

Eleonora Solik-Heliasz

OCENA MOŻLIWOŚCI ODZYSKU CIEPŁA Z WÓD POMPOWANYCH Z KOPALŃ WĘGLA KAMIENNEGO

Streszczenie

Z kopalń węgla kamiennego zlokalizowanych w Górnośląskim Zagłębiu Węglowym wypompowuje się dziennie na powierzchnię ponad 600 tys. m³/d wody o temperaturze 13÷25° C. Zasoby energii geotermalnej zawarte w tych wodach są duże, jednak dotąd nie były wykorzystywane. Możliwości odzysku energii zależą od lokalnych warunków geologicznych, górniczych i technologicznych. Moc strumienia ciepła związanego z wodami odprowadzanymi z 43 kopalń wynosi 183 MW. Po zakończeniu procesu restrukturyzacji kopalń moc ta wzrośnie do 230 MW.

Moc cieplna możliwa do odzysku z wód kopalnianych jest wystarczająca do pokrycia części potrzeb kopalń lub obiektów przykopalnianych w wybranej dziedzinie (cieplej wody użytkowej lub ogrzewania obiektów).

Opracowano analizę kosztów wytwarzania ciepła przy zastosowaniu pompy ciepła, dla czasu pracy instalacji 6000 godzin/rok i 4000 godzin/rok oraz długości przesyłu energii do odbiorcy w przedziałach odległościowych 50, 200, 500 i 1000 m. Stwierdzono, że w części kopalń istnieją ekonomicznie uzasadnione warunki do modernizacji konwencjonalnego ogrzewania węglowego systemem z wykorzystaniem pomp ciepła.

Opracowano także wstępny projekt techniczny instalacji geotermalnej dla kopalni „Rozbark” i Zakładu Górniczego „Bytom II” oraz projekt koncepcyjny dla kopalni „Halemba”. Instalacje będą miały moce grzewcze po 500 kW i będą służyły do całorocznego przygotowania ciepłej wody użytkowej w łazniach górniczych. Temperatura wody wylotowej wyniesie 55°C. Instalacje pozwolą na całkowite wyeliminowanie pracy konwencjonalnej kotłowni węglowej poza sezonem grzewczym. Analizy ekonomiczne wykazały, że okres spłaty wyniesie od 2,2 do 6,5 roku, a koszt pozyskania 1 GJ energii będzie niższy, niż z kotłowni węglowej. Instalacje pozwolą na ograniczenie emisji pyłu do atmosfery o 2,2 t/rok, CO₂ o 357 t/rok i CO o 3,4 t/rok.

Assessment of possibility of heat recovery from waters pumped from hard coal mines

Summary

Daily more than 600 thous. m³/d of water of temperature 13÷25°C are pumped to the surface from hard coal mines localised in the Upper Silesian Coal Basin. The geothermal energy resources contained in these waters are considerable, however, hitherto they have not been used. The possibilities of energy recovery depend on local geological, mining and technological conditions. The power of the heat stream connected with waters discharged from 43 mines amounts to 183 MW. After termination of the mine restructuring process this power will increase to 230 MW.

The thermal power possible to recover from mine waters is sufficient to cover a part of the needs of mines or mine objects in the selected domain (hot usable water or heating of objects).

The cost analysis regarding heat generation with the use of heat pump for the time of work of the installation equal to 6000 hours/year and 4000 hours/year as well as length of energy transmission to the receiver in distance intervals 50, 200, 500 and 1000 m was elaborated. It has been ascertained that in the part of mines exist economically reasonable conditions to modernise conventional coal heating, by means of a system with heat pump use.

Therefore has been also developed a preliminary technical project of a geothermal installation for the mine "Rozbark" and mine "Bytom II" as well as a conceptual project for the mine "Halemba". The installations will have heating powers equal to 500 kW each and will serve the yearly preparation of usable hot water in mine bathes. The temperature of output water will amount to 55°C. The installations will allow to eliminate entirely the work of conventional coal-fired boiler houses apart from the heating season. Economic analyses have indicated that the repayment period will be equal to 2.2 – 6.5 years, and the cost of gaining of 1 GJ of energy will be lower than in case of a coal-fired boiler house. The installation will reduce dust emissions to the atmosphere by 2.2 t/year, CO₂ by 357 t/year and CO by 3.4 t/year.

1. WSTĘP

W Głównym Instytucie Górnictwa w latach 1999–2001 prowadzono badania nad odzyskiem ciepła geotermalnego z wód kopalnianych [1, 2, 3, 4]. W wielu krajach ciepło pozyskiwane z **energii geotermalnej** zawartej w wodach wykorzystywane jest do ogrzewania obiektów budowlanych, wytwarzania ciepłej wody użytkowej i do odładzania nawierzchni drogowych. W tym celu wierci się specjalne otwory służące do odbioru ciepła z wód podziemnych.

Na Śląsku występują dogodniejsze warunki. Istnieje tutaj bowiem duża liczba szybów, którymi wypompowuje się wody z kopalń węgla kamiennego. W związku z tym z kosztów instalacji geotermalnych można byłoby odliczyć koszty wiercenia nowych otworów wiertniczych i pompowania wód na powierzchnię.

Ciepło można odzyskiwać nawet z wód o temperaturze 4°C, schładzając je (jak w przypadku instalacji w Sztokholmie) do 2°C. Tak pozyskiwana energia jest energią przyjazną środowisku, gdyż zastępuje energię ze spalania paliw pierwotnych i nie powoduje emisji zanieczyszczeń do atmosfery.

2. ZASOBY ENERGII GEOTERMALNEJ W WODACH KOPALNIANYCH

W Polsce istnieją różnorodne możliwości użytkowania naturalnego ciepła ziemi i wód, które, szczególnie na obszarze GZW, mogą przyczynić się do znacznego ograniczenia emisji gazów do atmosfery. W wyniku prowadzonych badań stwierdzono, że możliwe jest wykorzystanie ciepła pochodzącego z wyrobisk górniczych. Dotyczy to przede wszystkim ciepła z wód kopalnianych [2, 3] oraz ciepła zawartego w powietrzu wentylacyjnym. W przyszłości, po przetestowaniu efektywności instalacji geotermalnych, możliwe będzie rozpatrywanie odzysku ciepła również z innych ośrodków, na przykład z nieczynnych wyrobisk górniczych, jak jest to realizowane w kilku krajach na świecie i ze skał.

Ciepło z wyrobisk kopalnianych można transferować na powierzchnię różnymi sposobami. Optymalne byłoby przesyłanie ciepła z wykorzystaniem zamkniętych wymienników w postaci spiral wypełnionych płynem, zainstalowanych w wyrobiskach dołowych i połączonych izolowanymi przewodami z wymiennikami na powierzchni. Jednak w praktyce górniczej możliwości przesyłu są ograniczone. Prace aplikacyjne prowadzone w GIG w sposób zdecydowany uzależniają odzysk ciepła geotermalnego od warunków ruchowych istniejących w kopalniach.

Specyfika prowadzenia ruchu kopalń polega między innymi, na konieczności usuwania wód i zużytego powietrza z wyrobisk kopalnianych. Tak wody dołowe, jak i usuwane powietrze charakteryzują się temperaturą w granicach 13÷25°C. Wynika stąd, że są one potencjalnymi źródłami niskotemperaturowej energii i doskonałymi dolnymi źródłami energii dla pomp ciepła.

Ze względu na stosunkowo małe wydajności i niewysoką temperaturę, systemy grzewcze, wykorzystujące ciepło wód kopalnianych, mogą nadawać się szczególnie do stosowania lokalnego, w grupie budynków lub w wyodrębnionych obiektach kubaturowych. Skład instalacji kopalnianej będzie zależał od parametrów wody geotermalnej na wejściu, przeznaczenia energii, wymagań odbiorców (ich liczby, rodzaju) oraz uwarunkowań ruchowo-górnicznych. Instalacja geotermalna może być wspomagana szczytowo z konwencjonalnych kotłowni węglowych, olejowych lub gazowych.

Temperatura wód w kopalniach jest zależna od następujących czynników:

- temperatury otaczających je skał,
- kontaktu z cieplejszymi wodami dalekiego krążenia,
- wentylacji kopalnianej oraz
- kontaktu z wodami technologicznymi i urządzeniami.

Przy wyznaczaniu zasobów energii geotermalnej przyjęto kilka podstawowych założeń:

1. Zasoby określono na podstawie temperatury wód kopalnianych, a nie jak podaje wielu autorów, na podstawie temperatury skał – i to w dodatku w warunkach niezaburzonych, które prowadzą do znacznego zawyżenia wyników. Z tego powodu pomiary temperatury wód wykonano z uwzględnieniem istniejących systemów odwodnieniowych.
2. W zakresie ilości wód kopalnianych uwzględniono dopływy obecne i prognozowane wraz ze zmianami wynikającymi z restrukturyzacji kopalń (w zakresie ograniczenia wydobywania, dopływów naturalnych, ewentualnie czasokresu i głębokości zatapiania zrobów) oraz z przekierowania wód między kopalniami.
3. Zasoby energii geotermalnej podzielono na potencjalne i wydobywalne. Zasoby wydobywalne stanowią część zasobów potencjalnych i zależą od miejsca odbioru ciepła oraz przyjętych rozwiązań technicznych.

Dla tak zdefiniowanych założeń określono moc potencjalną strumienia ciepła. Moc cieplna wód pompowanych z 43 kopalń węgla kamiennego w GZW wynosi 183 MW. Po zakończeniu restrukturyzacji kopalń, zatopieniu najniższych poziomów, bądź przekierowaniu wód między kopalniami, wzrośnie ona do 230 MW.

3. KOSZTY INSTALACJI GEOTERMALNYCH

Wielkości strumienia ciepłego zawartego w wypompowywanych wodach dołowych i powietrzu wentylacyjnym oraz z drugiej strony potrzeby cieplne obiektów kopalnianych kształtują się następująco [1]:

- moc cieplna możliwa do odzysku z wód poszczególnych kopalń wynosi od kilkuset kW do 7,0÷9,0 MW,
- moc cieplna możliwa do odzysku z powietrza wydechowego wynosi od 0,5 do 1,0 MW,
- zapotrzebowanie na moc cieplną w kopalniach węgla kamiennego wynosi od kilkunastu do kilkudziesięciu MW, a w zakładach pompowania wód kopalnianych od 2,0 do 6,0 MW; w lecie potrzeby kopalń są mniejsze, bowiem wykorzystuje się jedynie około 10% mocy zainstalowanej,
- ceny energii cieplnej wynoszą od 23 do okresowo 50 zł/1 GJ.

We wszystkich analizowanych kopalniach wyspecyfikowano obiekty o potrzebach w zakresie mocy cieplnej od kilkunastu kW do kilku MW. Zwrócono uwagę na istotne różnice w zapotrzebowaniu na moc cieplną w lecie i w zimie. Moc wykorzystywana w lecie potrzebna jest głównie do zapewnienia prawidłowego funkcjonowania łaźni górniczych. Z kolei w przypadkach peryferyjnych obiektów kopalnianych, na przykład przy szybach wentylacyjnych, tak ciepło grzewcze, jak i ciepłą wodę użytkową wytwarza się w instalacjach elektrycznych. Są to modelowe układy, w których zastosowanie pompy ciepła dałoby największe korzyści ekonomiczne.

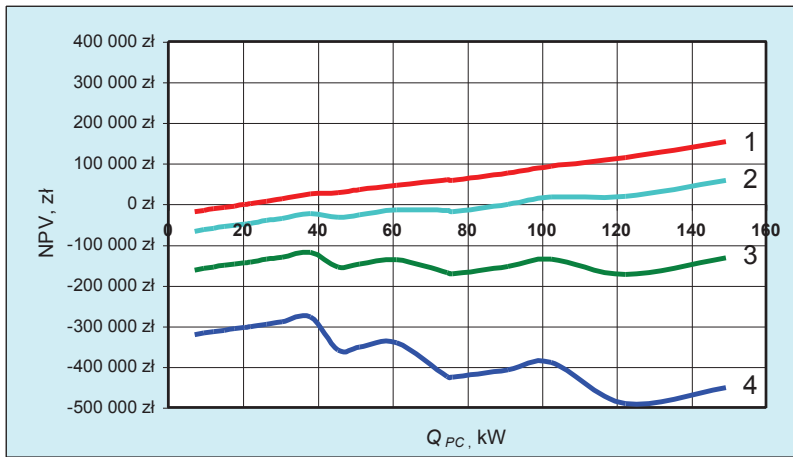
Istniejące w kopalniach systemy zaopatrzenia w ciepło grzewcze i ciepłą wodę użytkową oparte są, w większości przypadków, na współpracy z niezależnymi, bądź należącymi do spółek węglowych, przedsiębiorstwami energetycznymi. W nielicznych, na ogół peryferyjnych obiektach, ciepło grzewcze i/lub ciepła woda są dostarczane z elektrycznych grzejników i przepływowych podgrzewaczy wody.

Istotne, z uwagi na możliwość zastosowania pomp ciepła, są odległości od szybów do odbiorców. W większości kopalń podstawowe obiekty zlokalizowane są w odległości do 1 km od szybów, którymi prowadzone jest odwodnienie wyrobisk górniczych.

Analizę kosztów wytwarzania ciepła, przy zastosowaniu pompy ciepła z wykorzystaniem wód kopalnianych, opracowano dla następujących założeń:

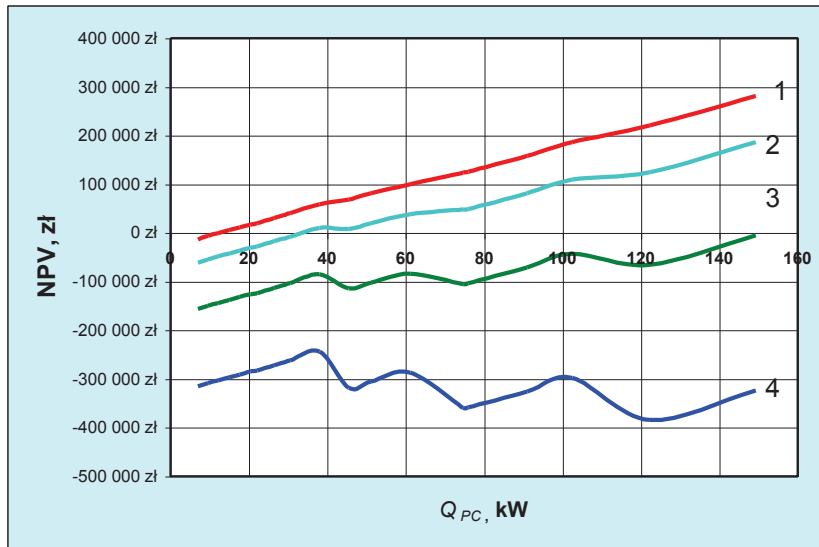
- czas pracy instalacji grzewczej z pełną mocą dla odbiorów działających cały rok (6000 h/rok) i działających tylko w sezonie grzewczym (4000 h/rok),
- długość instalacji przesyłowej czynnika grzewczego z rurami preizolowanymi, w przedziałach odległościowych: 50, 200, 500 i 1 000 m, przy średnich kosztach zakupu ciepła 28 zł/GJ.

W analizie przyjęto, że podstawowym parametrem, który uzasadnia celowość zastosowania układów pozyskiwania energii cieplnej z wód kopalnianych lub powietrza wentylacyjnego jest zdyskontowana wartość NPV zastąpienia efektów ogrzewania z kotłowni węglowej, ogrzewaniem za pomocą pompy ciepła. Wyznaczono wskaźniki NPV dla okresu użytkowania instalacji – 15 lat i stopy dyskonta – 8%. Wyniki analiz przedstawiono na rysunkach 1 i 2.



Rys. 1. Zdyskontowana wartość inwestycji zamiany ogrzewania z kotłowni węglowej, pompą grzewczą użytą przez 4000 h/rok: Q_{PC} – moc grzewcza pompy ciepła; długość sieci ciepłowniczej: 1 – 50 m, 2 – 200 m, 3 – 500 m, 4 – 1000 m [1]

Fig. 1. Discounted investment value of heating change from coal-fired boiler house, by means of a heating pump used through 4000 h/year [3]: Q_{PC} – heating power of heating pump, length of network of heat measuring devices; 1 – 50 m, 2 – 200 m, 3 – 500 m, 4 – 1000 m [1]



Rys. 2. Zdyskontowana wartość inwestycji (NPV) zamiany ogrzewania z kotłowni węglowej, pompą grzewczą użytą przez 6000 h/rok: Q_{PC} – moc grzewcza pompy ciepła; długość sieci ciepłowniczej: 1 – 50 m, 2 – 200 m, 3 – 500 m, 4 – 1000 m [1]

Fig. 2. Discounted investment value of heating change from coal-fired boiler house, by means of a heating pump used through 6000 h/year [3]: Q_{PC} – heating power of heating pump; length of network of heat measuring devices: 1 – 50 m, 2 – 200 m, 3 – 500 m, 4 – 1000 m [1]

Uwzględniając takie czynniki, jak: cena energii cieplnej, czas pracy pompy ciepła i długość sieci ciepłowniczej, wytypowano kopalnie, w których zastosowanie pomp ciepła daje ekonomicznie uzasadnione szanse na modernizację konwencjonalnego systemu grzewczego.

4. KORZYŚCI EKOLOGICZNE ZASTĄPIENIA KOTŁOWNI WĘGLOWEJ INSTALACJĄ GRZEWczą Z POMpą CIEPŁA

Podstawowe korzyści ekologiczne z zastosowania pomp ciepła dotyczą ograniczenia emisji zanieczyszczeń do powietrza. Korzyści te zwiększają się w miarę wzrostu mocy instalacji geotermalnej. Określono szczegółowo zmniejszenie emisji podstawowych wskaźników zanieczyszczeń w miarę wzrostu mocy zastosowanego układu z pompami ciepła.

5. PROJEKTY INSTALACJI GEOTERMALNEJ O MOCY GRZEWczej 500 KW

Opracowano pierwszy w Polsce wstępny projekt techniczny kopalnianej instalacji geotermalnej wykorzystującej energię cieplną z wód wypompowywanych z kopalni „Rozbark” i ZG „Bytom II” oraz projekt koncepcyjny dla kopalni „Halemba” [4, 5]. Moc cieplna możliwa do odzysku w tych kopalniach jest duża i przekracza 5,4 MW.

Obydwie instalacje będą miały moc grzewczą po 500 kW i będą służyły między innymi do przygotowania ciepłej wody użytkowej w łazniach górniczych. Temperatura wody wylotowej będzie wynosiła 55°C. W projektach przewiduje się wykorzystanie istniejących zasobników ciepła. Instalacje pozwolą na wyeliminowanie pracy konwencjonalnych kotłowni węglowych poza sezonem grzewczym. Mogą one być jednak szczytowo wspomagane pracą tych kotłowni, na przykład na wypadek nieprzewidzianego wzrostu zapotrzebowania na energię cieplną.

Opracowane analizy ekonomiczne wykazały, że koszty instalacji w połączonych kopalniach „Rozbark” i „Bytom II” zwrócą się po 2,2 latach, a w kopalni „Halemba” po 4,4 latach w przypadku jej pracy przez 6000 h/rok, bądź po 6,5 latach w przypadku jej pracy tylko w sezonie grzewczym, czyli przez 4000 h/rok. Należy zaznaczyć, że w energetyce za opłacalne uznaje się inwestycje, dla których okres zwrotu kapitału wynosi do 7 lat. Wykorzystanie energii do przygotowania ciepłej wody użytkowej w łazniach stwarza możliwość pracy instalacji przez cały rok.

W przedstawionym projekcie ceny jednostkowe pozyskania energii cieplnej z instalacji geotermalnej są niższe, w porównaniu do cen jednostkowych energii z konwencjonalnej kotłowni węglowej. Istotne są również korzyści dla środowiska naturalnego. W wyniku zastosowania instalacji geotermalnej emisja CO₂ do atmosfery zostanie ograniczona o 357 t/rok, CO o 3,4 t/rok, i pyłu o 2,2 t /rok.

Efektom wykonanych prac było również zestawienie przybliżonych kosztów instalacji, okresów spłaty i uzyskanego efektu ekologicznego dla instalacji geotermalnych o mocach grzewczych zróżnicowanych w zakresie 7÷3883 kW. Jest to gotowy materiał, który będzie można wykorzystać przy opracowywaniu założeń do projektów technicznych instalacji dla następnych kopalń.

6. WNIOSKI

1. Energia geotermalna zaliczana jest do „czystych” energii, których pozyskanie nie obciąża środowiska naturalnego. Do zwiększonego jej wykorzystywania obligują nas zalecenia światowego kongresu w Kioto, a sprzyjają temu najnowsze zapisy prawa energetycznego.
2. Na obszarach górniczych zlokalizowane są liczne szyby, którymi odprowadzane są na powierzchnię duże ilości wód kopalnianych o temperaturze $13\pm 25^{\circ}\text{C}$. Z wód tych można odzyskiwać ciepło. Pozyskanie energii geotermalnej nie będzie obciążone kosztami wiercenia nowych otworów i pompowania wód.
3. Moc cieplna z wód pompowanych z 43 zakładów górniczych wynosi łącznie 183 MW. W wielu kopalniach moc ta jest wystarczająca do zaspokojenia potrzeb własnych lub potrzeb obiektów przykopalnianych w wybranej dziedzinie.
4. Modernizacja systemów ogrzewania i ciepłej wody użytkowej, polegająca na zastąpieniu ciepła pozyskiwanego z energii elektrycznej lub z kotłowni węglowych – ciepłem z niskotemperaturowych źródeł energii, jakimi są wody kopalniane, może znaleźć szerokie zastosowanie. Przy obecnych kosztach zakupu energii elektrycznej, cieplnej oraz kosztach inwestycyjnych i eksploatacyjnych, parametry ekonomiczne takich przedsięwzięć są w większości przypadków korzystne, to jest wskaźnik NPV > 0. W analizowanych kopalniach w odległości do 1000 m od szybów odwadniających znajdują się obiekty, w których zastosowanie ogrzewania z wykorzystaniem pompy ciepła może znacząco ograniczyć koszty dostaw ciepła.
5. Opracowane pierwsze projekty kopalnianych instalacji geotermalnych o mocach grzewczych po 500 kW wykazały możliwość spłaty instalacji po 2,2–6,5 latach i znaczące korzyści w ograniczeniu emisji gazów do atmosfery.
6. Decyzja o konkretnym zastosowaniu pompy ciepła powinna być poprzedzona audytem energetycznym, w celu określenia najkorzystniejszego sposobu użytkowania pozyskanej energii geotermalnej.

Literatura

1. Bieniecki M., Olejniczak K., Cwiężek M.: *Ocena odzysku ciepła z wód kopalń węgla kamiennego*. Część II pt.: *Warunki odbioru ciepła z instalacji geotermalnych na obszarach kopalń węgla kamiennego*. Dokumentacja GIG nr 11701001-122. Katowice 2001 (niepublikowana).
2. Solik-Heliasz E., Augustyniak I.: *Analiza możliwości wykorzystania ciepła z wód pompowanych z kopalń węgla kamiennego*. Dokumentacja GIG nr 11704000-122. Katowice 2000 (niepublikowana).
3. Solik-Heliasz E., Augustyniak I., Frolik A.: *Ocena możliwości odzysku ciepła z wód kopalń węgla kamiennego*. Część I pt.: *Zasoby energii geotermalnej w wodach kopalń węgla kamiennego*. Dokumentacja GIG nr 11701001-122. Katowice 2001 (niepublikowana).
4. Solik-Heliasz E., Augustyniak I., Bieniecki M., Frolik A.: *Ocena możliwości odzysku ciepła z wód kopalń węgla kamiennego*. Część III pt.: *Projekt koncepcyjny kopalnianej instalacji geotermalnej o mocy grzewczej 500 kW*. Dokumentacja GIG nr 11701001-122. Katowice 2001 (niepublikowana).

5. Solik-Heliasz E., Skrzypczak S.: *Wybór optymalnego systemu grzewczego z wykorzystaniem geotermalnego odzysku ciepła z wód dołowych dla obiektów w rejonie szybu Barbara, ZG Bytom II*. Dokumentacja GIG nr 42701262-122. Katowice 2002 (niepublikowana).

Recenzent: prof. dr hab. inż. Marek Rogoż