

Beata KŁOJZY-KARCZMARCZYK*, Artur KARCZMARCZYK**

Systemy grzewcze z pompą ciepła jako element realizacji założeń programów ochrony środowiska

STRESZCZENIE. Program ochrony środowiska wraz z przyjętymi w nim celami oraz działaniami powinien obejmować zagadnienia spójne z całością realizowanych zadań przez jednostki administracji terenowej. Jednym z istotnych elementów realizacji polityki ekologicznej jest możliwe wykorzystanie energii ze źródeł odnawialnych. Wzrost udziału odnawialnych źródeł energii w bilansie paliwowo-energetycznym przyczynia się niewątpliwie do poprawy efektywności wykorzystania i oszczędzania zasobów energetycznych kraju oraz poprawy stanu środowiska przyrodniczego (redukcja emisji zanieczyszczeń do atmosfery i wód oraz redukcja ilości wytwarzanych odpadów). Programy ochrony środowiska na szczeblu powiatowym i gminnym często ujmują problematykę wykorzystania źródeł energii odnawialnej dla realizacji zadań z zakresu ochrony powietrza atmosferycznego oraz z zakresu ochrony zasobów naturalnych. Zadania stawiane do realizacji przez poszczególne jednostki to: weryfikacja występowania, możliwości zasobowych oraz możliwości wykorzystania źródeł energii odnawialnej (energia słoneczna, zasoby wód podziemnych, zasoby wód kopalnianych, ciepło gruntu, biogaz) oraz zwiększenie udziału energii otrzymywanej z surowców odnawialnych w całkowitym zużyciu energii.

Wykorzystanie pomp ciepła w systemach grzewczych znajduje coraz częściej zastosowanie do ogrzewania budynków oraz przygotowywania ciepłej wody użytkowej. Podstawowe źródła ciepła dla instalacji z pompą ciepła to: środowisko gruntowe, wody podziemne, powierzchniowe i technologiczne oraz powietrze atmosferyczne zewnętrzne i wewnętrzne. Systemy grzewcze z pompą ciepła wraz z zasadami wykorzystania energii zgromadzonej w środowisku

* Dr inż. — Instytut Gospodarki Surowcami Mineralnymi i Energią PAN, Pracownia Badań Środowiskowych i Gospodarki Odpadami, Kraków; e-mail: beatakk@min-pan.krakow.pl

** Mgr inż. — Stiebel Eltron Polska Sp. z o.o., Warszawa; e-mail: karczmarczykaaa@wp.pl

Recenzent: prof. dr hab. inż. Eugeniusz MOKRZYCKI

gruntowo-wodnym podlegają wybranym zapisom ustawy Prawo ochrony środowiska oraz ustawy Prawo geologiczne i górnicze i Prawo wodne. Na podstawie przeprowadzonej analizy można sądzić, że przy racjonalnym wykorzystaniu energetycznych zasobów odnawialnych środowiska gruntowo-wodnego, zagrożenie dla środowiska przyrodniczego jest niewielkie, a taki sposób postępowania będzie stanowić doskonały element realizacji założeń polityki ekologicznej jednostek w zakresie ochrony powietrza atmosferycznego i ochrony bazy surowcowej Polski.

SŁOWA KLUCZOWE: pompy ciepła, program ochrony środowiska, środowisko gruntowo-wodne

Program ochrony środowiska a polityka ekologiczna państwa

Program ochrony środowiska wraz z przyjętymi w nim celami oraz działaniami powinien obejmować zagadnienia spójne z całością realizowanych zadań przez jednostki administracji terenowej (zarówno samorządowej, jak i rządowej). Podstawową zasadą, przyjmowaną w działaniach jest zasada zrównoważonego rozwoju, która zapewnia prowadzenie szerokiej działalności gospodarczej i społecznej przy jednoczesnym ograniczaniu lub eliminowaniu degradacji środowiska przyrodniczego. Zgodnie z ustawą Prawo ochrony środowiska zarząd województwa, powiatu i gminy w celu realizacji polityki ekologicznej państwa, sporządza odpowiednio wojewódzkie, powiatowe i gminne programy ochrony środowiska, uwzględniając wymagania wymienionej ustawy.

Programy ochrony środowiska opracowane w celu realizacji polityki ekologicznej państwa odzwierciedlają swoim zakresem zapisy ustawy z dnia 27 kwietnia 2001 roku Prawo ochrony środowiska (Dz.U. 2001.62.627 z późn. zm.). Polityka ekologiczna państwa, na podstawie aktualnego stanu środowiska, określa w szczególności: cele ekologiczne, priorytety ekologiczne, rodzaj i harmonogram działań proekologicznych, środki niezbędne do osiągnięcia celów, w tym mechanizmy prawno-ekonomiczne i środki finansowe.

Jednym z celów głównych polityki ekologicznej gmin i powiatów postawionych do osiągnięcia jest racjonalne gospodarowanie zasobami naturalnymi oraz podnoszenie świadomości ekologicznej mieszkańców. Realizacja wyznaczonych celów, kierunków i zadań ekologicznych, w odniesieniu do konkretnych elementów środowiska, jest elementem wypełniania zadań określonych w polityce ekologicznej państwa i powinna prowadzić do zrównoważonego rozwoju regionu.

W „II Polityce ekologicznej państwa” o charakterze długookresowym (ustalone cele ekologiczne do 2010 i 2025 roku) oraz „Polityce ekologicznej państwa na lata 2003—2006 z uwzględnieniem perspektywy na lata 2007—2010” przyjętej uchwałą Sejmu w roku 2002 zaznaczono, że programy ochrony środowiska mają być ukierunkowane na osiągnięcie głównie trzech celów:

❖ ochronę dziedzictwa przyrodniczego i racjonalne użytkowanie zasobów przyrody,

- ✧ zrównoważone wykorzystanie surowców, materiałów, wody i energii,
- ✧ poprawa jakości środowiska i bezpieczeństwa ekologicznego.

Jednym z istotnych elementów realizacji polityki ekologicznej jest możliwe wykorzystanie energii ze źródeł odnawialnych. Wzrost udziału odnawialnych źródeł energii w bilansie paliwowo-energetycznym przyczynia się niewątpliwie do poprawy efektywności wykorzystania i oszczędzania zasobów energetycznych kraju, poprawy stanu środowiska przyrodniczego poprzez redukcję emisji zanieczyszczeń do atmosfery i wód oraz redukcję ilości wytwarzanych odpadów. Odnawialne źródła energii mogą i powinny stanowić istotny udział w bilansie energetycznym poszczególnych gmin czy powiatów. „Strategia rozwoju energetyki odnawialnej” przyjęta uchwałą Sejmu w 2001 roku, wyznacza cele ilościowe udziału energii ze źródeł odnawialnych w latach 2010 oraz 2020, odpowiednio na poziomie 7,5% oraz 14% w bilansie energii pierwotnej.

Programy ochrony środowiska na szczeblu powiatowym i gminnym często ujmują problematykę wykorzystania źródeł energii odnawialnej dla realizacji zadań z zakresu ochrony powietrza atmosferycznego oraz z zakresu ochrony zasobów naturalnych. Zadania stawiane do realizacji przez powiaty oraz gminy w ramach zadań własnych, a także do realizacji przez zarządzających poszczególnymi obiektami lub ich właścicieli to często:

- ✧ weryfikacja występowania, możliwości zasobowych oraz możliwości wykorzystania źródeł energii odnawialnej (energia słoneczna, zasoby wód podziemnych, zasoby wód kopalnianych, ciepło gruntu, biogaz),
- ✧ zwiększenie udziału energii otrzymywanej z surowców odnawialnych w całkowitym zużyciu energii.

Ogólna charakterystyka systemów grzewczych z pompą ciepła

Wykorzystanie pomp ciepła w systemach grzewczych znajduje coraz częściej zastosowanie do ogrzewania budynków oraz przygotowywania ciepłej wody użytkowej, co przyczynia się znacząco do miejscowej likwidacji niskiej emisji. Realizacja systemów grzewczych z pompą ciepła przyczynia się do wzrostu udziału energii odnawialnej w całkowitym zużyciu energii, jest to więc alternatywne źródło ciepła.

W systemach pracy pomp ciepła wyróżnia się kilka układów. Jednym z nich jest układ dolnego źródła. Stanowić je może ośrodek (grunt, powietrze, woda) wraz z instalacją, dzięki której pozyskuje się energię ze środowiska niskotemperaturowego. Z definicji II zasady termodynamiki wynika, że ciepło może samorzutnie przepływać tylko od wyższego do niższego poziomu temperatury. W otaczającym środowisku przyrodniczym (powietrze, wodzie czy gruncie) znajdują się olbrzymie naturalne źródła energii o niskim potencjale,

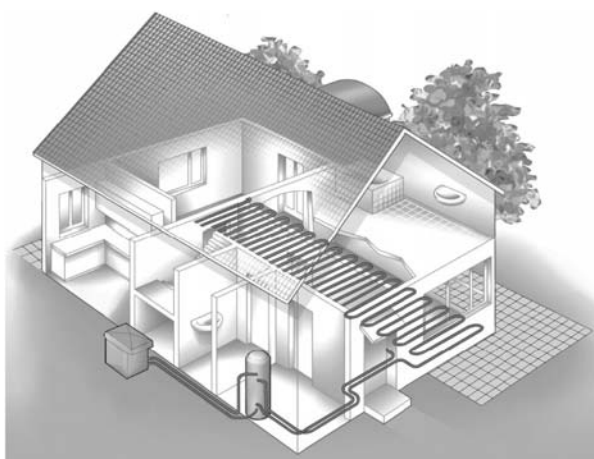
niskiej temperaturze. Źródła te mogą być wykorzystane, na przykład w celach grzewczych, jeżeli ich potencjał energetyczny przeniesiemy, poprzez dostarczenie dodatkowej energii, na wyższy poziom temperatury. Analogicznie do pompy cieczy, która pompuje wodę z niższego poziomu na wyższy, pompa ciepła transportuje energię cieplną z niższego poziomu temperatury na wyższy. Pompy ciepła są urządzeniami, których efektywność, sprawność jest bardzo wysoka, a dodatkowo charakteryzują się one długim okresem eksploatacji (Karczmarczyk 2003 a, b).

Proces transportu ciepła z ośrodka o niższej temperaturze do ośrodka o temperaturze wyższej możliwy jest jedynie przy udziale wysokowartościowej energii (egzergii) dostarczonej z zewnątrz. Energią tą jest energia elektryczna doprowadzona do napędu sprężarki będącej jednym z elementów obiegu termodynamicznego, który umożliwi transport ciepła. Ze względu na małą różnicę temperatur pomiędzy środowiskiem, z którego transportujemy ciepło, a środowiskiem, do którego to ciepło jest oddawane wykorzystanie środowiska gruntowo-wodnego zapewnia uzyskanie wysokich współczynników efektywności COP pompy ciepła.

Poniżej wymieniono główne źródła ciepła dla systemów grzewczych z pompą ciepła (Karczmarczyk 2003 b; Materiały techniczne Stiebel Eltron).

Powietrze zewnętrzne — zastosowanie nawet do minus 20°C, rozwiązania (rys. 1) stosowane dla małych, średnich i dużych mocy.

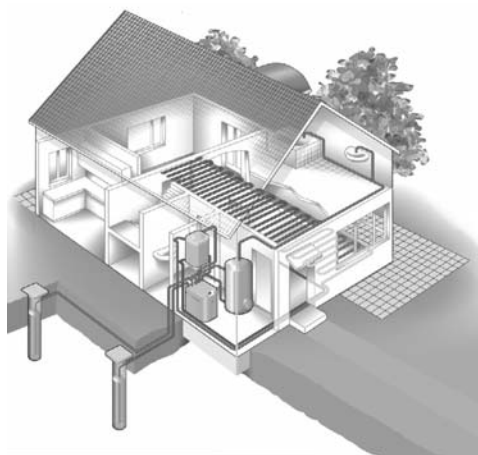
Powietrze wewnętrzne — np. technologiczne, zastosowanie do temperatur maks. 30—35°C, najczęściej rozwiązania małej i średniej mocy. Powietrze wewnętrzne często stosowane jest w pompach ciepła zajmujących się przygotowaniem c.w.u.; średnie wydajności powietrza to 400—500 m³/h.



Rys. 1. Pompa ciepła powietrze/woda na bazie powietrza zewnętrznego, wykonanie do zabudowy na zewnątrz (Materiały techniczne Stiebel Eltron)

Fig. 1. The heat pump air/water on the basis of external air (Stiebel Eltron technical papers)

Woda podziemna — bardzo atrakcyjne źródło ciepła ze względu na temperaturę wahającą się w granicach od 7,5 do 12°C. Dla układów typu woda/woda (rys. 2) uzyskuje się bardzo wysokie współczynniki efektywności (*Coefficient of Performance* — COP np. 5,6); rozwiązania od małej do dużej mocy; układ składa się z dwóch studni — eksploatacyjnej i zrzutowej; minimalna temperatura zastosowania około +7°C.



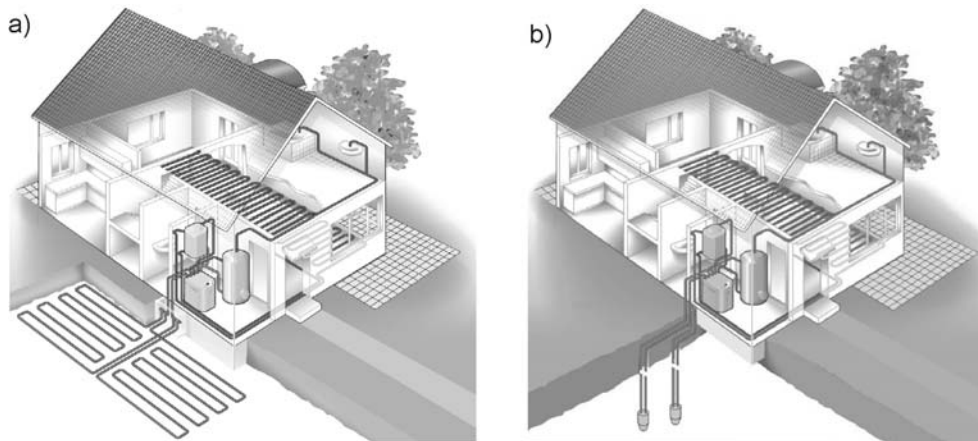
Rys. 2. Pompa ciepła w układzie dwóch studni — system woda/woda (Materiały techniczne Stiebel Eltron)

Fig. 2. The heat pump in the system of two wells — water/water system (Stiebel Eltron technical papers)

Woda powierzchniowa — okres zastosowania jest ograniczony od maja do września ze względu na temperatury. Zastosowanie — przygotowywanie c.w.u. w ośrodkach turystycznych, pensjonatach itd.

Woda technologiczna — istnieje możliwość wykorzystania ciepłej wody technologicznej np. z układów chłodzenia. Zwrócić należy uwagę w takich przypadkach na graniczną wartość temperatury odparowania czynnika roboczego. Na rynku polskim istnieje dostęp do pomp ciepła w których zastosowano ekologiczny czynnik roboczy R290. Pompy ciepła tego typu mogą pracować z temperaturą odparowania rzędu +35°C dla wody, +40°C dla glikolu, a po stronie gorącej +65°C. Do wód technologicznych należą też ścieki, które można wykorzystać stosując obiegi pośrednie.

Środowisko gruntowe — środowisko gruntowe jest bardzo dobrym, stabilnym źródłem ciepła. Mieszanina propylenglikolu i wody cyrkuluje w układzie rur z PE (polietylen) stanowiących kolektor gruntowy. Rozwiązań i sposobów wykonania kolektora gruntowego jest wiele. Najczęściej stosowane to kolektor płaski (rys. 3a), spiralny lub sondy pionowe (rys. 3b). Wielkość kolektora gruntowego oraz długość sond jest ściśle uzależniona od mocy pompy ciepła, dokładniej mocy strony chłodniczej i obliczana jest dla odpowiedniego punktu pracy. Każdy z producentów pomp ciepła ma swoje podejście do rozwiązania tego zagadnienia i nie można w 100% wykorzystywać jednych wytycznych projektowych dla wszystkich typów pomp ciepła różnych producentów. Głębokość ułożenia kolektora



Rys. 3. Pompa ciepła system gruntowy solanka/woda
 a — kolektor płaski; b — układ sond pionowych
 (Materiały techniczne Stiebel Eltron)

Fig. 3. The heat pump — ground system brine/water
 a — plane collector; b — set of vertical probes
 (Stiebel Eltron technical papers)

gruntowego to przedział od 1,2 do 2 m. ppt.; głębokość wykonania sond pionowych wynosi standardowo do 30—50 metrów, maksymalne długości sond to około 200—220 m. ppt.

Wybrane aspekty prawne i środowiskowe

Systemy grzewcze z pompą ciepła wraz z zasadami wykorzystania energii zgromadzonej w środowisku gruntowo-wodnym podlegają między innymi wybranym zapisom ustawy Prawo ochrony środowiska z dnia 27 kwietnia 2001 roku (Dz.U. 2001.62.627 z późn. zmianami) oraz ustawy Prawo geologiczne i górnicze z dnia 4 lutego 1994 roku (Dz.U. 94.27.96 z późn. zmianami) i ustawy Prawo wodne z dnia 18 lipca 2001 roku (Dz.U. 2001.115. 1229 z późn. zmianami).

W szczególności wykorzystanie wody podziemnej przez pompę ciepła podlega zapisom zawartym w ustawie Prawo wodne. Jest to szczególne korzystanie z wód w celach energetycznych. Wykorzystanie wód podziemnych przez pompy ciepła nie stanowi zwykłego korzystania z wód, gdyż nawet przy minimalnej mocy pompy ciepła, wymagany jest pobór wody w ilości większej niż 5 m³ na dobę. W czasie pracy pompy ciepła, istnieje ponadto możliwość obniżenia zwierciadła wody podziemnej lub jego spiętrzania. Zjawiska takie zachodzą, gdy woda jest pobierana i oddawana w zasięgu różnych warstw wodonośnych, nie połączonych ze sobą. Zgodnie z obowiązującym Prawem wodnym na szczególne

korzystanie z wód (cele energetyczne, odprowadzanie ścieków) oraz w przypadku mieszania wód z różnych warstw wodonośnych konieczne są pozwolenia wodnoprawne.

Wykorzystanie wód podziemnych w celach energetycznych wiąże się z możliwością zmian parametrów fizykochemicznych wód oraz warunków hydrodynamicznych w ujmowanych warstwach wodonośnych. Zmiana warunków hydrodynamicznych spowodowana piętrzeniem lub obniżaniem zwierciadła wód podziemnych prowadzi do zawodnienia strefy aeracji i rozpuszczenia związków mineralnych, wzrost mineralizacji wód podziemnych oraz długookresowe procesy glebotwórcze. Dla minimalizacji negatywnego wpływu należy zwrócić szczególną uwagę na budowę prawidłowego ujęcia wody i jej powrotu do tej samej warstwy wodonośnej oraz umiejscowienia studni zgodnie z kierunkiem spływu wód. Procesy kształtujące skład chemiczny wód podziemnych uzależnione są od wielu czynników (Macioszczyk, Dobrzyński 2002). Decydujące znaczenie odgrywają między innymi parametry fizyczne, głównie temperatura i ciśnienie. Temperatura jest podstawowym czynnikiem wpływającym na przebieg procesów hydrogeochemicznych, a wraz z jej obniżeniem zmienia się charakter przemian. Decyduje między innymi o stanie równowagi i szybkości przebiegu reakcji rozpuszczania minerałów i gazów oraz warunkuje występowanie określonych form substancji w wodach. Wykorzystanie wód przez pompy ciepła prowadzi do obniżenia temperatury wody powracającej do warstwy wodonośnej w zakresie 3—5K. Analiza zmian stanu nasycenia względem wybranych faz mineralnych przy obniżaniu temperatury co 2 K została przedstawiona we wcześniejszych pracach autorów (Kłojzy-Karczmarczyk, Karczmarczyk 2003, 2005). W trakcie obniżania temperatury następuje zmiana nasycenia roztworów względem analizowanych faz mineralnych. Generalnie wskaźniki nasycenia wód SI względem faz siarczanowych pozostają na tym samym poziomie w trakcie obniżania temperatury lub nieznacznie wzrastają. Wskaźniki nasycenia wód SI względem halitu wzrastają nieznacznie, gdyż zmniejsza się ich rozpuszczalność przy obniżaniu temperatury. Wskaźniki nasycenia wód SI względem analizowanych faz węglanowych zmniejszają się przy obniżeniu temperatury. Jest to efekt wzrostu rozpuszczalności faz węglanowych w wyniku wzrostu zawartości dwutlenku węgla. Zmiany te są jednak niewielkie.

Zapoczątkowana analiza będzie kontynuowana przez autorów w następnych latach. Planowane prace pozwolą na określenie mniej lub bardziej znaczących zmian parametrów środowiska gruntowo-wodnego i warunków hydrodynamicznych w środowisku w wyniku pracy instalacji z pompą ciepła. Można sądzić, że przy racjonalnym wykorzystaniu energetycznych zasobów odnawialnych środowiska gruntowo-wodnego, zagrożenie dla środowiska przyrodniczego jest niewielkie, a taki sposób postępowania będzie stanowić doskonały element realizacji założeń polityki ekologicznej jednostek w zakresie ochrony powietrza atmosferycznego i ochrony bazy surowcowej Polski.

Literatura

- [1] II polityka ekologiczna państwa — dokument przyjęty przez Radę Ministrów w czerwcu 2000 roku oraz przez Sejm RP w sierpniu 2001 roku, Warszawa.
- [2] KARCZMARCZYK A., 2003a — Pompy ciepła w aspekcie likwidacji niskiej emisji — najczystsza energia. Ekoprofit nr 1, s. 74—75.
- [3] KARCZMARCZYK A., 2003b — Pompa ciepła a projektowanie nowych instalacji grzewczych. Polski Instalator nr 6/2003, s. 12—15.
- [4] KŁOJZY-KARCZMARCZYK B., KARCZMARCZYK A., 2003 — Wykorzystanie wód podziemnych w aspekcie dolnego źródła dla pomp ciepła. Współczesne Problemy Hydrogeologii, tom XI, cz.2. Gdańsk-Jastrzębia Góra, s. 21—24.
- [5] KŁOJZY-KARCZMARCZYK B., KARCZMARCZYK A., 2005 — Wskaźniki nasycenia wód względem wybranych faz mineralnych przy zmianie temperatury z zastosowaniem pomp ciepła. Współczesne Problemy Hydrogeologii, tom XII. Toruń (w druku).
- [6] MACIOSZCZYK A., DOBRZYŃSKI D., 2002 — Hydrogeochemia strefy aktywnej wymiany wód podziemnych. Wydawnictwo Naukowe PWN. Warszawa.
- [7] Materiały Techniczne Stiebel Eltron Polska Sp. z o.o.
- [8] Polityka ekologiczna państwa na lata 2003—2006 z uwzględnieniem perspektywy na lata 2007—2010 — dokument przyjęty przez Radę Ministrów w grudniu 2002 roku, Warszawa.
- [9] Prawo geologiczne i górnicze — ustawa z dnia 4 lutego 1994 roku (Dz.U. 94.27.96 z dnia 1 marca 1994 roku) z późniejszymi zmianami.
- [10] Prawo ochrony środowiska — ustawa z dnia 27 kwietnia 2001 roku (Dz.U. 2001.62.627 z dnia 20 czerwca 2001 roku) z późniejszymi zmianami.
- [11] Prawo wodne — ustawa z dnia 18 lipca 2001 roku (Dz.U. 2001.115.1229 z dnia 11 października 2001 roku) z późniejszymi zmianami.
- [12] Strategia rozwoju energetyki odnawialnej — realizacja obowiązku wynikającego z rezolucji Sejmu RP z dnia 8 lipca 1999 roku w sprawie wzrostu wykorzystania energii ze źródeł odnawialnych. Dokument przyjęty uchwałą Sejmu RP w 2001 roku, Warszawa.

Beata KŁOJZY-KARCZMARCZYK, Artur KARCZMARCZYK

Heating systems with the heat pump as an element of realization of the assumptions of natural environment protection programmes

Abstract

Natural environment protection programmes and assumed targets and actions should comprise problems compatible with whole tasks performed by local administration units. One of the essential

element of ecological policy realization is efficient utilization of energy from renewable sources. The increase of renewable energy sources contribution in energetic-fuel balance causes the improvement of effectiveness of utilization and saving of national energetic resources as well as the improvement of the natural environment (reduction of pollutants' emission to atmosphere and waters and reduction of wastes). Environmental protection programmes, at municipality level, often include the problem of renewable energy sources utilization in realization of tasks in the field of atmosphere and natural resources protection. The tasks for realization comprise: revision of occurrence, possibility of renewable energy sources utilization (solar energy, underground water resources, mine water resources, ground heat, biogas) and the increase of renewable energy resources in total energy consumption.

The heat pumps in the heating systems are applied more frequent for buildings' heating and hot water preparation. The main heat sources for heat pump installations are as follows: ground; underground, surface and technological waters and external and internal atmospheric air. Heating systems with heat pumps and the rules of utilization of energy accumulated in ground — water environment are the subject of Environmental Protection Law regulations as well as Geological and Mining Law and Water Law. On the basis of performed analysis it can be supposed that the rational utilization of renewable energy resources of the ground — water environment causes the reduction of environmental hazard and such proceeding will be an excellent element of realization of ecological policy assumptions in the field on atmosphere and resources protection in Poland.

KEY WORDS: heat pump, environment protection programmes, ground — water environment