

WYKORZYSTANIE ENERGII GEOTERMALNEJ W POLSCE

Wojciech Jarczewski, Maciej Huculak, Magdalena Dej

The use of geothermal energy in Poland

Abstract: Geothermal energy is one of the renewable sources of energy, which is extremely important from the point of view of the idea of sustainable development. In modern Poland, the use of geothermal energy is so far limited. There are several plants that use geothermal energy for heating purposes, but the cost-effectiveness of this type of investment is low. For several years, a rapid development of so-called thermal parks has been observed, which is related with a newfound fashionability of the healthy lifestyle. Particularly advantageous geological conditions in the region of Podhale, as well as the significant tourist popularity of this area in general all year round, make this type of investment substantially profitable. In other parts of the country, only a few relatively small thermal parks are operational and development is not easy because of the high start-up cost and difficulty of providing adequate financial resources.

Keywords: geothermal energy, thermal basins, geological risk, thermal energy prices, sustainable development

Zarys treści: Energia geotermalna jest jednym z odnawialnych źródeł energii (OZE), ważnych z punktu widzenia idei rozwoju zrównoważonego oraz realizacji przyjętych przez Polskę zobowiązań międzynarodowych w tym zakresie. W Polsce wykorzystanie energii geotermalnej jest, jak dotychczas, ograniczone. Istnieje kilka zakładów wykorzystujących energię geotermalną do celów ciepłowniczych, ale opłacalność tego typu inwestycji jest niska. Od kilku lat dynamicznie rozwijają się natomiast kompleksy basenów termalnych, co jest związane między innymi z upowszechnianiem się mody na zdrowy styl życia. Szczególnie korzystne, w kontekście geotermii, warunki geologiczne na Podhalu, a także duży napływ turystów

na ten obszar w zasadzie przez cały rok, powodują, że opłacalność tego typu inwestycji jest wysoka. W pozostałych częściach kraju działają nieliczne i stosunkowo niewielkie ośrodki termalne, a rozwój kolejnych nie jest łatwy ze względu na wysokie koszty i trudności z zapewnieniem odpowiednich montażu finansowych. W artykule skupiono się na ocenie warunków i problemów funkcjonowania ciepłownictwa geotermalnego. Przedstawiono ponadto polskie doświadczenia związane z powstawaniem kompleksów basenów geotermalnych. W sposób syntetyczny zarysowano uwarunkowania wykorzystania energii geotermalnej wraz z zasygnalizowaniem ryzyka geologicznego towarzyszącego pozyskiwaniu tej energii.

Słowa kluczowe: energia geotermalna, baseny termalne, ryzyko geologiczne, ceny energii cieplnej, rozwój zrównoważony

Wprowadzenie

Rozwój zrównoważony, jedna z najważniejszych idei końca XX wieku, u podstaw której leży przekonanie o konieczności równoczesnej ochrony środowiska przyrodniczego, zachowania witalności ekonomicznej oraz zaspokojenia potrzeb przyszłych pokoleń, jest ściśle związana z energetyką odnawialną. Jak zauważa Malko (2007) podstawowe atrybuty rozwoju zrównoważonego, takie jak: zasadność ekonomiczna, przyjazność wobec środowiska i akceptowalność społeczna, są zbieżne z celami strategicznymi energetyki, określonymi jako dostarczenie klientowi energii po możliwie najniższej cenie przy spełnieniu warunków samofinansowania sektora, minimalizacja uciążliwości stosowanych technologii dla środowiska oraz zapewnienie bezpieczeństwa energetycznego. Przeniesienie idei rozwoju zrównoważonego na grunt energetyki zaowocowało powstaniem terminu zrównoważonego rozwoju energetycznego (*Sustainable Energy Development* – SED), którego naczelną zasadą jest efektywne wykorzystanie zasobów energetycznych (Plutowicz 2009).

Z punktu widzenia polityki energetycznej Polski w najbliższych latach szczególnie istotne będą zobowiązania związane z pakietem klimatycznym, w którym Unia Europejska zadeklarowała dwudziestoprocentowy udział energii odnawialnej w ostatecznym zużyciu energii do 2020 roku. Dla osiągnięcia tego celu poszczególne kraje członkowskie na mocy *Dyrektywy Parlamentu Europejskiego i Rady 2009/28/WE w sprawie promowania energii ze źródeł odnawialnych* mają określone różne docelowe poziomy udziału tej energii. W przypadku Polski jest to 15% końcowego zużycia energii brutto. Oznacza to ponad dwukrotny wzrost wykorzystania OZE od 2010 roku, w którym, jak wynika z raportu Najwyższej Izby Kontroli (*Rozwój i wykorzystanie...* 2011), udział ten wyniósł 6,98%, co jest wartością niższą od celu strategicznego zakładanego na ten rok o 0,52%. Niespełnienie założeń dyrektywy do 2020 roku wiązać się będzie z koniecznością zakupu certyfikatów od państw posiadających nadwyżkę produkcji tzw. zielonej energii (Michałowski 2011). Należy ponadto zauważyć, że rozwój OZE wpisany jest również w szereg

zobowiązań międzynarodowych podjętych przez państwo polskie, takich jak na przykład Konwencja klimatyczna ONZ z 1992 roku, Protokół z Kioto (1996) czy pozostałe dyrektywy UE związane z pakietem klimatyczno-energetycznym (Kępińska, Tomaszewska 2009).

Energia odnawialna w Polsce pozyskiwana jest obecnie głównie ze spalania biomasy (86,1% całkowitego pozyskania energii ze źródeł odnawialnych w 2009 roku według danych GUS), z wykorzystywania biopaliw (7,1%) oraz dzięki elektrowniom wodnym (3,4%). Znaczenie energii geotermalnej jest, jak dotąd, marginalne, a jej udział w 2009 roku wyniósł jedynie 0,2% (*Energia ze źródeł odnawialnych...* 2011). Krajowy plan działania w zakresie energii ze źródeł odnawialnych (stan na 2010 rok) określa udział energii geotermalnej (bez pomp ciepła) w strukturze końcowego zużycia energii odnawialnej w sektorze ogrzewania i chłodnictwa w 2020 roku na 3%. Prognozowany w okresie 2010–2020 wzrost ma odpowiadać kilkakrotnemu (7,7-krotnemu) wzrostowi ilości produkowanej energii cieplnej. Pomimo więc niewielkiego znaczenia w ramach samych OZE, zauważony został potencjał rozwoju głębokiej energetyki geotermalnej.

W niniejszym artykule przeanalizowano możliwości oraz skalę dotychczasowego wykorzystania energii geotermalnej w Polsce, zarówno w ciepłownictwie, jak i do ogrzewania basenów termalnych.

Energią geotermalną nazywa się specyficzną formę energii odnawialnej, występującej w postaci ciepła, które powstaje w głębi Ziemi przy rozpadzie pierwiastków promieniotwórczych, a dodatkowo pewna część ciepła geotermalnego może mieć charakter tzw. ciepła resztkowego i pochodzić z jądra Ziemi. To ciepło przemieszcza się ze środka Ziemi ku powierzchni o znacznie niższej temperaturze w postaci strumienia cieplnego. Innymi słowy energia geotermalna jest to ciepło uzyskiwane z wnętrza Ziemi w postaci gorącej wody lub pary wodnej. Ciepło zaliczane do zasobów geotermalnych charakteryzuje temperatura o wartości co najmniej 20°C (Lewandowski 2006).

Dotychczasowe doświadczenia pokazują, że zazwyczaj złoża energii geotermalnej mają żywotność od 30 do 60 lat, co powoduje, że w literaturze światowej energia geotermalna uważana jest za quasiodnawialną (Kaczmarczyk 2009). Również w przypadku Polski trudno mówić o odnawialności zasobów geotermalnych ze względu na coraz większy udział instalacji geotermalnych, które odprowadzają zużytą wodę geotermalną do środowiska (tab. 1). Odprowadzanie wykorzystanych wód, jest planowane także w przypadku części inwestycji przygotowywanych do realizacji na przykład w Poddębicach (Karska, Hajto 2009) i wynika w głównej mierze z faktu, że to właśnie możliwości zatłaczania schłodzonych wód do górotworu są najważniejszym czynnikiem ograniczającym możliwości eksploatacyjne zakładów geotermalnych w Polsce (Biernat i in. 2010). Drugim istotnym czynnikiem są związane z tą operacją koszty.

Tab.1. Dopuszczalne wartości zrzutów wykorzystanych wód geotermalnych w wybranych instalacjach geotermalnych w Polsce w 2012 roku

Table 1. Acceptable values for discharges of geothermal water used in selected geothermal systems in Poland in 2012

Lokalizacja zrzutu wód geotermalnych	Q _{max}				Odbiornik	Mineralizacja (siarczyny + chlorki) [g/l]
	roczny	dobowy	godzinny	sekundowy		
	tys. m ³ /rok	m ³ /dobę	m ³ /h	l/s		
Pyrzyce	15,0	-	-	-	rz. Sicina	0,9
Stargard Szczeciński*	11,5	-	172	2,0	rz. Ina	70,0
Stargard Szczeciński **	3,0	-	172	-	rz. Ina	31,0
Uniejów	394,2	1080	45	12,5	rz. Warta	1,0
PEC GP	-	4800	200	-	potok bez nazwy – dopływ Białego Dunajca	brak
Kurort	-	4800	200	-		

Źródło: opracowanie własne na podstawie pozwoleń wodnoprawnych zakładów geotermalnych.

* na etapie prac geologicznych

** z ograniczeniami czasowymi dla ciągów troci i niskich stanów wód

Source: own elaboration based on licenses of geothermal units.

* phase of geological works

** with temporary limitations

W niniejszym artykule podjęto próbę omówienia problematyki wykorzystania wód geotermalnych w kontekście zarówno geotermii, jak i basenów termalnych. Stąd też sformułowano dwa główne cele artykułu:

- 1) Ocena warunków i problemów funkcjonowania ciepłownictwa geotermalnego w Polsce.
- 2) Doświadczenia związane z powstawaniem kompleksów basenów geotermalnych w Polsce.

Realizację powyższych celów poprzedziło krótkie omówienie uwarunkowań wykorzystania energii geotermalnej wraz z zasygnalizowaniem ryzyka geologicznego.

W procesie badawczym wykorzystano kilka źródeł informacji oraz metod i technik badawczych:

- badania literaturowe (w zakresie problematyki geotermalnej), a także wykorzystanie ocen ośrodków termalnych zbieranych i udostępnianych przez stronę www.infobasen.pl (30.06.2015),
- analiza sprawozdań finansowych wybranych zakładów ciepłowniczych,
- analiza sprawozdań finansowych ośrodków termalnych.

W celu lepszego zrozumienia problematyki geotermii oraz specyfiki działalności basenów termalnych przeprowadzono także pięć wywiadów ustrukturyzowanych z przedstawicielami kierownictwa czterech ośrodków termalnych oraz przedstawicielem PEC Geotermia Podhalańska.

Uwarunkowania wykorzystania energii geotermalnej

Głęboka energia geotermalna była w 2011 roku pozyskiwana w Polsce w następujących instalacjach ciepłowniczych: w Pyrzycach (15 MW), Uniejowie (około 4 MW), Bańskiej Niżnej¹ (70 MW) i Mszczonowie (7,3 MW). Każda z tych instalacji jest inna, zarówno ze względu na charakterystykę wydobywanej wody (temperaturę, mineralizację, ciśnienie), jak i typ instalacji, zastosowanych rozwiązań technicznych oraz odbiorców ciepła.

Wody o temperaturach przekraczających 80°C mogą stanowić samodzielne źródło ciepła. Poniżej tej temperatury muszą być dogrzewane w celu wykorzystania w ciepłownictwie, w szczególności w okresie zimowym. Opłacalność wykorzystania ciepła geotermalnego pozyskiwanego dla ogrzewania wody oraz powietrza w krytych kąpieliskach kształtuje się wyraźnie korzystniej w stosunku do ciepła użytkowego produkowanego w ciepłowniach geotermalnych. Analiza kosztów pozyskania ciepła geotermalnego dla ogrzewania wody i powietrza w planowanych, krytych kąpieliskach na terenie województwa małopolskiego w Bukowinie Tatrzańskiej, Poroninie i Radłowie, na którą powołuje się w swoim opracowaniu Ney (2005), wykazała koszty pozyskania tego ciepła na poziomie od 3,5 zł/1 GJ do 13 zł/1 GJ. Tak atrakcyjna, w stosunku do konwencjonalnych źródeł energii, cena ciepła dla wymienionych lokalizacji wynikała z możliwości reaktywacji zlikwidowanych otworów oraz możliwości zasilania wprost z układu geotermalnego.

Wykorzystanie energii geotermalnej na potrzeby ciepłownictwa powinno się odbywać możliwie najbliżej źródeł jej pozyskiwania. Optymalne warunki do jego wykorzystania mają małe miasta, w których już istnieje sieć ciepłownicza, oraz wsie i osiedla o zwartej zabudowie, gdzie nakłady na sieć ciepłowniczą nie będą zbyt duże. Projektując instalację geotermalną, należy oceniać zarówno wydajność cieplną złoża geotermalnego, jak i realne zapotrzebowanie na ciepło przez jego potencjalnych odbiorców.

¹ PEC Geotermia Podhalańska po rozbudowie jest według Ney (2005) największą ciepłownią geotermalną w Europie poza Islandią.

Ryzyko geologiczne

Warto podkreślić fakt, że inwestycje w ciepłownictwo geotermalne niosą z sobą ryzyko natury geologicznej, niemożliwe do określenia przy obecnym stanie wiedzy i możliwościach technicznych badań. Z jednej strony brak bowiem wiarygodnych danych do precyzyjnego ustalenia zasobów wód geotermalnych i zawartej w nich energii cieplnej, a dotychczas dokonywane pomiary dotyczące przyływów wody w otworach w większości były niedokładne. Dodatkowo praktyka działalności IGSMiE PAN² w zakresie geotermii wskazuje na fakt bardzo częstego dużego dopływu wody na początku eksploatacji otworu, a następnie radykalnego jego spadku. Własności zbiornikowe skał maleją z głębokością, co również wpływa negatywnie na eksploatację wody geotermalnej. W przypadku znacznego zagęszczenia otworów na złożu geotermalnym obserwowane jest zjawisko stopniowego wychłodzenia eksploatacyjnego wody³ (Ney 2005).

Co więcej, dotychczasowe doświadczenia w zakresie eksploatacji wód geotermalnych średnio- i niskotemperaturowych, a w konsekwencji także energii geotermalnej, zarówno w Polsce, jak i na świecie, nie dały jeszcze odpowiedzi na pytania dotyczące zachowania się złoża geotermalnego. W szczególności nie jest znany wpływ eksploatacji złoża na zachowanie pierwotnej chłonności eksploatowanego horyzontu złożowego tj. na zdolność absorpcji wody schłodzonej po dłuższym czasie eksploatacji złoża.

Dodatkowym zagadnieniem, które należy zasygnalizować, jest brak uregulowań prawnych związanych z planami wychwytywania i składowania dwutlenku węgla. Ryzyko kolizji takich działań z aktualnym i planowanym wykorzystaniem energii geotermalnej jest na tyle duże, że głos w tej sprawie zabrała Europejska Rada Energii Geotermalnej (European Geothermal Energy Council – EGEC).

Problemy funkcjonowania ciepłownictwa geotermalnego w Polsce. Aspekty techniczne i geologiczne

Ze względu na fakt wykorzystywania w Polsce na potrzeby ciepłownicze wyłącznie wód geotermalnych o średniej i niskiej temperaturze każda z instalacji posiada różne układy wspomagające. Różnorodność w zakresie rozwiązań technicznych czynnych w Polsce geotermalnych instalacji ciepłowniczych oraz różnice w parametrach wykorzystywanej wody geotermalnej różnicują cenę ciepła oferowanego przez poszczególne zakłady geotermalne dużo wyraźniej niż w przypadku ciepła uzyskiwanego z konwencjonalnych źródeł energii. Należy podkreślić, że wszystkie działające

² Instytut Gospodarki Surowcami Mineralnymi i Energią Polskiej Akademii Nauk.

³ To zagrożenie dotyczy przede wszystkim instalacji zlokalizowanych na Podhalu.

w Polsce zakłady geotermalne są jeszcze w dużym stopniu obiektami pilotażowo-doświadczalnymi wykorzystania energii geotermalnej dla ciepłownictwa (Ney 2005).

Największe ciepłownie geotermalne w Polsce projektowano na podstawie wadliwych danych. Powszechnym błędem było przeszacowanie oceny potrzeb odbiorców na energię. Przewymiarowanie zakładów negatywnie odbija się na uzyskiwanych parametrach ekonomicznych zakładów. W części polskich zakładów geotermalnych widać także wyraźne błędy popełniane zarówno na etapie projektowania obiektów, jak i ich budowy. Przeszacowanie zapotrzebowania na ciepło przez jego odbiorców zarówno w domach indywidualnych, jak i w obiektach wielkoskalowych jaskrawo uwidoczniło się w Pyrzycach oraz na Podhalu. W pierwszym z wymienionych przypadków zakłada się, że osiągnięcie efektywności ekonomicznej instalacja ciepłowniczej powinna nastąpić po ewentualnej rozbudowie miasta (sic!). Z kolei PEC Geotermia Podhalańska powinna osiągnąć pozytywne wyniki finansowe po doprowadzeniu ciepła do południowej części Nowego Targu.

Ciepłownictwo geotermalne jest również w znaczącym stopniu obciążone szeregiem różnych podatków, w tym między innymi:

- opłatą za ustanowienie użytkownika górniczego,
- opłatą za rozporządzanie prawem do informacji geologicznej,
- opłatą koncesyjną za poszukiwanie i rozpoznawanie,
- podatkiem od nieruchomości liniowych (rurociągów).

Te opłaty są nałożone na zakłady geotermalne poza normalnymi podatkami. W przypadku PEC Geotermia Podhalańska w 2005 roku każdy GJ energii cieplnej był obciążony opłatami w wysokości około 13,34 zł.

Głównym kosztem budowy geotermalnej instalacji ciepłowniczej są nakłady przeznaczone na wykorzystanie dwóch otworów wiertniczych (tzw. dubletu). Jednego, służącego do eksploatacji wody geotermalnej, oraz drugiego, przeznaczonego do zwrotnego zatłaczania wody geotermalnej do złoża, z której odebrano ciepło. Koszt wykonania otworu o głębokości 1000 m wraz z jego całkowitym uzbrojeniem (rury eksploatacyjne, filtr, pompa itp.) wynosił w 2005 roku około 3 mln PLN. Otwór do głębokości 2,5 tys. m wymagał wówczas nakładów w wysokości 5 mln PLN. Zdecydowanie niższe są koszty reaktywacji istniejących otworów. Dla odwiertu o głębokości 2000 m wynosił on w tym samym czasie 1/3 do 1/2 kosztów budowy nowego otworu i zależał między innymi od jego stanu technicznego otworu, zakresu koniecznych badań oraz stopnia rekonstrukcji otworu.

Efektywność instalacji geotermalnej może zostać zwiększona przez rezygnację z zatłaczania wody do złoża i zrzut schłodzonej wody do odbiornika (cieku wodnego) o odpowiednio wysokim przepływie. Korzyści z takiego rozwiązania są trojaki. Z jednej strony w ten sposób zostają wyeliminowane zagrożenia związane ze zmiennością parametrów zatłaczania wykorzystanej wody. Z drugiej – uzyskuje się duże oszczędności w zakresie zużycia energii elektrycznej wykorzystywanej do napędu

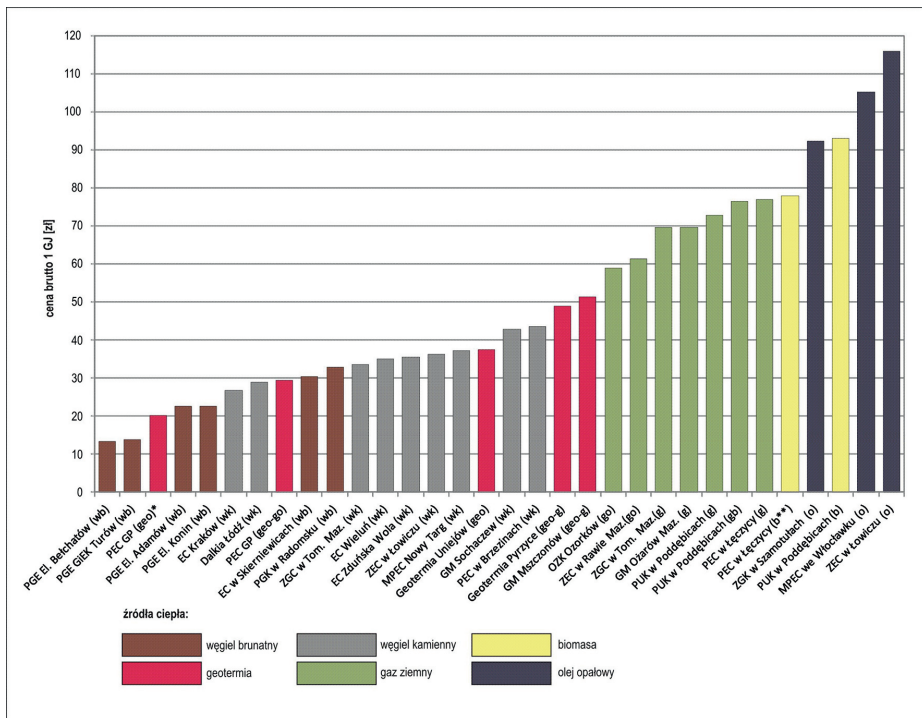
pomp włączających wodę do złoża. Ponadto schładzanie i zrzut wody pozwala na znaczący wzrost mocy cieplnej w układzie geotermalnym. Możliwość ograniczenia kosztów przez tego rodzaju działania ograniczone są jednak stopniem mineralizacji zrzucanej wody. Jej zbyt wysoki poziom wymusza konieczność wielokrotnego (nawet dziesięciokrotnego) rozcieńczania zrzucanej wody, co może generować koszty przewyższające potencjalne oszczędności. Rezygnację z zatłaczania wykorzystanej wody z powodzeniem realizuje od października 2007 roku PEC Geotermia Podhalańska. Od tego czasu do 200 m³/h schłodzonej do 26°C odbiera rzeka Biały Dunajec. Rezultatem tych działań był wzrost mocy układu geotermalnego o ponad 1/5.

Koszty wytworzenia energii cieplnej

Wiarygodne porównanie kosztów wytwarzania energii cieplnej z zakładów geotermalnych z ciepłem wytworzonym w innych źródłach jest dość problematyczne ze względu na specyfikę działalności ciepłowniczej. Jak słusznie zauważa Ney (2005), najbardziej porównywalnym miernikiem są koszty wytworzenia jednostki ciepła (np. 1 GJ). Drugą główną składową ceny ciepła, to jest koszty przesyłu, jest bowiem zależna od struktury i parametrów sieci dystrybucyjnej, która może być bardzo zróżnicowana. Na potrzeby niniejszego opracowania do porównania wykorzystano ceny wytworzenia energii cieplnej oferowanej przez jej bezpośrednich producentów. W literaturze przedmiotu można natomiast spotkać także porównania cen producentów oraz dystrybutorów energii (Pająk, Bujakowski 2011).

Analiza finansowa pozwala na porównanie jedynie całkowitych kosztów produkcji i przesyłu ciepła. Na to dodatkowo nakłada się, w przypadku produkcji ciepła geotermalnego, kwestia szybszej (podwójnej) amortyzacji środków trwałych, która utrudnia porównanie z innymi zakładami ciepłowniczymi.

Bezwzględnie najniższymi cenami ciepła charakteryzują się konwencjonalne elektrownie wytwarzające energię elektryczną z wykorzystaniem węgla brunatnego (ryc. 1). Wynika to z faktu, że energia cieplna jest wytwarzana w nich w pewnym sensie jako odpad, który należy odprowadzić. Stąd też tak atrakcyjne ceny jej sprzedaży. Wśród źródeł ciepła o najniższych cenach znajduje się stawka PEC Geotermii Podhalańskiej, dla największego odbiorcy ciepła, to znaczy Term Podhalańskich w Szaflarach. Wynosi ona niespełna 20 PLN brutto, a jej wyjątkowo niski poziom warunkowany jest, poza wielkością kupowanego przez termy ciepła, także faktem, że ośrodek w Szaflarach ogrzewany jest bezpośrednio z układu geotermalnego, a woda po wykorzystaniu i dodatkowym schłodzeniu nie jest zatłaczana do otworu geotermalnego, lecz zrzucana do Białego Dunajca. Ośrodek ten *de facto* również korzysta z ciepła, które jest odpadem, czyli powracającego z systemu zasilającego między innymi miasto Zakopane, co wyjaśnia tak niski poziom cen.



Ryc. 1. Ceny brutto 1 GJ energii cieplnej w wybranych zakładach ciepłowniczych sezonie grzewczym 2010–2011 r.

Fig. 1. Gross rates of 1 GJ of heat energy in selected heating plants during the heating season 2010–2011

Źródło: opracowanie własne na podstawie Decyzji Prezesa URE dla poszczególnych wytwórców ciepła na rok 2012.

Source: authors own study based on decisions of the President of Energy Regulatory Office (2012).

Bardziej konkurencyjne od ciepła sprzedawanego przez zakłady geotermalne jest ciepło wyprodukowane z wykorzystaniem węgla kamiennego. Ciepłownie w Skażwinie, Krakowie-Lęgu czy Rzeszowie oferowały niższą cenę sprzedaży niż zakłady geotermalne. Wyższą ceną ciepła charakteryzowały się dopiero nieduże ciepłownie w małych i średnich ośrodkach miejskich, wykorzystujące jako paliwo w głównej mierze gaz ziemny i olej opałowy.

Wyraźnie niższa, w stosunku do pozostałych zakładów geotermalnych, cena oferowanej przez PEC Geotermię Podhalańską energii cieplnej jest, zdaniem autorów, w znacznym stopniu wynikiem skali prowadzonej działalności i wyjątkowych parametrów wody geotermalnej (samowypływ, dość wysoka temperatura, umiarkowana mineralizacja). Firma dopiero od dwóch lat zaczęła notować dodatnie saldo sprzedaży energii cieplnej, które po części było wynikiem srogich zim 2009/2010 i 2010/2011. Zauważalne stają się również bariery dalszego rozwoju firmy. Sugeruje to choćby analiza projektów podłączenia do systemu ciepłowniczego Geotermii części Nowego Targu. Taryfa ustalona zgodnie z wytycznymi URE (a więc realnie poniesionymi kosztami) wyniosła 49 PLN/1 GJ na wejściu do systemu MPEC Nowy Targ, podczas gdy akceptowalna przez odbiorców cena kształtowała się na poziomie 23 PLN/1 GJ.

Ceny sprzedaży energii cieplnej

Poza porównaniem wybranych ofert sprzedaży ciepła z zakładów ciepłowniczych w Polsce przeanalizowano ceny sprzedaży poszczególnych źródeł ciepła w przedsiębiorstwie oferujących ciepło wytwarzane z geotermii wraz z ciepłem wytwarzanym z innych źródeł. Warunek zróżnicowania struktury wykorzystywanych paliw najlepiej spełniała Geotermia Mazowiecka. Za jej wyborem jako przedmiotu analizy przemawiał również fakt, że jest to najbardziej rentowny spośród funkcjonujących w Polsce zakładów geotermalnych, a jednocześnie parametry złoża/wody są w pewnej części (temperatura, głębokość odwiertu) zbliżone do parametrów występujących w innych rejonach kraju. Porównanie cen taryfowych sprzedaży 1 GJ ciepła dokonano dla dwóch przekrojów czasowych – lat 2005 i 2012 (tab. 2).

Porównanie cen taryfowych stosunkowo niedużych ciepłowni funkcjonujących w ramach Geotermii Mazowieckiej pozwala na sformułowanie następujących tez. W okresie ostatnich sześciu lat można zaobserwować większą stabilność cen ciepła pochodzącego z energetyki geotermalnej. W porównaniu z pozostałymi źródłami energii cieplnej podlegała ona najmniejszemu wzrostowi. Jednocześnie wskutek wyższej dynamiki wzrostu cen ciepła z ciepłowni węglowej oraz gazowej nastąpiło zbliżenie cen stawek ciepła produkowanego z węgla do cen ciepła geotermalnego. W tym czasie wyraźnie wzrosły ceny ciepła produkowanego z użyciem gazu ziemnego oraz oleju w stosunku do ciepła geotermalnego. Należy jednak zauważyć,

Tab. 2. Stawki taryfowe dla energii cieplnej zakładów Geotermii Mazowieckiej w roku 2005 i 2012

Table 2. The tariff rates for heat energy in Mazowiecka Geotermia plants in 2005 and 2012

Lp.	Nazwa zakładu	Miejscowość	Rodzaj paliwa	Cena sprzedaży ciepła			
				2005		2012	
				brutto [zł/GJ]	udział ceny ciepła geotermalnego [%]	brutto [zł/GJ]	udział ceny ciepła geotermalnego [%]
1	Ciepłownia Chodaków	Sochaczew	miał węglowy, biomasa	28,78	76,7	39,8	60,3
2	Kotłownia przy ul. Okrężnej	Sochaczew	miał węglowy	bd	bd	51,4	77,9
3	Zakład Geotermalny	Mszczonów	ciepło geotermalne, gaz	37,54	100,0	66,0	100,0
4	Kotłownia przy ul. Kilińskiego w Błoniu	Błonie	gaz, olej	38,61	102,9	69,9	105,7
5	Kotłownia przy ul. Poznańskiej	Ożarów Mazowiecki	gaz	bd	bd	42,9	65,0
6	Kotłownia przy ul. Pięknej	Żyrardów	gaz	42,07	112,1	bd	bd

Źródło: na podstawie decyzji: nr OWA-4210-43(10)/2012/113/VIII/KM Prezesa URE z dnia 15 czerwca 2012 r. w sprawie zatwierdzenia taryfy dla ciepła Geotermia Mazowiecka S.A. z siedzibą w Mszczonowie oraz nr OWA-4210-1(7)/2005/113/IV/IR Prezesa URE z dnia 23 lutego 2005 r. w sprawie zatwierdzenia taryfy dla ciepła Geotermia Mazowiecka S.A. z siedzibą w Mszczonowie.

Source: based on decisions: nr OWA-4210-43(10)/2012/113/VIII/KM Prezesa URE z dnia 15 czerwca 2012 r. w sprawie zatwierdzenia taryfy dla ciepła Geotermia Mazowiecka S.A. z siedzibą w Mszczonowie oraz nr OWA-4210-1(7)/2005/113/IV/IR Prezesa URE z dnia 23 lutego 2005 r. w sprawie zatwierdzenia taryfy dla ciepła Geotermia Mazowiecka S.A. z siedzibą w Mszczonowie.

że w dalszym ciągu koszt energii geotermalnej jest o ok. 10% wyższy od energii produkowanej przy użyciu węgla kamiennego.

Geotermia Mazowiecka stanowi wyjątkowy w skali Polski przykład zakładu geotermalnego przynoszącego od prawie sześciu lat zyski ze sprzedaży energii geotermalnej. Dodatkowo korzysta ona ze spłotu wyjątkowych, nie tylko w skali Polski, lecz również Europy – warunków hydrogeologicznych polegających na wykorzystywaniu nisko mineralizowanej (słodkiej) wody o charakterze artezyjskim

(samowypływ). Dzięki takim uwarunkowaniom jest to jedyna w Polsce geotermalna instalacja ciepłownicza jednootworowa.

Analiza danych finansowych dla poszczególnych przedsiębiorstw geotermalnych pokazuje, że ceny wytworzenia energii cieplnej z wykorzystaniem energii geotermalnej są znacznie wyższe od cen sprzedaży. Przykładowo koszt wytworzenia 1 GJ energii dla PEC Geotermia Podhalańska wyniósł w latach 2007–2009 ponad 60 PLN, przy cenie z taryfie na poziomie 23 PLN netto dla odbiorców zasilanych przez sieć ciepłowniczą oraz 15 PLN netto dla kompleksu basenów termalnych w Szaflarach (Termy Podhalańskie) zasilanego bezpośrednio z Ciepłowni Geotermalnej.

Wyniki ekonomiczne energetyki geotermalnej są zagadnieniem skomplikowanym i trudnym do porównywania ze względu na szereg uwarunkowań, a w szczególności:

- wielopłaszczyznowy charakter dotacji z budżetu państwa do wytwarzania energii geotermalnej oraz wydobycia węgla kamiennego,
- ustawowa możliwość stosowania podwójnej amortyzacji instalacji geotermalnych,
- regulowany charakter rynku ciepła tj. konieczność każdorazowego zatwierdzania zmian taryf dla ciepła przez Prezesa Urzędu Regulacji Energetyki,
- struktura własnościowa zakładów geotermalnych.

Tę część rozważań dobrze podsumowuje fragment wywiadu jaki przeprowadziła Barbara Jasińska z dyrektorem technicznym POLGEOL S.A., jednego z głównych wykonawców odwiertów geotermalnych w Polsce, Antonim Pareckim:

B. Jasińska: Polgeol projektował i uczestniczył w uruchomieniu wszystkich 4 ujęć geotermalnych na nizinach, doradza w trakcie ich eksploatacji. Czy inwestycje w geotermię, wobec trudności obiektywnych, są ekonomicznie uzasadnione?

A. Parecki: Biorąc pod uwagę całokształt korzyści wynikających ze stosowania „czystego ciepła” dla człowieka i środowiska – tak. Rozpatrując zagadnienie wyłącznie ekonomicznie – nie. Obecnie nie ma tańszej energii niż pochodząca ze spalania węgla (...).

Źródło: Jasińska 2005.

Baseny geotermalne w Polsce

Na potrzeby niniejszego artykułu „ośrodek termalny” definiowany jest jako zespół rekreacyjny, w skład którego wchodzi przynajmniej: basen zamknięty i basen otwarty z ciepłą wodą (powyżej 30°C) wraz z zapleczem gastronomicznym. Większość polskich ośrodków termalnych (pięć z siedmiu) skoncentrowana jest na bardzo niewielkiej powierzchni na Podhalu: po dwa w Zakopanem i gminie Bukowina Tatrzańska oraz jeden w Szaflarach. W dalszej części rozważań nazywane one będą ośrodkami

„górkami”. Pozostałe trzy, nizinne, działają w pasie autostrady A2 od Poznania przez Uniejów do Mszczonowa. Polskie ośrodki termalne to nowe inwestycje. Dwa najstarsze – w Szaflarach i Bukowinie – zostały otwarte w 2008 roku.

Na różnym etapie planowania budowy znajdują się kolejne inwestycje tego typu. Najbardziej realnie prezentują się kolejne projekty na Podhalu, mniej zaawansowane natomiast są projekty „nizinne”. Coraz częściej jednak, nawet już po dokonaniu odwiertów (kosztujących zazwyczaj od kilkunastu do kilkudziesięciu mln PLN za dwa odwierty (tzw. dublet) i po przeprowadzeniu szczegółowych studiów wykonalności inwestycje są zawieszane. Tak zakończyła się krótka historia Term Gostynińskich, przyszłość projektu ośrodka termalnego w Kleszczowie koło Bełchatowa także ciągle nie została rozstrzygnięta.

Ośrodki termalne znacznie różnią się między sobą wielkością, liczbą, powierzchnią i urządzeniem basenów wewnętrznych i zewnętrznych, wyposażeniem, ofertą dodatkową (m.in. sauny) oraz ofertą uzupełniającą (m.in. hotele i sale konferencyjne). Obecnie najpełniejszą i najbardziej wiarygodną syntetyczną ocenę oferty ośrodków termalnych podaje portal www.infobasen.pl (30.06.2015). Na tym portalu każdy ośrodek w Polsce, na Słowacji i na Węgrzech jest oceniany w skali od 0 do 10, gdzie 10 to ocena maksymalna. Składowe oceny to: jakość oferty – 70%, opinie klientów – 30%. Poniżej przedstawiono listę polskich ośrodków termalnych wraz z ocenami wystawionymi przez ten portal (tab. 3).

Sektor kąpielisk termalnych jako rodzaj działalności gospodarczej z zakresu szeroko pojętej rekreacji jest branżą bardzo młodą. Kilkuletni okres funkcjonowania tego typu

Tab. 3. Lista polskich ośrodków termalnych wraz z oceną oferty

Table 3. List of Polish thermal parks and its offer evaluation

Lp.	Nazwa obiektu	Miejscowość	Gmina	Ocena
1	Park Wodny Bania	Białka Tatrzańska	Bukowina Tatrzańska	8,10
2	Termy Maltańskie	Poznań	Poznań	7,60
3	Terma	Bukowina Tatrzańska	Bukowina Tatrzańska	7,30
4	Aquapark Zakopane	Zakopane	Zakopane	6,90
5	Termy Podhalańskie	Bańska Niżna	Szaflary	6,10
6	Termy Mszczonów	Mszczonów	Mszczonów	5,70
7	Termy Uniejów	Uniejów	Uniejów	4,90

Źródło: opracowanie własne na podstawie www.infobasen.pl (dostęp: 30.06.2015).

Source: author's own study based on www.infobasen.pl (30.06.2015).

obiektów w Polsce znacznie ogranicza możliwość prognozowania z dotychczasowych doświadczeń na najbliższą przyszłość.

Cechą charakterystyczną kąpielisk termalnych działających w Polsce jest ich stosunkowo wysoki poziom rentowności. Rentowność jest wysoka już od samego początku uruchomienia inwestycji, mimo braku w niektórych działalności uzupełniającej, takich jak na przykład część konferencyjna i SPA (Szaflary) czy opóźnienia w otwarciu części hotelowo-konferencyjnej (Bukowina Tatrzańska). Odzwierciedla się ona również w dość wysokim stopniu kredytowania inwestycji przez kapitał obcy (banki). W skrajnym przypadku Term Podhalańskich wyniósł on w 2009 roku ponad 60% wartości zainwestowanego kapitału (tab. 4).

Inwestycje realizowane na terenie Podhala odróżnia od kąpielisk termalnych środkowej Polski także struktura własnościowa. O ile w pierwszym przypadku zdecydowanie przeważają inwestycje prywatne będące w rękach od kilku (Szaflary, Białka, Polana Szymoszkowa) do kilkudziesięciu nawet właścicieli (Bukowina Tatrzańska), o tyle w Polsce środkowej są to już przedsięwzięcia komunalne, w które zaangażowane kapitałowo są lokalne samorządy. Wyjątkiem, jak na warunki Podhala, jest kąpielisko termalne funkcjonujące w ramach zakopiańskiego aquaparku będącego spółką Skarbu Państwa. Wysoka rentowność kąpielisk podhalańskich jest bez wątpienia pochodną dużej w skali Polski atrakcyjności turystycznej całego regionu. Kąpieliska środkowopolskie, nie mając takich warunków, mogą dla odmiany korzystać z dogodnego położenia względem największych aglomeracji miejskich (Warszawy, Łodzi).

Tab. 4. Podstawowe parametry ekonomiczne kąpielisk termalnych w Polsce

Table 4. The basic economic parameters of thermal parks in Poland

Lp.	Termy	Inwestycje [mln PLN]	Rentowność operacyjna [%]	Udział kredytu w inwestycji [%]	Liczba gości [tys./rok]
1	Bukowina	80,0	30,8	35,8	~400
2	Bania	40,8	bd	45,7	~350
3	Szaflary	35,6	40,2	61,9	~250
4	Mszczonów	26,0	(-)	bd	140
5	Aquapark Zakopane	23,7	-6,8	46,5	280
6	Uniejów	16,0	9,8	bd	224
7	Polana Szymoszkowa	7,0	13,7	0	bd

Źródło: badania własne na podstawie sprawozdań finansowych.

Source: author's own study based on financial reports.

Większość kąpielisk termalnych w Polsce świadczy swoje usługi, korzystając ze źródeł ciepła pochodzących z zakładów geotermalnych. Tak jest w przypadku Term Podhalańskich oraz aquaparku w Zakopanem, korzystających z ciepła Przedsiębiorstwa Energetyki Ciepłej Geotermia Podhalańska, Term w Mszczonowie czy Uniejowie. Dla odmiany kąpieliska w Białce oraz Bukowinie Tatrzańskiej korzystają z własnych odwiertów. Do uruchomienia własnego źródła wody geotermalnej przygotowują się obecnie również Termy Maltańskie.

Termy Podhalańskie

Kąpieliska termalne są największymi jednostkowymi odbiorcami ciepła generowanego przez zakłady geotermalne w Polsce. Taka sytuacja występuje w przypadku PEC Geotermia Podhalańska. Ośrodek termalny w Szaflarach jest średniej wielkości ośrodkiem termalnym. Wartość firmy wynosi około 60 mln PLN, przy wielkości zainwestowanego kapitału na poziomie około 40 mln PLN. Powierzchnia lustra wody wynosi 970 m², na co składają się 2 baseny zewnętrzne oraz 2 baseny wewnętrzne. Ośrodek obsługuje szatnia licząca 458 szafek. Kąpielisko posiada część noclegową, konferencyjną, gastronomiczną oraz SPA. Termy Podhalańskie generują zapotrzebowanie na ciepło rzędu 15 TJ/rok, przy zamówionej mocy cieplnej 2,15 MW. Cena brutto sprzedaży 1 GJ ciepła termom przez PEC Geotermia Podhalańska kształtuje się obecnie na poziomie 19 PLN, a w omawianym okresie, wraz z przesyłem i kosztem nośnika ciepła, realnie, w okresach największego zapotrzebowania na ciepło, spadała nawet poniżej 30 PLN (średniorocznie 44 PLN/1 GJ). Zużycie nośnika ciepła (wody) w pierwszym pełnym roku funkcjonowania ośrodka wyniosło 125,6 tys. m³. Wielkość zużycia ciepła jest zależna od średniej miesięcznej temperatury powietrza i waha się od 1 tys. GJ/miesiąc w okresie letnim do 2 tys. GJ/miesiąc w najbardziej mroźnym okresie.

Właścicielem Term Podhalańskich jest firma Kurort s.c. Poza prowadzeniem ośrodka termalnego przedsiębiorstwo posiada również Pensjonat za Lasem w Poroninie, którego szacunkowa wartość wynosi 5,6 mln PLN, czyli niespełna 10% wartości ośrodka termalnego. Ze względu na brak możliwości łatwego wydzielenia działalności związanej z prowadzeniem pensjonatu oraz na jego wielkość – w analizie ekonomicznej firmy postanowiono jego wpływ na funkcjonowanie przedsiębiorstwa pominąć.

Od momentu uruchomienia kąpieliska wiosną 2008 roku spółka notuje wysoką, stabilną rentowność sprzedaży, wynoszącą blisko 40%. Umożliwia to spłacanie piętnastoletniego bankowego kredytu inwestycyjnego w wysokości 20 mln PLN. Sprawia to, że ogólny poziom zadłużenia firmy rzędu 60% wielkości środków trwałych można uznać za bezpieczny. Sama firma zaś pomimo turbulencji organizacyjno-własnościowych związanych z działaniami o charakterze wrogiego przejęcia, realizowanymi przez

mniejszościowego udziałowca, jest w stanie spłacać ponad 900 tys. PLN odsetek od kredytu rocznie. Przy uwzględnieniu wyłącznie zysku ze sprzedaży hipotetyczny zwrot inwestycji powinien nastąpić w okresie do dziesięciu lat.

Firma zatrudnia łącznie 26 osób, z czego największą grupę stanowią pracownicy do spraw obsługi klienta. Jednocześnie struktura wynagrodzeń jest płaska, i podstawowa pensja kształtuje się na poziomie najniższej krajowej. Jedyne dwa stanowiska kierownicze posiadają pensję na poziomie 5,0–6,0 tys. PLN miesięcznie.

W strukturze kosztów za pierwszy pełny rok funkcjonowania ośrodka największy udział stanowią koszty zużycia paliw i energii, które wyniosły ponad 1,2 mln PLN. Wśród pozycji charakteryzujących się mniejszymi nakładami warto zwrócić uwagę na poziom kosztów związanych z wydatkami na środki czystości oraz zużycie wody. Wielkością wyróżniają się również pozycje związane z funkcjonowaniem restauracji oraz wynagrodzeniami pracowników. W strukturze usług obcych zauważalne środki przeznaczone były na prace remontowe, a także usługi reklamowe (ok. 100 tys. PLN).

Termy Uniejów

Drugim przykładem ośrodka termalnego, który wart jest szerszego omówienia, są uruchomione w 2008 roku Termy Uniejów. Kompleks ten korzysta z wybudowanego przez gminę, przy wsparciu środków ZPORR kwotą ok. 16 mln PLN, zespołu basenów termalnych. Kąpielisko uzupełniają dwa ośrodki noclegowe (kasztel rycerski i zamek średniowieczny) oraz restauracja. Operatorem term otwartych w 2008 roku zostało Przedsiębiorstwo Gospodarki Komunalnej, które zmieniło nazwę na PGK Termy Uniejów. Ośrodek korzysta z energii geotermalnej dostarczanej przez funkcjonującą od 2000 roku Geotermię Uniejów. W krótkiej perspektywie czasu rentowność sprzedaży PGK zmniejszyła się z ok. 6% odnotowanych w latach 2006–2007 do ujemnej w 2008 roku, po czym nastąpił ponowny jej wzrost do poziomu 3% w 2009 roku, będącym pierwszym pełnym rokiem działalności ośrodka termalnego. Przejęcie zarządzania nad termami zmieniło znacząco strukturę zarówno przychodów, jak i kosztów przedsiębiorstwa. Kompleks basenowo-hotelowy stał się najważniejszym elementem działalności przedsiębiorstwa, obejmując ponad połowę przychodów firmy w 2009 roku (tab. 5). Przychody przedsiębiorstwa wzrosły prawie siedmiokrotnie ze stałego w poprzednim okresie poziomu ok. 1 mln PLN do 7 mln PLN w 2009 roku. Kompleks basenów termalnych pozytywnie wpłynął również na kondycję Geotermii Uniejów, notującej od samego początku swojego funkcjonowania stratę ze sprzedaży netto. Uruchomienie kompleksu basenów termalnych zbiegło się w czasie ze wzrostem wartości sprzedaży ciepła przez Geotermię Uniejów o 55% i zmniejszeniu jej straty ze sprzedaży

Tab. 5. Struktura przychodów PGK Termy Uniejów w latach 2008–2009

Table 5. The revenue structure of PGK Termy Uniejów in 2008–2009

Przychody netto	2008		2009	
	tys. zł	%	tys. zł	%
Wodociągi	439,5	15,2	464,7	6,7
Oczyszczalnie	212,2	7,4	230,4	3,3
Nieczystości	172,6	6,0	140,0	2,0
Administrowanie	84,6	2,9	94,1	1,4
Energia ciepła	125,8	4,4	11,2	0,2
Usługi komunalne	281,0	9,7	54,4	0,8
Usługi kompleks termalno-hotelowy	942,8	32,7	3677,9	53,0
Sprzedaż towarów, materiałów	625,9	21,7	2265,7	32,7
Razem	2884,5	100,0	6938,5	100,0

Źródło: badania własne.

Source: author's own study.

z poziomu około 200 tys. PLN w latach bezpośrednio poprzedzających uruchomienie term, do około 60 tys. w latach 2009–2010.

Wnioski

Energetyka geotermalna w Polsce znajduje się właściwie na etapie rozwoju eksperymentalnego. Z finansowego punktu widzenia jest nieefektywna lub – w najlepszym wypadku – mało efektywna. Część projektów była realizowana z przyjęciem błędnych założeń, co uniemożliwiło osiągnięcie zakładanej rentowności. Dotychczasowe doświadczenia, a także warunki geologiczne (zbyt niska temperatura wody, zbyt duża mineralizacja, problemy ze spadkiem wydajności źródeł i in.) powodują, że szersze wykorzystanie energii geotermalnej jako źródła ciepła do celów ciepłownictwa obecnie ciągle jeszcze nie jest łatwe, choć w wielu miejscach Polski trwają różnego rodzaju prace w tym zakresie (Czyżewski 2009).

Nieco lepsze perspektywy w Polsce ma wykorzystanie energii geotermalnej do ogrzewania basenów termalnych. W naszym kraju obecnie funkcjonuje siedem tego typu ośrodków. Są to obiekty stosunkowo nowe – pierwsze powstały w 2008 roku. Szczególnie dobrze rozwijają się na terenie Podhala, gdzie dobrym warunkom

geologicznym w tym zakresie towarzyszy bardzo duży ruch turystyczny. Baseny termalne uzupełniają ofertę wypoczynkową i rekreacyjną Tatr i Podhala, szczególnie istotną w okresach pogorszenia się pogody. Są to w zdecydowanej większości ośrodki prywatne. W innych rejonach kraju perspektywy rozwoju basenów termalnych są natomiast nieco trudniejsze. Niemniej zarówno ośrodek w Uniejowie, jak i Mszczonowie odnotowują dodatnie wyniki finansowe, co umożliwia ich dalszy rozwój i rozbudowę.

Literatura

- Biernat H., Kulik S., Noga B., 2010, *Problemy związane z eksploatacją ciepłowni geotermalnych wykorzystujących wody termalne z kolektorów porowych*, Technika Poszukiwań Górniczych, Geotermia, Zrównoważony Rozwój, 1–2, 17–28.
- Czyżewski P., 2009, *Wykorzystanie energii geotermalnej w Polsce dziś i w niedalekiej przyszłości*, Nowa Energia, 1 (7), 65–66.
- Dyrektywa Parlamentu Europejskiego i Rady 2009/28/WE z dnia 23 kwietnia 2009 r. w sprawie promowania stosowania energii ze źródeł odnawialnych i w następstwie uchylająca dyrektywy 2001/77/WE oraz 2003/30 WE*, <http://eurlex.europa.eu/LexUriServ/LexUriServ.do?uri=OJ:L:2009:140:0016:0062:pl:PDF> (28.02.2013).
- Energia ze źródeł odnawialnych w 2010 r.*, 2011, *Informacje i opracowania statystyczne*, GUS, Warszawa.
- Jasińska B., 2005, *Zamrożona geotermia* (wywiad z Antonim Pareckim, dyrektorem technicznym Przedsiębiorstwa Geologicznego POLGEOL S.A. z dnia 26 września 2005 r.), http://www.archiwum.ekologika.pl/2005/zamrozona_geotermia.html (28.02.2013).
- Karska A., Hajto M., 2009, *Możliwości zagospodarowania wód termalnych w rejonie miasta Poddębice*, Technika Poszukiwań Górniczych, Geotermia, Zrównoważony Rozwój, 2, 89–100.
- Kaczmarczyk M., 2009, *Podstawy geotermii*, GLOBEnergia, 2, 13–15.
- Kępińska B., 2010, *Stanowisko Europejskiej Rady Energii Geotermalnej (EGEC) w sprawie wychwytywania i składowania dwutlenku węgla*, Technika Poszukiwań Górniczych, Geotermia, Zrównoważony Rozwój, 1–2, 191–193.
- Kępińska B., 2011, *Energia geotermalna w Polsce. Stan wykorzystania, perspektywy rozwoju*, Technika Poszukiwań Górniczych, Geotermia, Zrównoważony Rozwój, 1–2, 7–18.
- Kępińska B., Tomaszewska B., 2009, *Energia geotermalna w Polsce – bariery dla rozwoju wykorzystania energii geotermalnej w Polsce i propozycje zmian*, Technika Poszukiwań Górniczych, Geotermia, Zrównoważony Rozwój, 2, 3–12.
- Lewandowski W., 2006, *Proekologiczne odnawialne źródła energii*, Wydawnictwa Naukowo-Techniczne, Warszawa, 254, 255, 260, 261, 270–272.
- Malko J., 2007, *Zrównoważony rozwój – cele i wyzwania elektroenergetyki*, [w:] A. Graczyk (red.), *Teoria i praktyka zrównoważonego rozwoju*, Akademia Ekonomiczna we Wrocławiu, Wydawnictwo EkoPress, Białystok–Wrocław, 163–176.

- Michałowski M., 2011, *Proekologiczne wykorzystanie energii geotermalnej Polski*, Inżynieria Mineralna, lipiec–grudzień 2011.
- Ney R., 2005, *Ocena strategii rozwoju energetyki odnawialnej oraz kierunki rozwoju energetycznego wykorzystania zasobów geotermalnych wraz z propozycją działań*, Narodowy Fundusz Środowiska i Gospodarki Wodnej, Warszawa.
- Paják L., Bujakowski W., 2011, *Porównanie cen zakupu energii pochodzącej z Polskich ciepłowni geotermalnych z energią innych dostawców w świetle obowiązujących taryf rozliczeniowych*, Technika Poszukiwań Geologicznych, Geotermia, Zrównoważony Rozwój, 1–2, 237–244.
- Plutowicz A., 2009, *Przesłanki rozwoju rynku odnawialnych źródeł energii w Polsce w świetle idei zrównoważonego rozwoju*, Problemy Ekorozwoju, 4 (1), 109–115.
- Rozwój i wykorzystanie odnawialnych źródeł energii. Informacja o wynikach kontroli*, 2012, Najwyższa Izba Kontroli, nr 45/2012/P/11/044/KGP.

Wojciech Jarczewski
Instytut Rozwoju Miast
ul. Cieszyńska 2, 30-015 Kraków
e-mail: jarczewski@poczta.fm

Maciej Huculak
Instytut Rozwoju Miast
ul. Cieszyńska 2, 30-015 Kraków
e-mail: mhuculak@o2.pl

Magdalena Dej
Instytut Geografii i Gospodarki Przestrzennej
Uniwersytet Jagielloński
ul. Gronostajowa 7, 30-387 Kraków
e-mail: magdadej@gmail.com