rok). Około 30% energii wytwarzane jest z węgla, 40% z gazu ziemnego, 5% to energia z sieci ciepłowniczych i 25% pochodzi z energii elektrycznej.

4. SPOSÓB WYKORZYSTANIA

Dostępne, ujęte otworem LZT-1, wody geotermalne planuje się wykorzystać do celów centralnego ogrzewania i przygotowania ciepłej wody użytkowej. Dodatkowo wodę, od której odebrano już energię cieplną – o temperaturze rzędu 30°C i nieco wyższej planuje się wykorzystać do zimowego utrzymania ciągów komunikacyjnych (chodniki, jezdnie). Na rys. 1 przedstawiono, zdefiniowaną na potrzeby niniejszych rozważań, strefę MIASTO i strefę UZDROWISKO. Na rysunku zaproponowano również przebieg rurociągów łączących wyodrębnione strefy z planowanym do wykonania otworem geotermalnym LZT-1. Długość tych rurociągów oszacowano, mając na uwadze problemy w ich prostoliniowym prowadzeniu, na ok. 1,5 km w przypadku rurociągu LZT-1 – MIASTO i ok. 2 km w przypadku rurociągu LZT-1 – UZDROWISKO. Bazując na głównych parametrach energetycznych cechujących odbiorców, przy wykorzystaniu danych meteorologicznych z typowych lat meteorologicznych i statystycznych danych klimatycznych do obliczeń energetycznych budynków, sporządzono charakterystyki zastępczych odbiorców – reprezentujących strefę MIASTO i UZDROWISKO. Wykorzystano dane z najbliższej stacji meteorologicznej oddalonej o 20 km na północny zachód od Łądka, stacja Kłodzko (rys. 2). Charakterystyki odbiorców w zakresie zapotrzebowania na moc, temperatury czynnika roboczego i jego strumień zaprezentowano na rysunkach od 3 do 6.

Mając na uwadze dostępne zasoby energii geotermalnej i sposób ich ujęcia oraz odbiorców energii cieplnej analizowano następujące warianty:

ngC – (**n**-atural **g**-as, **C**-ity) wariant odniesienia, zakładający budowę ciepłowni gazowej zaspakajającej potrzeby odbiorców zlokalizowanych w strefie MIASTO,

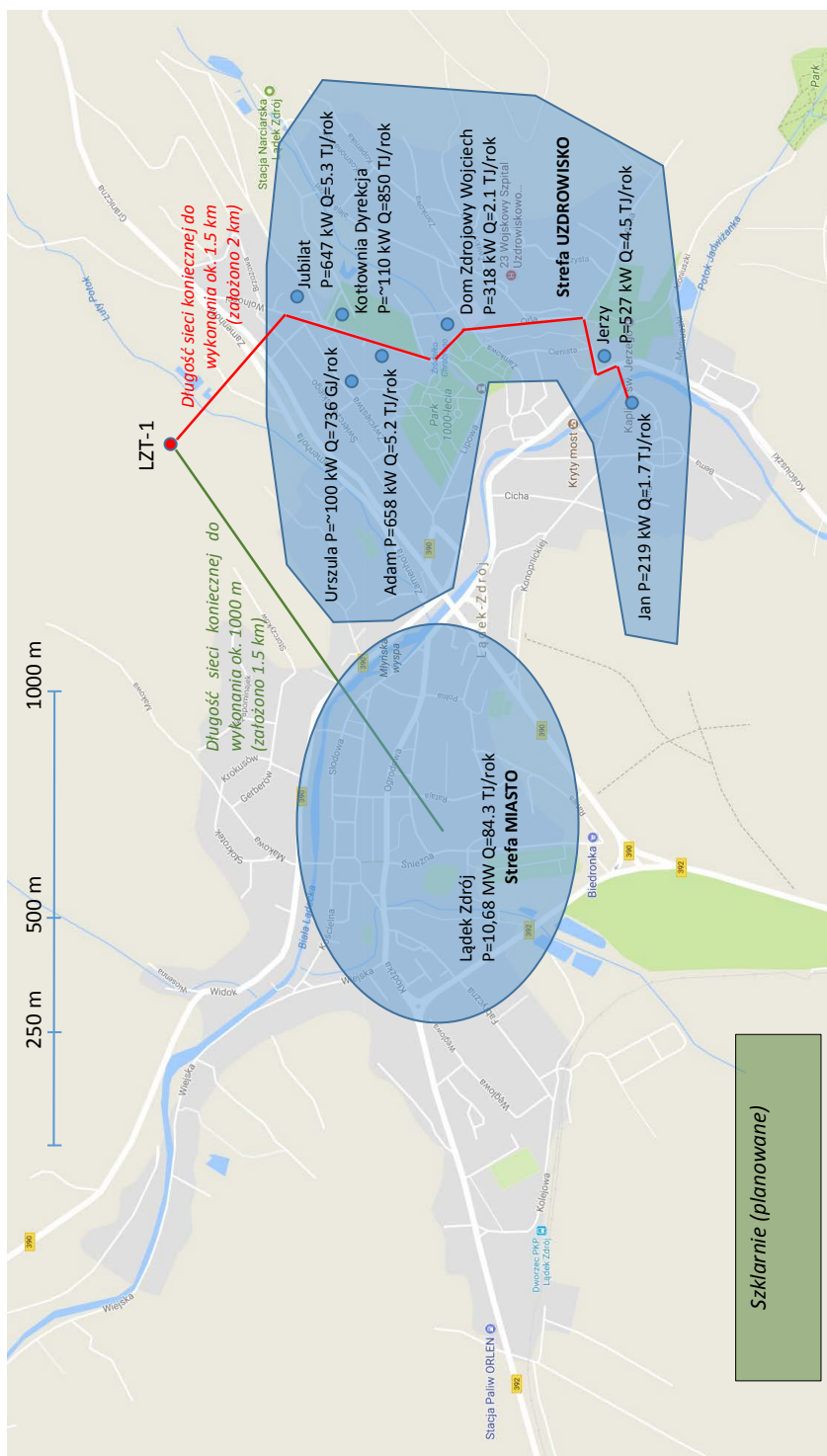
ahpC – (**a**-bsorption **h**-eat **p**-ump, **C**-ity) wariant zakładający pozyskanie energii geotermalnej przy wykorzystaniu absorpcyjnych pomp ciepła w strefie MIASTO,

chpC – (**c**-ompressor **h**-eat **p**-ump, **C**-ity) wariant zakładający wykorzystanie energii geotermalnej przy pomocy sprężarkowych pomp ciepła dla strefy MIASTO,

ngS – (**n**-atural **g**-as, **S**-PA) wariant odniesienia, zakładający budowę ciepłowni gazowej zaspakajającej potrzeby odbiorców zlokalizowanych w strefie UZDROWISKO,

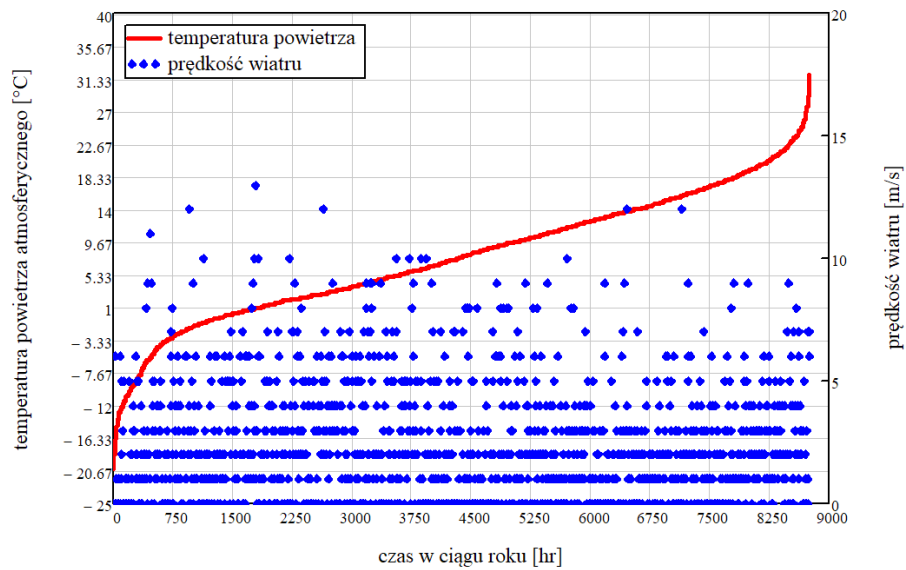
ahpS – (**a**-bsorption **h**-eat **p**-ump, **S**-PA) wariant zakładający pozyskanie energii geotermalnej przy wykorzystaniu absorpcyjnych pomp ciepła w strefie UZDROWISKO,

chpS – (**c**-ompressor **h**-eat **p**-ump, **S**-PA) wariant zakładający wykorzystanie energii geotermalnej przy pomocy sprężarkowych pomp ciepła dla strefy UZDROWISKO.



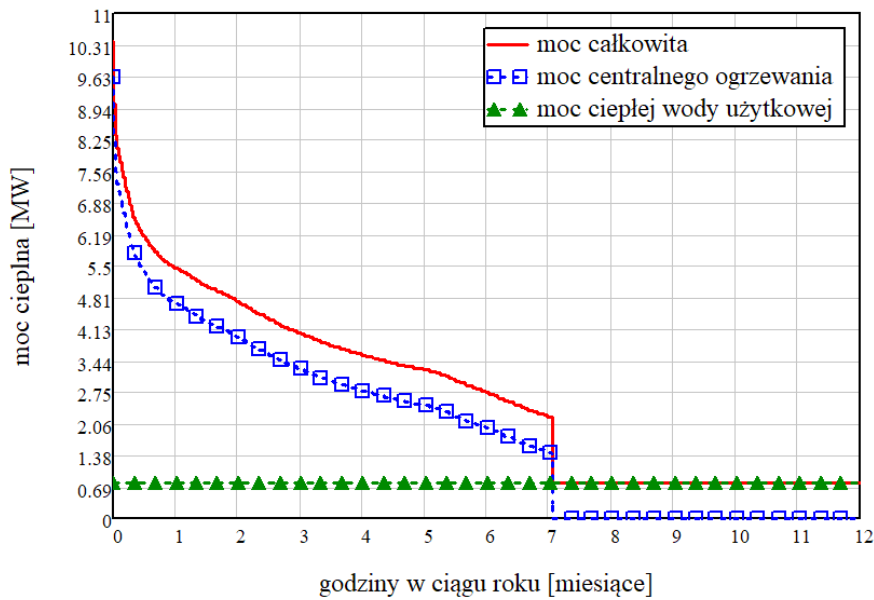
Rys. 1. Lokalizacja obiektów objętych analizą efektów wykorzystania energii geotermalnej na terenie Lądka-Zdroju

Rys. 1. Location of the objects considered by the analysis of geothermal energy use in Lądek-Zdrój



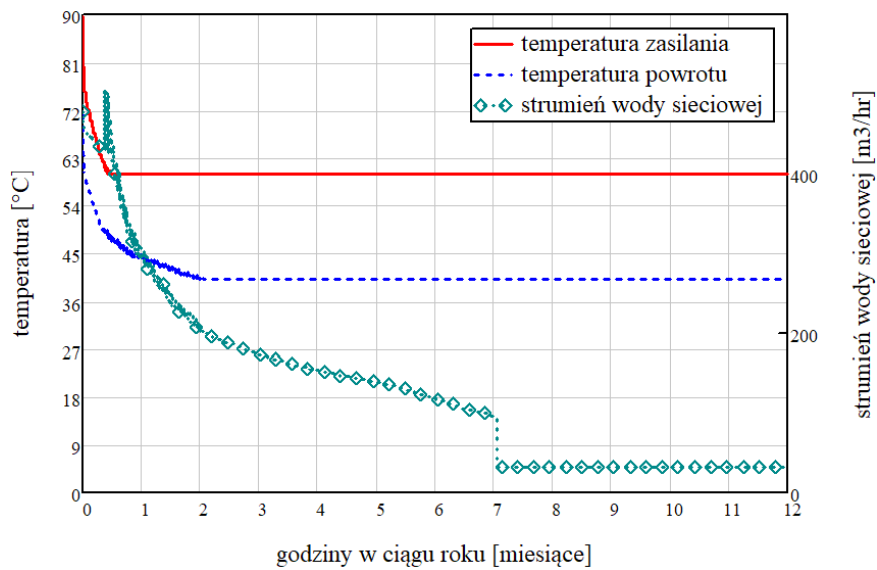
Rys. 2. Rozkład temperatury powietrza i prędkości wiatru dla lokalizacji najbliższej stacji meteorologicznej dla Łądka-Zdroju, stacji Kłodzko oddalonej ok. 20 km na północny zachód – wykres

Fig. 2. Distribution of air temperature and wind speed for the nearest meteorological station for Łądek-Zdrój, Kłodzko station located about 20 km northwest



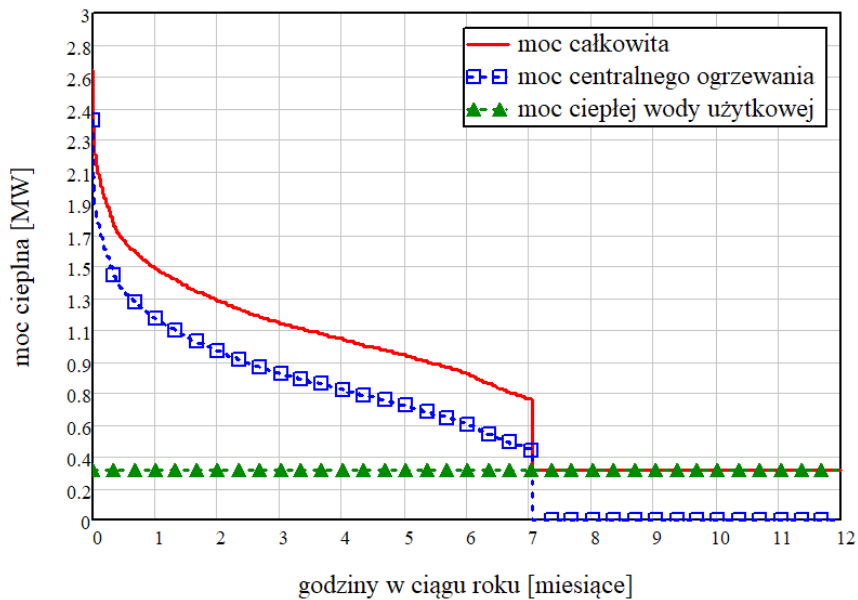
Rys. 3. Rozkład zapotrzebowania na moc grzewczą dla strefy MIASTO w ciągu roku

Fig. 3. Distribution of heat demand in the area CITY vs time



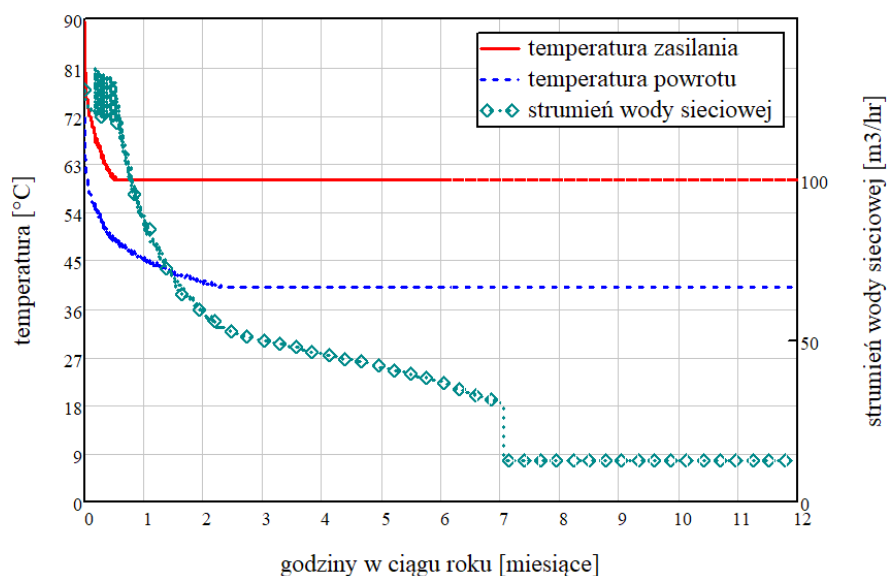
Rys. 4. Charakterystyka strefy MIASTO pod względem zapotrzebowania na temperaturę i strumień czynnika roboczego w roku

Fig. 4. Characteristics of the area CITY in terms of required temperature and flow of water vs time



Rys. 5. Rozkład zapotrzebowania na moc grzewczą dla strefy UZDROWISKO w roku

Fig. 5. Distribution of heat demand in the area SPA vs time



Rys. 6. Charakterystyka strefy UZDROWISKO pod względem zapotrzebowania na temperaturę i strumień czynnika roboczego w roku

Fig. 6. Characteristics of the area SPA in terms of required temperature and flow of water vs time

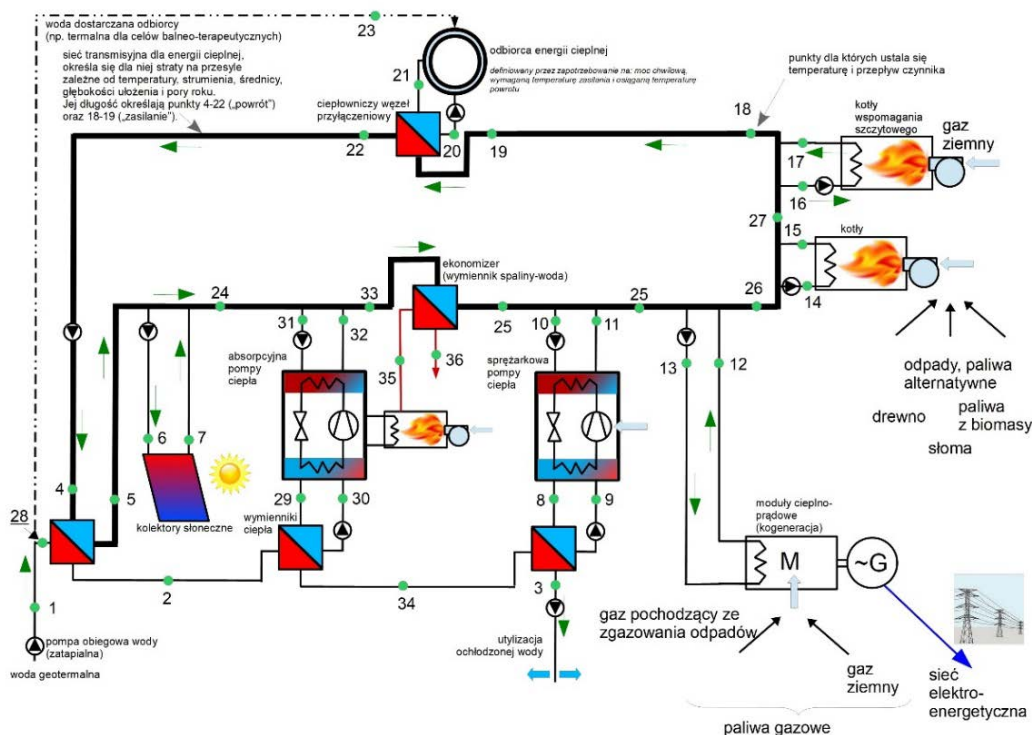
5. MODEL ŹRÓDŁA ENERGII

Obliczenia energetyczne, ekonomiczne oraz szacunki związane z określeniem efektu ekologicznego wykonano przy wykorzystaniu modelu matematycznego źródła energii współpracującego ze zdefiniowanym wcześniej odbiorcą. Źródło energii dawało możliwość analizowania efektów pracy wielu źródeł współpracujących razem w systemie hybrydowym. Schemat ogólny źródła przedstawiono na rysunku 7. Ulegał on adaptacji, stosowanie do analizowanych wymagań. Model zawierał następujące elementy: bezpośredni wymiennik ciepła geotermalnego, pompy ciepła absorpcyjne albo sprężarkowe (alternatywnie – zależnie od przyjętego wariantu obliczeń), oraz kotły wspomaganie szczytowego (na wysokometanowy sieciowy gaz ziemny). Z analiz wykluczono: kolektory słoneczne, moduły ciepłno-prądowe i kotły na paliwo alternatywne. W przypadku sprężarkowych pomp ciepła założono zastosowanie pomp, które pozwalają osiągnąć temperatury na wyjściu ze skraplacza wyższe od rozwiązań standardowych (małej mocy). Wymaga to stosowania wysokich ciśnień skraplania czynnika roboczego i specjalnych, ale dostępnych na rynku rozwiązań.

Ceny konwencjonalnych nośników energii przyjęto mając na uwadze ceny rynkowe. Założono cenę netto zakupu sieciowego gazu ziemnego 1463 zł/m³. Cenę netto zakupu sieciowej energii elektrycznej założono na poziomie 350 PLN/MWh.

Kwestią dyskusyjną i trudną do jednoznacznego rozstrzygnięcia jest poziom wymaganych nakładów inwestycyjnych. Proponowane do zastosowania urządzenia, chodzi tu głów-

nie o pompy ciepła, nie są urządzeniami seryjnie produkowanymi i sprzedawanymi. Cena ich zakupu uzależniona jest od przebiegu procesu negocjacyjnego. Zaproponowane ceny, zgodnie z doświadczeniem wykonawców niniejszego opracowania, można uznać za realne. Jeżeli chodzi o absorpcyjne pompy ciepła, to ujmują one również nakłady ponoszone na zakup wysokotemperaturowego kotła napędzającego i ekonomizera.



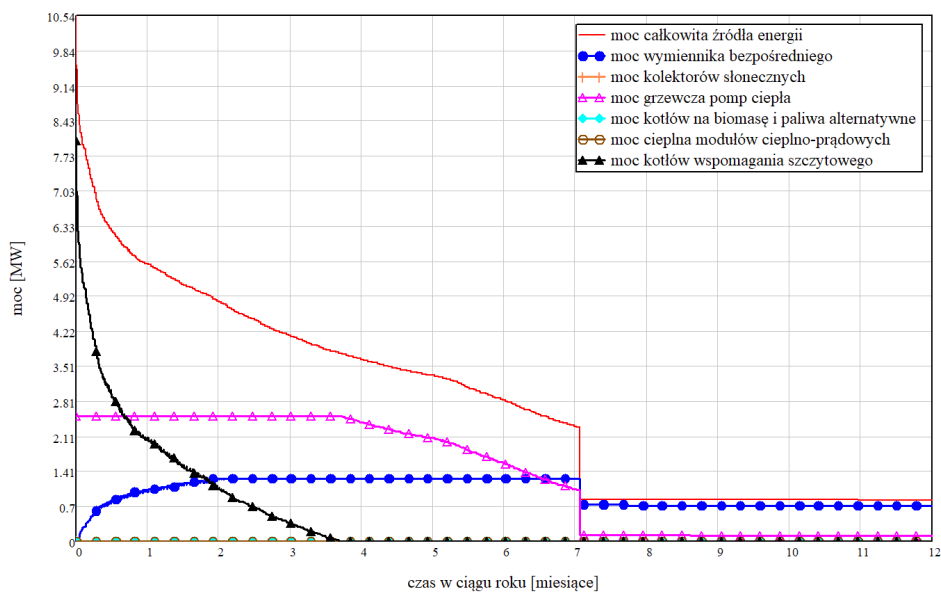
Rys. 7. Schemat uogólniony źródła energii wykorzystującego energię odnawialną – w tym geotermalną

Fig. 7. The scheme of the energy source which utilise renewable energy sources – including geothermal energy

6. EFEKTY WYKORZYSTANIA ENERGII GEOTERMALNEJ

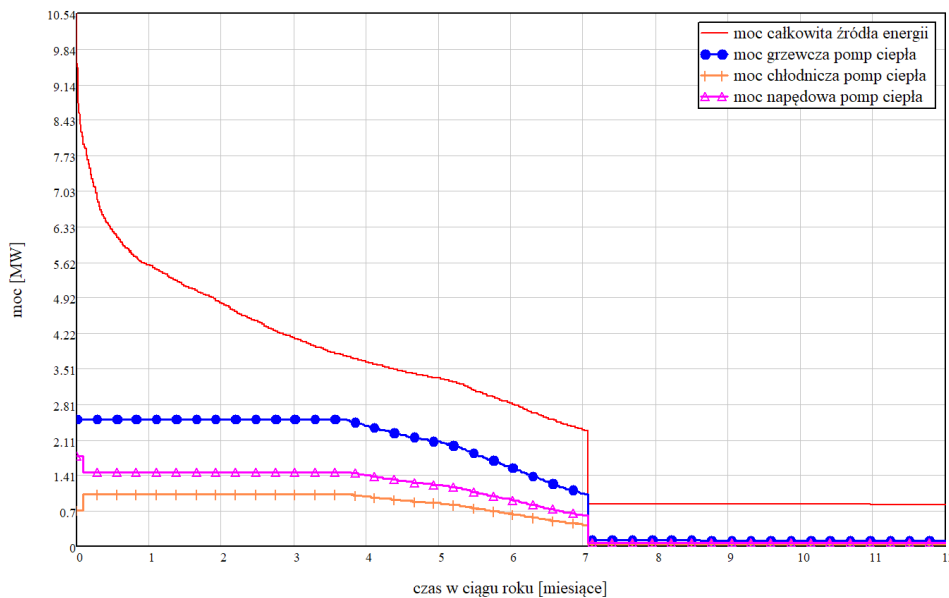
Efekty wykorzystania energii geotermalnej na terenie Łądko-Zdroju, zgodnie z przyjętymi wariantami zostały zaprezentowane graficznie na rysunkach od 8 do 13. Z wykresów wynika, że przy obecnej charakterystyce odbiorców energii konieczne będzie zastosowanie pomp ciepła oraz innych urządzeń wspomagania szczytowego (tu analizowano kotły na gaz ziemny).

W tabeli 2 zestawiono główne, wybrane parametry techniczne, ekonomiczne i ekologiczne cechujące analizowane warianty.



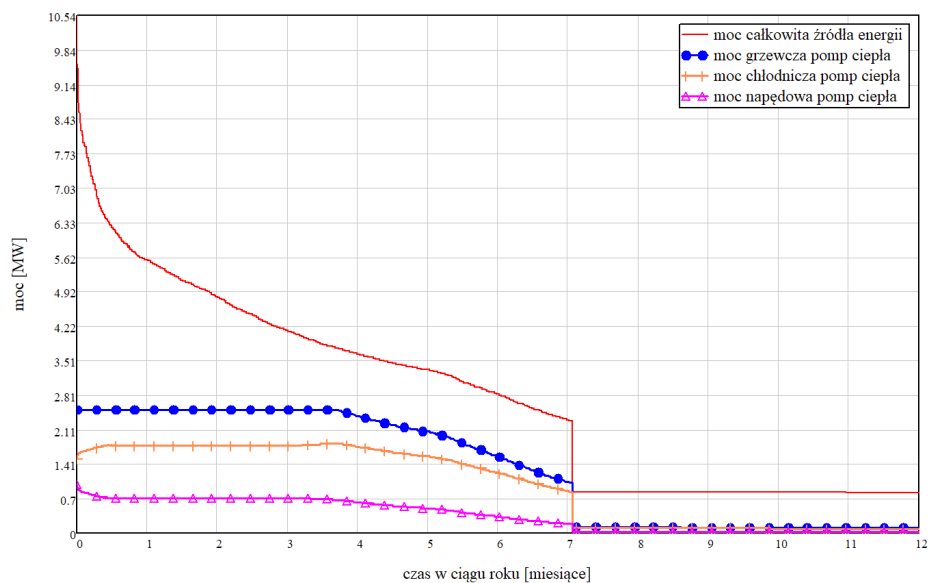
Rys. 8. Schemat pracy źródeł energii zaspakajających potrzeby odbiorcy w strefie MIASTO przy wykorzystaniu pomp ciepła sprężarkowych (chpC) i absorpcyjnych (ahpC)

Fig. 8. The scheme of energy demands covering based on heat pumps, compression (chpC) and absorption (ahpC) in the area of CITY

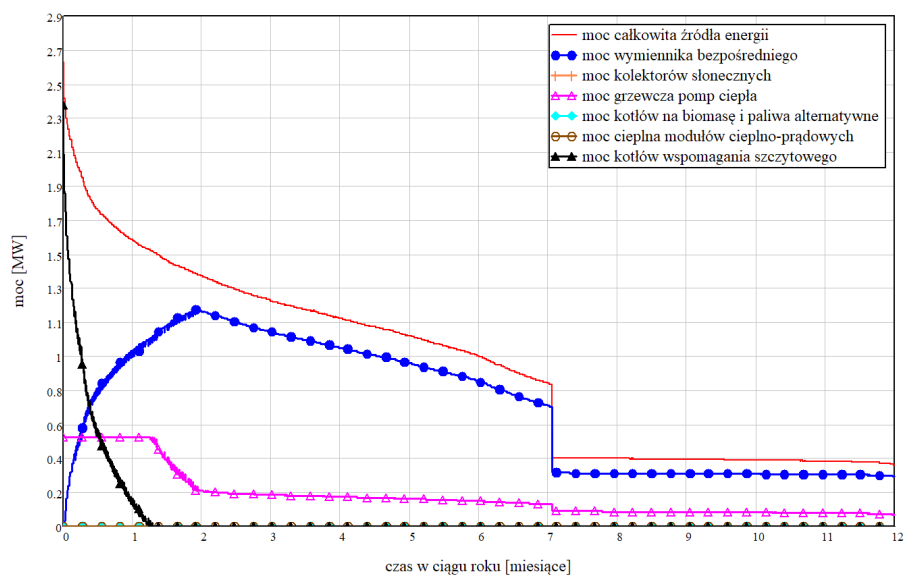


Rys. 9. Udział mocy napędowej i chłodniczej w mocy grzewczej absorpcyjnych pomp ciepła w wariantcie ahpC

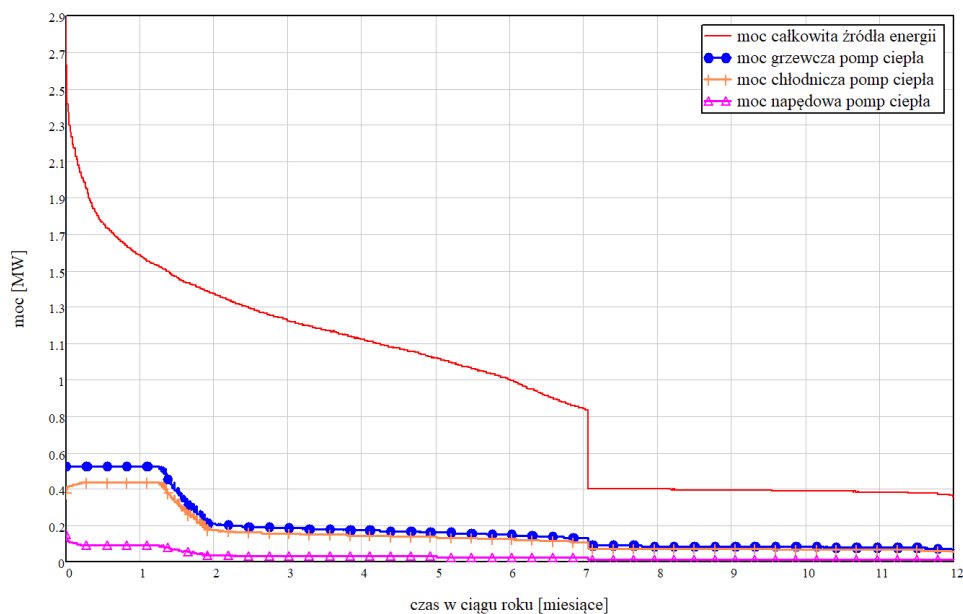
Fig. 9. Share of driving and cooling power in the heating power of absorption heat pumps in the option of ahpC



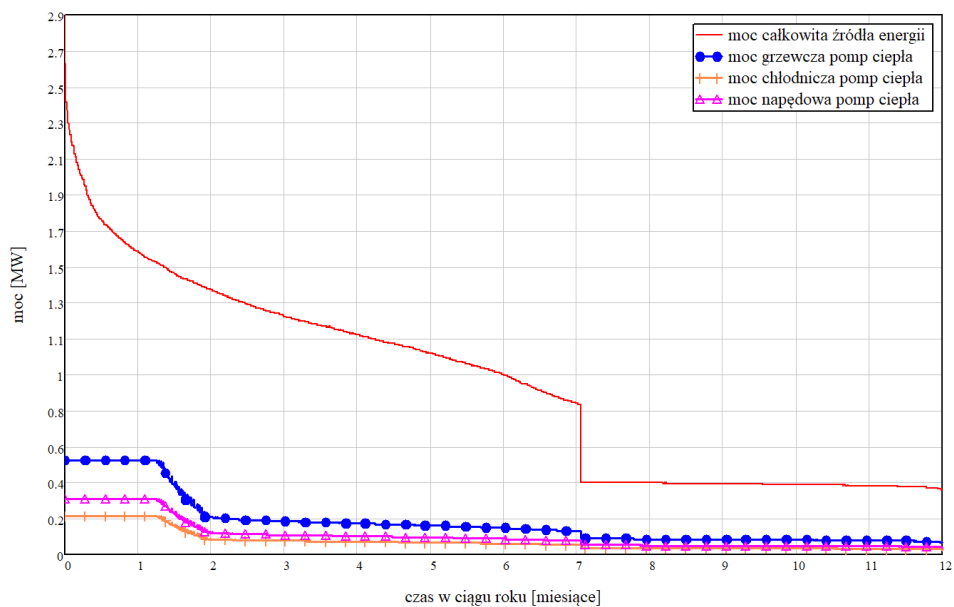
Rys. 10. Udział mocy napędowej i chłodniczej w mocy grzewczej sprężarkowych pomp ciepła w wariantcie chpC
 Fig. 10. Share of driving and cooling power in the heating power of compressor heat pumps in the option of chpC



Rys. 11. Schemat pracy źródeł energii zaspakajających potrzeby odbiorcy w strefie UZDROWISKO przy wykorzystaniu pomp ciepła sprężarkowych (chpS) i absorpcyjnych (ahpS)
 Fig. 11. The scheme of energy demands covering based on heat pumps, compression (chpS) and absorption (ahpS) in the area of SPA



Rys. 12. Udział mocy napędowej i chłodniczej w mocy grzewczej sprężarkowych pomp ciepła w wariantcie chpS
 Fig. 12. Share of driving and cooling power in the heating power of compressor heat pumps in the option of chpS



Rys. 13. Udział mocy napędowej i chłodniczej w mocy grzewczej sprężarkowych pomp ciepła w wariantcie ahpS
 Fig. 13. Share of driving and cooling power in the heating power of absorption heat pumps in the option of ahpS

Tabela 2

Zestawienie głównych parametrów technicznych, ekonomicznych i ekologicznych cechujących analizowane warianty dla miasta Łądek-Zdrój

Table 2

Summary of the main technical and economic parameters characterizing the analysed variants for the town of Łądek-Zdrój

Parametr	Wartość	Wartość	Wartość	Wartość	Wartość	Wartość
Nazwa wariantu	ngC	ahpC	chpC	ngS	ahpS	chpS
1	2	3	4	5	6	7
Moc maksymalna odbiorcy energii [kW]	10 388	10 388	10 388	2 664	2 664	2 664
Konsumpcja energii przez odbiorcę [GJ/rok]	85 474	85 474	85 474	25 513	25 513	25 513
Cena netto zakupu sieciowego gazu ziemnego [zł/m ³]	1,463	1,463	1,463	1,463	1,463	1,463
Cena netto zakupu sieciowej energii elektrycznej [zł/MWh]	350	350	350	350	350	350
Cena sprzedaży energii elektrycznej wytworzonej w modułach ciepłoprądowych [zł/MWh]	250	250	250	250	250	250
Głębokość zalegania horyzontu geotermalnego [m ppt]	0	2 500	2 500	0	2 500	2 500
Wykorzystywany strumień wody [m ³ /h]	0	50	50	0	50	50
Stan otworu produkcyjnego („nowy”, „istniejący”, „rekonstrukcja”, „brak”)	brak	nowy	nowy	nowy	nowy	nowy
Moc maksymalna uzyskiwana na wymienniku bezpośrednim [kW]	0	1 263	1 263	0	1 216	1 216
Ilość energii uzyskanej z wymiennika bezpośredniego [GJ/rok]	0	30 972	30 972	0	21 113	21 113
Prognozowane nakłady inwestycyjne na wytworzenie źródła energii cieplnej [tys. zł]	8 407	34 999	35 649	2 156	27 542	27 672
Koszty całkowite eksploatacji rocznej [tys. zł/rok]	4 517	4 179	4 130	1 325	2 092	2 036
– koszty stałe [tys. zł/rok]	546	2 275	2 317	140	1 790	1 799
– koszty zmienne [tys. zł/rok]	3 971	1 904	1 813	1 185	302	237
Cena sprzedaży energii cieplnej odbiorcy finalnemu (wliczając straty na przesyle) [zł/GJ]	53	49	48	52	82	80
Emisja zanieczyszczeń odniesiona do jednostki wytworzonej energii cieplnej [kg/GJ]						
– benzo(a)piren lokalnie	0	0	0	0	0	0
– sadza lokalnie	0	0	0	0	0	0
– pył całkowity lokalnie	0	0	0	0	0	0
– CO ₂ (dیتlenek węgla) lokalnie	60,48	27,933	10,473	60,48	11,806	4,289

Tab. 2 cd.

Tab. 2 cont.

1	2	3	4	5	6	7
– CO (tlenek węgla) lokalnie	0,011	0,005	0,002	0,011	0,002	0,001
– NO _x przeliczone na ditlenek azotu (NO ₂) lokalnie	0,039	0,018	0,007	0,039	0,008	0,003
– SO ₂ (ditlenek siarki) lokalnie	0	0	0	0	0	0
– węglowodory alifatyczne lokalnie	0,033	0,015	0,006	0,033	0,006	0,002
– węglowodory aromatyczne lokalnie	0,001	0	0	0,001	0	0
– benzo(a)piren globalnie	0	0	0	0	0	0
– sadza globalnie	0	0	0,001	0	0	0
– pył całkowity globalnie	0	0,001	0,014	0	0,003	0,007
– CO ₂ (ditlenek węgla) globalnie	60,48	30,399	49,864	60,48	20,068	22,234
– CO (tlenek węgla) globalnie	0,011	0,011	0,091	0,011	0,021	0,042
– NO _x przeliczone na ditlenek azotu (NO ₂) globalnie	0,039	0,022	0,078	0,039	0,023	0,035
– SO ₂ (ditlenek siarki) globalnie	0	0,015	0,244	0	0,051	0,111
– węglowodory alifatyczne globalnie	0,033	0,015	0,006	0,033	0,006	0,002
– węglowodory aromatyczne globalnie	0,001	0,001	0,005	0,001	0,001	0,002

PODSUMOWANIE I WNIOSKI

Ze względu na brak koherencji temperaturowej pomiędzy obecnie stosowanymi instalacjami grzewczymi a planowaną dostępną temperaturą geotermalnego źródła energii na terenie Łądku Zdroju, konieczne będzie stosowanie pomp ciepła. Wykorzystanie szczytowego źródła energii, w postaci kotłów na wysokometanowy sieciowy gaz ziemny, wydaje się rozwiązaniem uzasadnionym ekonomicznie. Czas pracy pomp ciepła i kotłów wspomagania szczytowego zależy od wybranego odbiorcy, a dokładniej od wymaganej mocy cieplnej. Wraz ze wzrostem mocy wzrośnie czas pracy urządzeń wspomagających bezpośrednio wykorzystanie energii cieplnej. W przypadku zaspokojenia potrzeb komunalnych w części miejskiej (strefa MIASTO – rys. 1) czas pracy kotłów szczytowych może zostać oszacowany na około 3–4 miesiące w roku. W przypadku strefy uzdrowiska (strefa UZDROWISKO – rys. 1) wynosi on ok. 1,5 miesiąca w ciągu roku. W przypadku uzdrowiska, ze względu na straty mocy cieplnej na przesyle, którym towarzyszy spadek temperatury, konieczne może się okazać eksploatacja pomp ciepła przez cały rok. Na etapie realizacji można ograniczyć ten efekt przez wykorzystanie ciepłociągu letniego o mniejszej średnicy (system ciepłowniczy trzururowy) lub dopuszczenie niższej temperatury zasilania instalacji grzewczej. Wymagać to będzie zwiększenia powierzchni wymienników ciepła w instalacjach przygotowania c.w.u.

Przyjmując za kryterium opłacalności ekonomicznej realizacji inwestycji wykorzystującej energię geotermalną w celach grzewczych, osiągnąć poziom ceny końcowej za energię jaką płaci odbiorca, stwierdzić można, że opłacalne może być wykorzystanie energii geotermalnej w strefie miasta (strefa MIASTO – rys. 1). Końcowa cena energii ciepłej, mimo znaczących nakładów inwestycyjnych (ok. 35 mln zł – tab. 2), może być niższa niż cena energii pochodzącej z lokalnych ciepłowni gazowych. W obliczeniach nie wzięto pod uwagę nakładów na wykonanie sieci dystrybucyjnej. W analizowanym przypadku mogą to być środki znaczące. Jednak mając na uwadze bezpieczeństwo użytkownika źródła energii i stan środowiska na terenie szczególnym, bo uzdrowiskowym, ich poniesienie może być w pełni uzasadnione. Niestety, biorąc pod uwagę jedynie kryterium ekonomiczne, wykorzystanie energii geotermalnej w strefie samego Uzdrowiska (Uzdrowisko – rys. 1) nie jest opłacalne. Znowu pojawia się jednak dygresja dotycząca szczególnego znaczenia analizowanej strefy i jakości środowiska. Wykorzystanie energii geotermalnej wiąże się, w każdym analizowanym przypadku, z redukcją lokalnej emisji zanieczyszczeń (tab. 2). Redukcji emisji zanieczyszczeń można się spodziewać również w skali globalnej.



Artykuł opracowano i opublikowano w ramach Projektu EOG „Energia geotermalna – podstawa niskoemisyjnego ciepłownictwa, poprawy warunków życia i zrównoważonego rozwoju – wstępne studia dla wybranych obszarów w Polsce” dofinansowanego ze środków Mechanizmu Finansowego EOG 2009–2014 w ramach Funduszu Współpracy Dwustronnej na poziomie Programu PL04 „Oszczędzanie energii i promowanie odnawialnych źródeł energii” (Umowa nr 173/2017/Wn50/OA-XN-05/D). Realizatorzy Projektu: Konsorcjum Instytutu Gospodarki Surowcami Mineralnymi i Energią PAN (beneficjent), AGH Akademii Górniczo-Hutniczej im. S. Staszica w Krakowie i Politechniki Wrocławskiej we współpracy z partnerami z krajów Darczyńców: National Energy Authority (Islandia) oraz Christian Michelsen Research AS (Norwegia), a także z zespołem Europejskiej Rady Energii Geotermalnej, ekspertami i przedstawicielami wybranych miast: Konstantynowa Łódzkiego, Poddębic, Sochaczewa, Łądko-Zdroju.

LITERATURA

- Ciezkowski i in. 2011 – Ciezkowski, W., Liber-Makowska, E., Ciekot, B. i Ogórek, A. 2011. Charakterystyka warunków występowania i eksploatacji wód termalnych Łądko-Zdroju. *Technika Poszukiwań Geologicznych, Geotermia, Zrównoważony Rozwój* R. 50, z. 1–2, s. 61–70.
- Ciezkowski i in. 2016 – Ciezkowski, W., Liber-Makowska, E., Ciekot, B. i Ogórek, A. 2016. Charakterystyka złoża wód leczniczych Łądko-Zdroju. *Raporty Inst. Gór. Ser. PRE* nr 5, Wrocław: Politechnika Wroclawska.

Ciężkowski, W. 1980. Hydrogeologia i hydrochemia wód termalnych Łądko-Zdroju. *Probl. Uzdrow.* z. 4 (150).

Dokumentacja wynikowa Projektu EOG, 2017 – Arch. IGSMiE PAN.

Liber-Makowska, E. 2011. Dynamiczne oddziaływanie pomiędzy ujęciami wód termalnych Łądko-Zdroju. *Technika Poszukiwań Geologicznych, Geotermia, Zrównoważony Rozwój* R. 50, z. 1–2, s. 71–80.

Prawo geologiczne i górnicze Dz.U. 2016, poz. 1131.

[Online] Dostępne w: www.uzdrowisko-ladek.pl [Dostęp: 10.11.2017].

[Online] Dostępne w: www.ziemia-klodzka.pl [Dostęp: 10.11.2017].

ENERGY AND ECONOMIC ANALYSIS OF GEOTHERMAL WATER AND ENERGY USES IN ŁĄDEK-ZDRÓJ

ABSTRACT

Łądek-Zdrój is a historic and spa town. Atmospheric pollution associated with low emissions from the existing energy sources requires preventive action. One way to improve this is to use renewable energy resources accumulated in thermal waters. The paper presents a variant analysis of the potential use of this renewable energy source in existing urban heating systems. The analysis allowed for energy, economic and ecological assessments of the individual solutions.

KEYWORDS

Geothermal energy, spa, economy


Iceland
Liechtenstein
Norway grants

The paper was prepared and published as part of the EEA Project on “Geothermal energy – a basis for low-emission heating, improving living conditions and sustainable development – preliminary studies for selected areas in Poland”, co-funded by the Financial Mechanism of the European Economic Area (EEA) 2009–2014, as part of the Bilateral Co-operation Fund, at the Level of PL04 Programme “Energy Saving and the Promotion of Renewable Energy Sources” (Agreement No. 173/2017/Wn50/OA-XN-05/D). Project performers: The Consortium of The Mineral and Energy Economy Research Institute of the Polish Academy of Sciences (Beneficiary), The AGH University of Science and Technology in Kraków, and The Wrocław University of Science and Technology, in co-operation with the Partners from the Donor countries: The National Energy Authority (Iceland) and the Christian Michelsen Research AS (Norway). The Project performers were also European Geothermal Energy Council, experts and representatives of selected towns: Konstantynów Łódzki, Poddębice, Sochaczew, Łądek-Zdrój.