

Możliwości magazynowania i pozyskiwania ciepła za pośrednictwem otworowych wymienników ciepła

# Górotwór jako rezerwuar ciepła

dr inż. Tomasz Śliwa, prof. dr hab. inż. Andrzej Gonet, Albert Złotkowski

Wydział Wiertnictwa, Nafty i Gazu AGH

## Wprowadzenie

Energia geotermalna jest powszechnie rozumiana jako ciepło zgromadzone w podziemnych złożach wód. Możliwa jest do pozyskiwania za pośrednictwem wiertniczych otworów eksploatacyjnych i chłonnych tam, gdzie występuje sprzyjający stopień geotermalny oraz budowa geologiczna i warunki hydrogeologiczne.

Do tej pory niedoceniana pozostaje możliwość wykorzystania górotworu jako nie tylko źródła ciepłej energii, ale również jako magazynu ciepła. Można go utworzyć lokując energię ciepłą pozyskiwaną z promieniowania słonecznego przez znaczną część roku i odebrać ją w okresie wzmózonego zapotrzebowania na energię. Wykorzystanie górotworu jako rezerwuaru ciepła możliwe jest niemal wszędzie, gdzie tylko może wystąpić możliwość lub potrzeba zmagazynowania ciepła. Nie należy wiązać perspektywy wykorzystania górotworu jako magazynu ciepła mając na względzie zapewnienie zaopatrzenia wyłącznie w ciepło obiektów mieszkalnych, biurowych czy zakładów przemysłowych. Należy zastanowić się, gdzie istnieje możliwość pozyskania dużej ilości energii cieplnej pochodzenia słonecznego oraz odpadowego z równoczesnym ciągłym lub okresowym zapotrzebowaniem na ciepło użytkowe.

## Możliwości zastosowania otworowych wymienników ciepła

Najlepiej absorbującymi promieniowanie słoneczne są ciała o barwach ciemnych. Przykładowo, drogi asfaltowe o twardej nawierzchni w ciepłych okresach nagrzewają się w dzień, jednocześnie stając się nieodporne na wysokie naciski jednostkowe. Cykl ten powtarza się prawie każdego letniego dnia, stopniowo przyczyniając się do zużycia nawierzchni. Skutecznym ograniczeniem tego niekorzystnego zjawiska mogłoby być obniżenie temperatury poprzez odprowadzanie i zmagazynowanie pozyskanej w ten sposób energii w górotworze. Ponadto zgromadzona energia mogłaby umożliwić utrzymywanie w czasie mrozu dodatniej temperatury nawierzchni, jednocześnie eliminując lub redukując wykorzystanie substancji chemicznych (soli) stosowa-

nych do odśnieżania i odladzania dróg lub parkingów.

Powyższe rozwiązanie ma wiele zalet. Należy do nich zaliczyć: dłuższą żywotność nawierzchni, brak skażenia wód gruntowych substancjami chemicznymi, zwiększone bezpieczeństwo użytkowników dróg i chodników (rys. 1), znacznie większą trwałość pojazdów nie narażonych na korozję, możliwość wykorzystania zgromadzonego ciepła do celów grzewczych innych obiektów. Tak widziana idea postępu geoenergetyki wydaje się interesująca zwłaszcza w perspektywie konieczności zbudowania w najbliższym czasie wielu szlaków komunikacyjnych na obszarze Polski, co zachęca do dokładnego rozeznania powyższej możliwości (rys. 2). W praktyce główną przeszkodą do jej realizacji jest brak odpowiedniej technologii, umożliwiającej skonstruowanie wystarczająco wytrzymałej i spełniającej wszystkie warunki eksploatacyjne konstrukcji instalacji hydraulicznej, skonsolidowanej w powierzchniach bitumicznych przenoszących znaczne obciążenia.



Rys. 1. Efekt działania geotermalnego ogrzewania chodnika [3]

Opisana koncepcja nie musi wymagać zastosowania pomp ciepła (praca w trybie pasywnym), co znacznie obniża koszt pozyskania, eksploatacji oraz zmagazynowania odzyskanego ciepła dostarczonego do powierzchni ziemi poprzez promieniowanie słoneczne.



Rys. 2. Efekt działania układu odśnieżania mostu za pomocą ciepła oraz schemat systemu [3]

Wymienniki otworowe można również instalować w palowej konstrukcji nośnej. Wówczas pale nośne poza funkcją konstrukcyjną pełnią także zadania w zakresie gospodarki energetycznej [1].

Inżynierskie podejście do problemu pozyskania energii zgromadzonej w górotworze niesie za sobą konieczność skonstruowania odpowiedniej infrastruktury, umożliwiającej efektywną wymianę ciepła pomiędzy odbiornikami a magazynem (górotworem). Poza układem rur wymiennika w konstrukcji traktów komunikacyjnych (rys. 3) kluczową rolę w instalacjach magazynowania i pobierania ciepła pełnią otworowe wymienniki ciepła. Pośredniczą one w wymianie energii cieplnej pomiędzy górotworem a odbiornikami energii.



Rys. 3. Sposób ułożenia rur wymiennika ciepła w konstrukcji drogi asfaltowej [3]

Aby proces wymiany ciepła był wydajny, ważnym elementem jest konstrukcja otworu wraz z jego wyposażeniem, dającym możliwość wykorzystania otworowych wymienników ciepła w praktyce oraz efektywne zastosowanie ich w cyklu pracy grzewczej oraz chłodniczej.

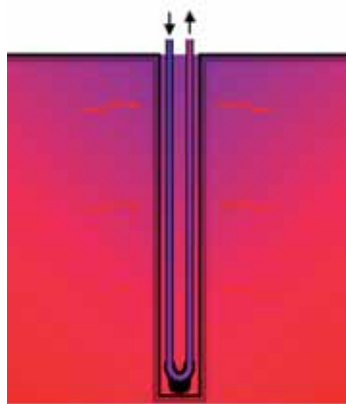
### Systemy otworowych wymienników ciepła

Lokalizacja otworowego, płytkiego wymiennika ciepła nie jest uzależniona od położenia, klimatu, występowania wód podziemnych czy gruntowych. Warunkiem jego wykorzystania jest wykonanie odpowiedniej instalacji grzewczej, opierającej się na pompie ciepła w przypadku konieczności zaopatrzenia obiektu w medium o wyższej temperaturze lub bez takiej konieczności, przy ewentualności spożytkowania ciepła na poziomie temperatury zgromadzonej w górotworze. Otwór w tym przypadku stanowi wymiennik ciepła, pobierający od górotworu strumień niskotemperaturowej energii za pośrednictwem cieczy roboczej, krążącej w obiegu zamkniętym.

Otworowe wymienniki ciepła ze względu na ich głębokość można podzielić na dwie zasadnicze grupy:

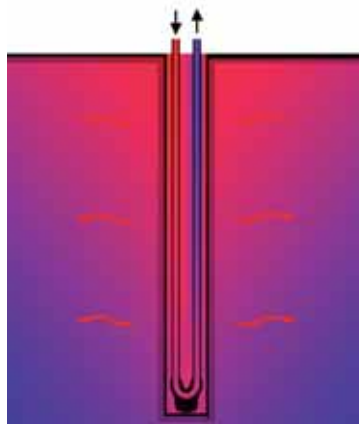
- wymienniki w kształcie u-rurki, stosowane najczęściej do głębokości nie większej niż 150 m,
- wymienniki koncentryczne (współosiowe), stosowane najczęściej dla głębokości powyżej 150 m.

Wymiennik ciepła w kształcie u-rurki jest otworem uzbrojonym w u-rurkę z tworzywa sztucznego, w której odbywa się cyrkulacja cieczy będącej nośnikiem energii. W trybie grzewczym (rys. 4) cyrkulująca ciecz, przepływając przez wymiennik, przejmuje od górotworu energię cieplną i wynosi ją na powierzchnię. Temperatura cieczy wpływającej i wypływającej z wymiennika otworowego jest niższa od otaczających skał. Podczas magazynowania ciepła w górotworze (rys. 5) ciecz cyrkulująca oddaje do górotworu energię cieplną, pozyskaną na powierzchni terenu, gdyż ma temperaturę wyższą od otaczającego górotworu.



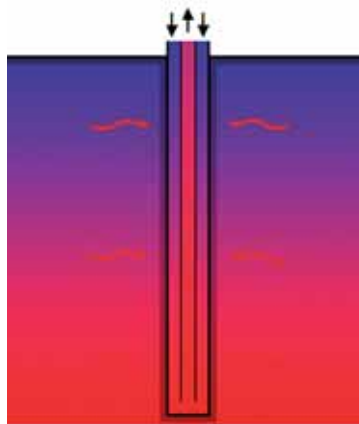
Rys. 4. Schemat otworowego wymiennika ciepła typu u-rurki w trybie pozyskiwania ciepła (skala kolorów obrazuje przyrost temperatur)

Konstrukcja wymiennika tego typu umożliwia płynną zmianę trybu grzewczego pracy na tryb chłodniczy – proces magazynowania ciepła, co znacznie ułatwia eksploatację wymiennika oraz efektywne wykorzystanie go w dobowym cyklu pracy. Zmiana trybu pracy wiąże się wyłącznie ze zmianą kierunku przekazywania ciepła.



Rys. 5. Schemat otworowego wymiennika ciepła typu u-rurki w trybie magazynowania ciepła (skala kolorów obrazuje przyrost temperatur)

Drugi typ otworowego wymiennika ciepła (współosiowy) zakłada, iż w trybie grzewczym ciecz zatłaczana jest w przestrzeń pierścieniową otworu, a następnie po odebraniu ciepła od górotworu płynie ku powierzchni terenu wewnętrzną kolumną rur (rys. 6).

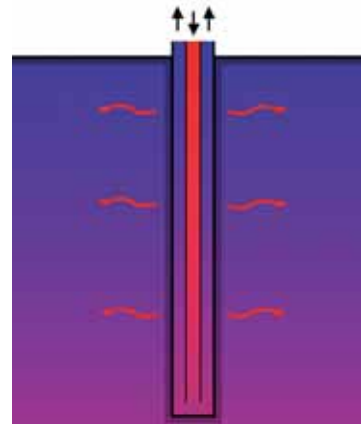


Rys. 6. Schemat otworowego, koncentrycznego wymiennika ciepła (skala kolorów obrazuje przyrost temperatur)

Wariant zastosowania wymiennika otworowego tego typu, jako otworu przekazyującego ciepło do górotworu, uzyskuje większą sprawność, gdy nastąpi zmiana kierunku przepływu cieczy roboczej, tj. ciecz o wyższej temperaturze zatłaczana jest przez rurę wewnętrzną, natomiast wypływa na powierzchnię przestrzeni pierścieniowej (rys. 7).

Taki wariant przepływu cieczy roboczej przez wymiennik otworowy daje możliwość uzyskania temperatury cieczy roboczej na głowicy otworu o temperatu-

rze zbliżonej do temperatury gruntu pod powierzchnią ziemi. Ilość możliwego do pozyskania lub zmagazynowania ciepła warunkuje przewodność cieplna górotworu, głębokość otworu oraz w głównej mierze oporność cieplna przewodu koncentrycznego, którym ciecz ogrzana przepływa w bezpośrednim sąsiedztwie zatłaczanej cieczy zimnej.



Rys. 7. Schemat przepływu cieczy w otworowym wymienniku koncentrycznym magazynującym ciepło (skala kolorów obrazuje zmianę temperatur)

Ilość energii możliwej do pozyskania lub do zmagazynowania zależy w znacznym stopniu od różnicy temperatur cieczy zatłaczanej do otworu. Należy zatem:

- przy pozyskiwaniu ciepła dążyć do zatłaczania cieczy roboczej o jak najniższej temperaturze,
- przy magazynowaniu ciepła dążyć do zatłaczania cieczy o jak najwyższej temperaturze.

Najbardziej zadowalającym efektem przy wykorzystaniu koncentrycznego wymiennika otworowego byłoby pozyskanie cieczy o temperaturze występującej na dnie otworu. Tak więc dobór konstrukcji przewodu koncentrycznego jest nad wyraz istotnym, a zarazem trudnym zagadnieniem, gdyż warunki jakie panują w otworze na znacznej głębokości eliminują większość materiałów, ograniczając je do rur metalowych, rur z włókien szklanych oraz rur z tworzyw sztucznych odpornych na wysokie ciśnienia. Praktyka uczy jednak, że zastosowanie rur metalowych powoduje wyrównanie temperatur cieczy na dopływie i wypływie, co wynika z niskiej oporności cieplnej stali. Wówczas można zastosować podwójne rury stalowe z izolacyjną przestrzenią gazu [2], co jednak ogranicza przestrzeń przepływu nośnika ciepła i generuje dodatkowe koszty. Rury z włókien szklanych posiadają lepszą izolacyjność cieplną niż rury stalowe, ale są drogie. Jedynym racjonalnym materiałem możliwym do zastosowania pozostaje tworzywo sztuczne.

Otworowy wymiennik ciepła wyróżnia ponad inne źródła energii możliwość lo-

kalizowania go wszędzie na powierzchni globu, bez względu na klimat, położenie geograficzne czy stopień urbanizacji i zaawansowania infrastruktury. Charakter pracy czynnika roboczego cieczy w obiegu zamkniętym wyklucza możliwość zanieczyszczenia wód gruntowych i podziemnych. Eksploatacja ciepła nie powoduje hałasu oraz innych uciążliwości.

Zdecydowaną wadą otworowego wymiennika ciepła (w przypadku potrzeby uzyskania cieczy o wysokiej temperaturze) jest konieczność współpracy z pompą ciepła, która wraz z osprzętem zapewniającym cyrkulację cieczy, zużywa w stosunku do mocy grzewczej wymiennika dodatkową energię napędową. Również zwrot kosztów wykonania kompleksowej instalacji grzewczej, wykorzystującej ciepło górotworu, wymaga zazwyczaj długiego czasu.

Warunkiem koniecznym decydującym o inwestycji w tej dziedzinie musi być uzasadniony rachunek ekonomiczny uwzględniający szerokie aspekty jej realizacji, wykazujący także ilość możliwej do uzyskania energii użytecznej z uwzględnieniem aspektu ekologicznego.

## Wnioski

1. Otworowe wymienniki ciepła umożliwiają zgromadzenie nadmiaru energii cieplnej w górotworze w części roku i racjonalne wykorzystanie jej w czasie zapotrzebowania na ciepło. Mogą przyczynić się do zmniejszenia zużycia energii elektrycznej koniecznej do wytworzenia chłodu w agregatach chłodniczych i klimatyzacyjnych.

2. W przypadku ich zastosowania na większą skalę przyczynią się do zmniejszenia zużycia paliwa pierwotnego w miejscu lokalizacji inwestycji.

3. Zastosowanie układu wymienników powierzchniowych w takich traktach komunikacyjnych, jak parkingi, mosty itp. daje w lecie możliwość pozyskiwania ciepła i zmagazyňowania w górotworze, a w zimie pozwala na ogrzewanie, przez co można uzyskać ich odładzanie i odśnieżanie.

4. Magazyňowanie ciepła w górotworze jest efektywne w krótkich okresach cyklu pobieranie ciepła – zatłaczanie ciepła (np. dzień – noc), albo w dłuższej perspektywie (zima – lato), jeśli ilość zatłoczonego ciepła nie będzie większa od jego ilości wcześniej z górotworu pobranego. W innym przypadku część

ciepła zatłoczonego do skał może ulec rozproszeniu w górotworze.

## Literatura

1. Śliwa T., Gonet A., Ostrowska K.: *Możliwości pozyskania ciepła z ośrodka gruntowego za pośrednictwem pali nośnych*. Ogólnopolski Kongres Geotermalny: Geotermia w Polsce – doświadczenia, stan aktualny, perspektywy rozwoju. Radziejowice 2007.
2. Śliwa T., Kotyza J.: *Dobór optymalnego otworowego wymiennika ciepła w otworze Jachówka 2K do głębokości 2870 m*. W: *Metodyka i technologia uzyskiwania użytecznej energii geotermicznej z pojedynczego otworu wiertniczego*. Red. J. Sokołowski. UM Sucha Beskidzka. Polgeotermia Sp. z o.o. Instytut Gospodarki Surowcami Mineralnymi i Energią PAN. Pracownia Geosynoptyki i Geotermii. Kraków 2000.
3. Workshop on Geothermal snow-melting and de-icing – Innovative applications for the transport sector. European Geothermal Energy Council. 6 Program Ramowy UE. Malmö 2007.

*Publikacja zrealizowana w ramach badań własnych WWiG AGH*

BI



5 października 2007 r. rozpoczął się 41. rok akademicki na Wydziale Wiertnictwa, Nafty i Gazu. Inauguracja roku odbyła się w Auli Akademii Górniczo-Hutniczej im. Stanisława Staszica. „Ta inauguracja ma wymiar szczególny, ponieważ nastąpiła tuż po uroczystościach jubileuszu 40-lecia Wydziału” – powiedział dziekan Wydziału WNiG prof. dr hab. inż. Stanisław Strzyżek. – „Sukcesy naukowe pracowników Wydziału są szeroko znane i bardzo wysoko cenione, mamy także wiele patentów i licencji, które z dużym powodzeniem znajdują zastosowanie w praktyce, a pracownicy są powoływani jako wybitni eksperci do licznych komisji i ciał opiniotwórczych. Jednak to nas nie satysfakcjonuje, gdyż nie możemy i nie chcemy zapominać, że nasz Wydział swoją zasadniczą rolę i główną misję chce realizować jako nowoczesna jednostka naukowo-dydaktyczna”.

Dziekan Stanisław Strzyżek przypomniał najważniejsze przedsięwzięcia, które miały miejsce w ubiegłym roku akademickim. Uczelnia – na mocy uchwały Senatu AGH – zyskała nową strukturę organizacyjną. W miejsce istniejących zakładów powstały katedry: Katedra Wiertnictwa i Geoinżynierii, Katedra Inżynierii Gazowniczej, Katedra Inżynierii Naftowej, Katedra Złóż Węglowodorów i Kształtowania Środowiska. Ponadto podjęto działania zmierzające do utworzenia nowego kierunku studiów Inżynieria Naftowa i Gazownicza. Uchwalono nowe programy studiów I i II stopnia dla kierunku Górnictwo i Geologia oraz dla przyszłego – Inżynierii Naftowej i Gazowniczej, a także program studiów w języku angielskim dla obcokrajowców. Zmodernizowano bazę dydaktyczną. Uchwalono minima programowe wymagane przy kwalifikacji osób kierownictwa w specjalności górniczej i wiertniczej

w zakładach górniczych wydobywających kopaliny otworami wiertniczymi. I w końcu – podjęto inicjatywę ustawodawczą mającą umożliwić absolwentom Wydziału ze specjalnością Inżynieria Gazownicza ubieganie się o przyznanie uprawnień budowlanych w specjalności instalacyjnej w zakresie instalacji sieci i urządzeń gazowniczych.

W uroczystości wzięli udział: prorektor AGH do spraw ogólnych prof. dr hab. inż. Tadeusz Słomka, dziekan Wydziału Górnictwa i Geoinżynierii prof. dr hab. inż. Jerzy Klich oraz dziekan Wydziału Geologii, Geofizyki i Ochrony Środowiska prof. dr hab. inż. Jacek Matyszkiewicz.

Wśród zaproszonych gości spoza uczelni obecni byli m.in.: mgr inż. Stanisław Radecki z PGNiG SA, prof. dr hab. inż. Waclaw Trutwin z Instytutu Mechaniki Centrum PAN, prof. dr hab. inż. Józef Raczkowski z Instytutu Nafty i Gazu, mgr inż. Piotr Bukalski – dyrektor Wyższego Urzędu Górniczego w Katowicach, mgr inż. Piotr Niewiarowski – dyrektor Oddziału PGNiG SA Zakład Gazowniczy w Krakowie, mgr inż. Ryszard Ryba – dyrektor Oddziału Operator Gazociągów Przesyłowych Gaz-System SA Oddział w Tarnowie, mgr inż. Jan Liszka – dyrektor Oddziału PGNiG SA Oddział Zakład Gazowniczy w Jaśle, mgr inż. Stanisław Zajdel – prezes zarządu PGNiG SA Poszukiwania Nafty i Gazu Kraków, mgr inż. Józef Lenart – prezes zarządu PGNiG SA Poszukiwania Naftowe „DIAMENT” Sp. z o.o., mgr inż. Józef Nalepa – wiceprezes Oddziału Poszukiwania Nafty i Gazu Jasło Sp. z o.o., dyrektor Oddziału „NAFTGAZ” w Wołominie, mgr inż. Jan Kruczak – prezes zarządu Poszukiwania Nafty i Gazu Jasło Sp. z o.o., mgr inż. Sławomir Sadowski – członek Rady Nadzorczej Przedsiębiorstwa Poszukiwań i Eksploatacji Złóż Ropy i Gazu PETROBALTIC, mgr inż. Ryszard Pieniążek – wiceprzewodniczący Rady Nadzorczej Przedsiębiorstwa Poszukiwań i Eksploatacji Złóż Ropy i Gazu PETROBALTIC, mgr inż. Adam Kłys – prezes DALBIS z Radzionkowa, mgr inż. Tadeusz Wiewiórski – dyrektor Zespołu Szkół Ponadgimnazjalnych nr 4 im. I. Łukasiewicza w Krośnie, Krzysztof Haczek – prezes zarządu „POLDE” Sp. z o.o. oraz dr inż. Stanisław Szafran – sekretarz generalny Stowarzyszenia Inżynierów i Techników Przemysłu Naftowego i Gazowniczego.

Uroczystość zakończył wykład prof. dr hab. inż. Ludwika Zawiszy pt. *Hydrodynamiczne modelowanie basenów naftowych*.