

ROLA CIEPLNEJ ENERGII ODPADOWEJ ORAZ ENERGII WÓD GEOTERMALNYCH W OCHRONIE ŚRODOWISKA PRZYRODNICZEGO

ROLE OF THERMAL WASTE ENERGY AND ENERGY OF GEOTHERMAL WATERS IN THE PROTECTION OF NATURAL ENVIRONMENT

STRESZCZENIE

Obniżanie czy zapobieganie zanieczyszczeniu środowiska jest jednym z poważniejszych problemów, z którym boryka się ludzkość. Przesadą byłoby stwierdzenie, że wykorzystanie ciepłej energii odpadowej powstającej w przemyśle i energii geotermalnej zamiast paliw kopalnych będzie miało decydujący wpływ w skali globalnej. Nie mniej jednak wykorzystanie tych źródeł energii może zapewne prowadzić do znacznej poprawy w skali regionalnej, a nawet narodowej w obszarach, gdzie powstaje ciepło odpadowe czy występują wody geotermalne.

Energię wód geotermalnych i energię odpadową z przemysłu można wykorzystać jako zamienniki tradycyjnych nośników energii w sposób bezpieczny dla środowiska.

W niniejszej pracy rolę energii odpadowej w ochronie środowiska zostanie omówiona na przykładzie wykorzystania energii wód zrzutowych z energetyki. W publikacjach i doniesieniach ze świata proponuje się wykorzystanie tak energii ciepłej odpadowej z przemysłu jak i energii wód geotermalnych, głównie, do produkcji żywności poprzez zastosowanie do: prowadzenia upraw hydroponicznych, hodowli drobiu, chowu trzody chlewnej i ryb oraz podgrzewania gruntów uprawnych oraz ogrzewania powietrza w szklarniach i cieplarniach w celu wydłużenia sezonu wegetacyjnego.

W wyniku prac badawczych przeprowadzonych na obiektach z podgrzewaniem gleby uzyskano efekty bardzo istotne nie tylko z punktu widzenia ochrony środowiska, ale także i gospodarcze.

* * *

WSTĘP

Zanieczyszczenie środowiska jest jednym z poważniejszych problemów, z którym boryka się ludzkość. W alarmującym tempie następuje degradacja środowiska przyrodniczego. Kilka dziesiątków lat niekontrolowanego uwalniania się do atmosfery gazów pochodzących ze spalania paliw kopalnych i innych procesów przemysłowych powoduje ogromne szkody

ABSTRACT

Abating or preventing environmental contamination is one of the substantial challenges that the humans have to face. One would exaggerate stating that utilization of thermal waste energy from industry and geothermal energy instead of fossil fuels combustion may have a global impact. Nevertheless, an effective use of these energy sources may lead to a significant improvement of the state of environment on regional, if not national scale especially in areas abundant in thermal waste energy or where geothermal waters occur.

Energy of geothermal waters and waste energy can be utilized to replace conventional energy carriers in an environmentally friendly manner.

This study presents the role of waste energy in environmental protection on the example of utilizing discharge waters from electricity production processes. World literature sources propose applying waste heat energy from industry as well as geothermal waters mainly for food production: in hydroponics cultivation, poultry farming, stock-farming, fish breeding, soil heating and heating the air in greenhouses and foil tunnels to expand the vegetation season.

Achievements from the performed experiments were very important not only from the viewpoint of environmental protection, but economically relevant as well.

* * *

INTRODUCTION

Environmental pollution is one of the substantial challenges that the humans have to face. Deterioration of the natural environment progresses at an alarming rate. Decades of uncontrolled atmospheric emission of gaseous pollutants from combustion of fossil fuels and other industrial processes have caused severe environmental damages. Lack of effective systems protecting wa-

w środowisku. Brak systemu ochrony wód i gleb przed odpadami i ściekami prowadzi nieuchronnie do degradacji i tych elementów środowiska. Rozwiązanie tego problemu w skali globalnej może być prowadzone poprzez sumę wielu cząstkowych rozwiązań.

Byłoby przesadą stwierdzenie, że wykorzystanie ciepłej energii odpadowej, powstającej w przemyśle i energii geotermalnej, zamiast paliw kopalnych będzie miało decydujący wpływ w skali globalnej. Nie mniej jednak wykorzystanie tych źródeł energii może zapewne prowadzić do znacznej poprawy w skali regionalnej, a nawet narodowej w obszarach, gdzie powstaje ciepło odpadowe czy występują wody geotermalne.

ENERGIA (WTÓRNA) ODPADOWA

Energia (wtórna) odpadowa stanowi część potencjału energii odzyskiwanej z procesów technologicznych i grzewczych, która w tych procesach nie jest w pełni wykorzystywana. Występuje ona w 3-ch podstawowych postaciach, a mianowicie jako paliwo odpadowe, ciepło odpadowe i odpadowe nadwyżki ciśnienia. Są to np. gazy palne wydobywane z pieców topniczych, gazy z procesów chemicznej przeróbki węgla i ropy, gazy występujące przy wydobywaniu węgla i ropy naftowej i ciepło fizyczne zawarte w czynnikach wymuszonego chłodzenia urządzeń technologicznych, ciepło fizyczne zawarte w gorącej wodzie czy parze odprowadzanej z urządzeń technologicznych [8].

W niniejszej pracy rola energii odpadowej w ochronie środowiska zostanie omówiona na przykładzie energii wód zrzutowych z energetyki.

W krajowym systemie energetycznym przeważają elektrownie ciepłownicze wykorzystujące do produkcji energii elektrycznej węgiel kamienny czy brunatny. Tylko część ciepła wytworzonego w kotle i dostarczonego do układu turbina-skrapacz jest zamieniana na energię elektryczną. Stosunek energii cieplnej zamienionej na energię elektryczną do całkowitej ilości energii zużytej w procesie wytwarzania stanowi o sprawności elektrowni brutto. Stosowane u nas technologie produkcji energii elektrycznej pozwalają na wykorzystanie 30-35 % energii cieplnej zawartej w pierwotnych nośnikach energii. Pozostała ilość ciepła tj. 5000-6300 kJ/kWh jest odbierana ze zrzutowej wody chłodzącej i odprowadzana do atmosfery (w chłodniach kominowych przy zamkniętym obiegu chłodzenia) lub do otwartych zbiorników wodnych. Dla ochrony środowiska istotne jest, ile ciepła wytworzonego w kotle jest przekazane do wody chłodzącej. W elektrowniach konwencjonalnych jest to 43-45 % [9].

Energia cieplna przekazana wodzie chłodzącej (ściek zanieczyszczony ciepłem) jest wydalana do otoczenia w wyniku parowania, konwekcji, promieniowania i przenikania. Wymienione procesy zachodzą w odbiornikach wody chłodzącej, którymi są rzeki, jeziora, zbiorniki lub chłodnie. Odprowadzanie podgrzanej wody do otwartych zbiorników wodnych jest

ter and soil against wastes and sewage has resulted in degradation of the key components of the natural environment.

One would exaggerate stating that utilization of thermal waste energy from industry and geothermal energy instead of fossil fuels combustion may have a global impact. Nevertheless, an effective use of these energy sources may lead to a significant improvement of the state of environment on regional, if not national scale especially in areas abundant in thermal waste energy or where geothermal waters occur.

WASTE (RECYCLABLE) ENERGY

Waste (recyclable) energy is a part of energy from technological and thermal processes, in which this potential has not been fully used. There are three basic forms of waste energy: waste fuel, waste heat and waste pressure. Flammable gases from hearth furnaces, gases from chemical processing of coal and crude oil, gases generated at coal and crude gas extraction as well as cooling factors contained physical heat of industrial facilities, physical heat of hot water or steam discharged from industrial installations are examples of waste energy which could be recycled [8].

The goal of this study is to discuss the role of waste energy in the protection of environment based on the example of utilizing the energy of wastewater from the power industry.

Hard or brown coal fired power plants predominate in Polish energy production system. Only a portion of heat generated in a boiler and transmitted via steam to the turbine-condenser system is converted to electricity. The gross power plant efficiency is expressed by the rate of thermal energy converted to electric energy and the total energy consumed in the production process. Technologies for electric power production applied in Poland allow utilizing 30-35 % of thermal energy comprised in the original energy source. The remaining portion of heat i.e. 5.000 – 6.300 kJ/Wh is rejected to the cooling tower and emitted to the atmosphere (in closed system cooling towers) or discharged to open water bodies. It is important from the viewpoint of environmental protection how much heat generated in a boiler is transmitted to the cooling water. In conventional power plants it is usually 43-45 % [9].

Thermal energy comprised in cooling water (heat polluted wastewater) is discharged to the environment by evaporation, convection, radiation or transmission. The mentioned processes take place in the cooling water receivers such as lakes, rivers, reservoirs or cooling towers. The most economic way of cooling is the discharge of heated water to open water bodies. Impacted by such discharge, the temperature of river water may increase by 2-4 °C while in reservoirs without outlet: by 4-6 °C.

najbardziej ekonomicznym sposobem chłodzenia. Pod wpływem wód podgrzanych temperatura w rzekach podwyższa się o 2-4 °C, a w zbiornikach bezodpływowych średnio o 4-6 °C.

Wprowadzenie do wód powierzchniowych dużych ilości ciepła wpływa na zmiany w ekosystemie rzek i zbiorników. Zmienia się zarówno biotop jak i biocenoza środowiska wodnego. Do najważniejszych elementów biotopu, które mogą ulec zmianie należą: temperatura wody, gęstość i lepkość wody, zawartość rozpuszczonych gazów - tlenu i dwutlenku węgla (tlen warunkuje życie biologiczne oraz bierze udział w procesach biotopu i biocenozy, zawartość jego zmniejsza się wskutek szybszego procesu samooczyszczania się wody- utleniania substancji organicznych; wzrost temperatury o 1 °C powoduje przyrost samooczyszczania się o 3 %), zawartość substancji rozpuszczalnych.

Wielkość tych zmian zależy od stopnia zanieczyszczenia wód substancjami organicznymi i nieorganicznymi (przede wszystkim związkami fosforu i azotu).

Podwyższenie temperatury oraz zmniejszenie zawartości tlenu w wodzie stwarzają trudne warunki życia dla zoo- i fitoplanktonu, niektóre gatunki giną wręcz bezpowrotnie.

W/g stosownego Rozporządzenia Ministra OŚNiL [14] ustalono trzy klasy czystości wód powierzchniowych. Dopuszczalne temperatury wynoszą 22 °C dla I klasy czystości, a 26 °C dla II i III. Dopuszcza się podwyższenie temperatury o 2 °C, jeżeli temperatura naturalna wody jest równa lub wyższa od określonych dla poszczególnych klas czystości i pod warunkiem, że nie spowoduje to szkodliwego zakłócenia równowagi biologicznej odbiornika.

Wpływ zamkniętych obiegów chłodzenia na ochronę środowiska obejmuje atmosferę, klimat, gleby i wody powierzchniowe. Podstawowym obiektem, mającym wpływ na otoczenie, są chłodnie. Chłodnie mokre wydają do atmosfery powietrze o podwyższonej temperaturze i wilgotności. Tworzy ono po wyjściu z chłodni smugę pary widzialnej i niewidzialnej.

Oddziaływanie jej na otoczenie może przejawiać się w:

- zwiększeniu gęstości i częstości występowania mgieł (chłodnie o wysokości komina 100 m praktycznie nie wywołują mgieł),
- opadaniu kropli wody na przyległy teren - tzw. roszenie (zasięg 300-500 m),
- tworzeniu się szronu i oblodzenia w okresach ujemnej temperatury powietrza,
- zakłóceniu naturalnego rozwoju chmur i opadów atmosferycznych (opady ze sztucznych chmur mogą obejmować teren o promieniu 2,5 km wokół chłodni, zwiększenie opadów na tym terenie nie przekracza 1 mm/a),
- zmniejszeniu nasłonecznienia wokół chłodni (mniejsze nasłonecznienie w wyniku wydłużenia się okresu pogody chmurnej oraz powstawania cienia smugi widzialnej w okresach słonecznych; badania wykazują dość znikome zmniejszenie nasłonecznienia

Transmission of large volume of heat into surface waters results in changes to rivers and reservoirs ecosystems. Both biotope and the biocoenosis of the water environment undergo changes. Among biotope elements the following are most exposed to changes: water temperature, its density and viscosity, content of soluble substances, content of dissolved gases: oxygen and carbon dioxide (oxygen regulates biological life and participates in biotope and biocoenosis processes. Oxygen content decreases when natural attenuation processes in water intensify i.e. oxidation of organic substances). An increase of water temperature by 1 °C results in an intensification of natural water attenuation processes by 3 %.

The degree of the mentioned changes depends on the level of water contamination with organic and inorganic substances (mainly phosphorus and nitrogen compounds).

Elevated temperature and reduced oxygen content in water create unfavorable conditions for zoo- and phytoplankton life; some species may become extinct.

Following the regulation of the Minister of Environment, Natural Resources and Forestry [14], three classes of surface waters purity have been set. For individual categories permissible temperature levels were set as follows: for class I water purity – 22 °C, for class II and III water purity – 26 °C. An increase of water temperature by 2 °C is permitted when the natural temperature of water is the same or higher than the temperature set up for individual water purity classes and under condition that the elevated temperature will not cause a negative impact on the biological equilibrium of the receiving water.

Closed cooling systems may impact the following elements of the environment: atmosphere, climate, soil and surface waters. The cooling towers cause the strongest impact as they emit air of elevated temperature and humidity. Plumes of visible and invisible steam are formed.

The steam may influence the surrounding environment in a number of ways:

- increased frequency and density of fogs (cooling towers of height below 100 m practically do not cause fogs)
- fall of water droplets on adjacent area – “sprinkling” (range 300 – 500 m)
- hoard frost and icing at negative air temperatures
- disturbance of the natural development of clouds and precipitation (precipitation from artificial clouds may occur in the range of 2.5 km from the cooling tower; increase of precipitation in this area does not exceed 1mm/year)
- reduction of insolation in the vicinity of tower (sunshine duration reduced in the consequence of expanded cloudy weather periods and formation of a plume shadow visible in sunshine periods; research shows relatively insignificant changes in area insolation in the range of 1500 – 2000 m from

terenu tzn. w promieniu 1500-2000 m od chłodni zmniejszenie czasu nasłonecznienia wynosi mniej niż 1 %).

Badania mikrobiologiczne smugi pary wykazały, że występuje w nich mniejsza ilość mikroorganizmów niż w wodach powierzchniowych. Zmiękczenie wody dodatkowej oraz chlorowanie hamują rozwój mikroorganizmów.

Zasolenie wody chłodzącej może być w pewnych przypadkach bardzo duże (ok. 3000 mg/dm³) a wtedy rośnienie i zwiększone opady mogą zwiększyć zasolenie gleb.

Smuga z mokrej chłodni może połączyć się z pyłami i gazami emitowanymi z kominów elektrowni co np. w połączeniu z SO₂ powoduje powstanie kwasu siarkowego, a osiadając wpływa niekorzystnie na otaczające gleby i rośliny [9].

W publikacjach i doniesieniach ze świata proponuje się wykorzystanie energii cieplnej odpadowej, głównie do produkcji żywności w następujący sposób:

- do prowadzenia upraw hydroponicznych,
- do hodowli drobiu, trzody chlewnej, ryb itp.,
- do podgrzewania gruntów uprawnych w celu wydłużenia sezonu wegetacyjnego,
- do ogrzewania powietrza w szklarniach i cieplarniach [12,13].

Wykorzystanie ciepłych wód zrzutowych w uprawach hydroponicznych pozwoliło osiągnąć 4-8 krotny przyrost uprawianych warzyw o lepszej jakości niż w przypadku upraw tradycyjnych [13].

W wielu publikacjach przedstawiono także pozytywne wyniki z wykorzystania w/w energii odpadowej do podgrzewania pomieszczeń inwentarskich. Przy optymalnych temperaturach pomieszczeń uzyskiwano bowiem najwyższe przyrosty biomasy hodowlanej przy możliwie niskim zużyciu pasz [13].

Pozytywne efekty uzyskiwano także w hodowli ryb, osiągając szybsze i większe przyrosty masy ciała w porównaniu do warunków naturalnych. Sezon hodowlany wydłużał się ponadto ze 150 do 300 dni w roku (amur *Ctenopharyngodon idella*, tałpyga *Chypophthalmichthys molitrix*, sum afrykański *Silurus glanis afr.*) [13].

Wiele badań przeprowadzono w oparciu o wykorzystanie energii odpadowej do podgrzewania gleb w celu prowadzenia produkcji warzyw [12].

W wyniku przeprowadzonych prac badawczych i doświadczalnych uzyskano efekty:

- 1/ produkcyjne (znaczne wydłużenie sezonu wegetacyjnego, co w efekcie daje wielokrotnienie ilości upraw następujących po sobie, przyspieszenie plonowania warzyw o 10-32 dni, zwiększenie plonowania od 8-82 % w zależności od roku i rodzaju prowadzonych upraw tzn. pomidor, papryka, ogórek, sałata, rzodkiewka, kalarepa);
- 2/ w zakresie ochrony środowiska (wykorzystanie energii odpadowej, wyeliminowanie zanieczyszczeń, które powodowałyaby kotłownia przy tradycyj-

the cooling tower; shortening of sunshine duration was less than 1 %).

Microbiological tests showed that the number of microorganisms in a steam plume is smaller than in surface waters. Water softening and chlorination inhibit microbial development.

In some cases salinity of cooling water may be very high (approximately 3000 mg/dm³) and increased precipitation may result in elevated salinity of soils.

Steam plume from a wet cooling tower may bind with dusts and flue gases emitted from power plant stacks. In case of SO₂ it may result in the generation of sulphuric acid. Such acid rain precipitation negatively impacts the surrounding soils and plants [9].

Many publications and reports recommend utilization of thermal waste energy mainly for food production in the following manner:

- Hydroponics cultivation,
- Poultry farming, stock-farming, fish breeding, etc,
- Heating of arable soil to expand the vegetation season,
- Air heating in greenhouses [12,13].

Application of warm wastewater from power industry to hydroponics cultivation allowed increasing the growth intensity of crops by 4-8 times in comparison to traditional cultivation methods [13].

Literature sources report a positive effect in the case of utilizing warm wastewater from power industry for heating livestock buildings. The highest growth of biomass at possibly minimum fodder consumption was observed at optimum indoor temperature [13].

Also utilizing warm wastewater for fish breeding allowed achieving faster and larger body mass growth than in natural conditions. Moreover, the breeding season was expanded from 150 to 300 days in a year (white amur *Ctenopharyngodon idella*, silver carp *Chypophthalmichthys molitrix*, sheat fish *Silurus glanis afr.*) [13].

A number of studies were conducted addressing utilization of waste energy from power industry for soil heating in vegetable cultivation [12].

The following experimental results were obtained:

- 1/ production (significant prolongation of growing season which in consequence allows multiplying the number of subsequent crops, expedited harvesting time by 10 to 32 days, increase of yield from 8 to 82 % depending on year and type of crops, i.e. tomato, pepper, cucumber, lettuce, radish, kohlrabi);
- 2/ environmental protection (utilization of waste energy, elimination of pollutants which the heating plant could produce at conventionally heated crops. Within only 6 months, 10 Mg less of total dust is emitted to the environment, reduction emission of other pollutants is: 20 Mg of SO₂, 5 Mg of CO, 3 Mg of NO_x, 0.75 MG of aliphatic hydrocarbons, 0.04 Mg of benzopyrene);
- 3/ economic (saving 1200 Mg/ha of coal which would have to be burnt during the 6 months of traditional

nie podgrzewanych uprawach- w czasie 6-ciu m-cy oszczędzamy środowisku 10 Mg-pyłu całkowitego, 20 Mg SO₂, 5 Mg CO, 3 Mg NO_x, 0,75 Mg węglowodorów alifatycznych, 0,04 Mg benzo/a/pirenu);

- 3/ ekonomiczne (oszczędność 1200 Mg węgla, który należałoby zużyć ogrzewając przez 6 m.-cy tradycyjne tunele foliowe z uprawami warzyw). Współczynnik efektywności przy współczynniku dyskontowym $r=12\%$ dla nowatorskiego podgrzewania wynosi 1.12, podczas gdy dla tradycyjnego $E=0.42$ [12].

WODY GEOTERMALNE

Wody geotermalne są wiarygodnym źródłem energii i zostały odkryte w większości stron świata. Stanowią one często solanki o różnym stopniu mineralizacji (od 2 % do 30 % soli) rzadziej wody słodkie, lub o niewielkiej mineralizacji.

Najnowsze badania dokonują szacunku wielkości tych zasobów ciepła zawartego w interwale do głębokości 10 km, uznając je za ogromne, odpowiadające wielkości 3×10^{23} Mg węgla kamiennego. Obszary predysponowane do występowania energii geotermalnej związane są z obszarami współczesnej aktywności sejsmicznej i wulkanicznej najmłodszych faz orogenicznych, chociaż nie wyklucza się lokalnego występowania takich stref w obrębie starych płyt kontynentalnych [20].

Obecnie w świecie wykorzystuje się dwa rodzaje energii geotermalnej:

- a) energię zawartą w przegrzanej parze wodnej o temperaturze większej od 130 °C, znajduje zastosowanie głównie do napędu turbin w elektrowniach geotermalnych, do produkcji energii elektrycznej. Całkowita moc energii bezpośrednio stosowanej wynosi około 11 400 MWe.
- b) energię zawartą w wodach geotermalnych niskotemperaturowych (20-35 °C), średniotemperaturowych (35-80 °C), wysokotemperaturowych (80-100 °C) i bardzo wysokotemperaturowych (100-150 °C). Wody geotermalne wykorzystuje się jako bezpośrednie nośniki energii dla różnych celów m. in., w ogromnej skali, w komunalnych systemach ciepłowniczych przez ponad 50 lat, a do produkcji elektryczności w skali setek MWe przez ponad 30 lat [5,6,7].

Obecnie bezpośrednie wykorzystanie energii geotermalnej (centralne ciepłownictwo komunalne, uprawy szklarniowe, hodowla ryb, przemysł i kąpieliska) jest znane w około 40-u krajach na świecie, z czego w 14-u z mocą zainstalowaną ponad 100 MWt (termalnych).

Według polskich specjalistów [4,10,15-18] obszarami o najbardziej obiecującym potencjale geotermalnym w Polsce są: region Podhala, region Szczecin-Łódź i region Grudziądz-Warszawa. W sumie całkowite zasoby potencjalnej energii geotermalnej Polski wynoszą ponad 34,6 mld Mg p.u. i są wystarczająco duże dla

greenhouse heating). The efficiency coefficient at discount coefficient $r = 12\%$ for innovative heating system is 1.12, while for traditional heating $E=0.42$ [12].

GEOTHERMAL WATERS

Geothermal waters, found in many parts of the world, are a reliable source of energy. Geothermal waters most frequently occur as brines of various degrees of mineralization (from less than 2 % to 30 % of salt); sparingly as fresh groundwater, or slightly mineralized groundwater.

An attempt was made in the latest studies to assess the heat resources stored in thermal waters occurring in the interval down to a depth of 10 km.

They were assessed as abundant and correspondent to the amount of 3×10^{23} Mg of hard coal. Areas of potential geothermal water occurrence were usually related to the areas of current tectonic and volcanic activity of orogenic phases, however local occurrence of such zones within stable continental plateaus cannot be excluded.

Presently, two types of geothermal energy are utilized in the world:

- a) Steam energy of temperature higher than 130 °C, used mostly to drive turbines in geothermal power plants for electricity production
- b) Energy from low-temperature (20-35 °C), medium-temperature (35-80 °C), high-temperature (80-100 °C) and very high-temperature (100-250 °C) geothermal waters. The geothermal waters are utilized as direct energy carrier for different purposes e.g. large-scale applications such as municipal heating system and for electricity production in the scale of hundred MWe since 70's [5,6,7].

Currently, direct utilization of geothermal energy (municipal heating, greenhouse cultivation, fish breeding, industrial and swimming pools) is known in about 40 countries and in 14 countries as installed power above 100 MWe.

In the opinion of Polish scientists [4,10,15-18] areas representing the most promising geothermal potential in Poland are located in the Podhale region, Szczecin-Łódź region and Grudziądz-Warszawa region. Total potential resources of geothermal energy in Poland amount to above 34.6 mld Mg f.c. and are sufficient enough to utilize them as an alternative source of energy. Appropriately used, geothermal energy can be applied even in distant locations, and is non-aggressive towards the natural environment [15,18].

IMPACT ON THE ENVIRONMENT

Similar to any other industrial activity, utilization of geothermal resources entails a series of mutual environmental interactions.

podjęcia działań w zakresie wykorzystania ich jako alternatywnego źródła energii, a prawidłowe udostępnianie energii geotermalnej zapewnia jej długotrwałe wykorzystywanie i nieagresywność wobec środowiska [15,18].

WPŁYW NA ŚRODOWISKO

Wykorzystanie zasobów geotermalnych, podobnie jak w przypadku każdej innej działalności natury przemysłowej, pociąga za sobą całą serię wzajemnego oddziaływania ze środowiskiem.

Należy jednak zaznaczyć, że jest to duża koncentracja wykorzystania płynu na stosunkowo ograniczonym obszarze, co pozwala traktować problem ochrony środowiska z terenowego punktu widzenia w jednolitym kompleksie realizacji całego zadania.

Z drugiej strony, trzeba podkreślić, że w związku z długą tradycją i doświadczeniem zgromadzonym przez społeczność geotermalną [1,2] w zakresie wykorzystania naturalnego ciepła ziemi, istnieją technologie służące zapobieganiu lub kontrolowaniu niepożądanych wpływów na środowisko.

W porównaniu do większości innych źródeł energii, energia geotermalna jest względnie czysta, chociaż nie zawsze wolna od wpływu na środowisko. Najbardziej groźnymi skutkami, które mogą być powodowane przez wykorzystywanie energii geotermalnej są:

1. zakłócenia powierzchniowe

- wchodzenie pracami na tereny rolnicze,
- hałas podczas wszystkich faz wykonywania i opróbowywania odwiertów itd.,
- zasolenie gleby na terenie baz wiertniczych, i w ich otoczeniu solami pochodzącymi z odparowania gorących wód i mieszanin para-woda. itp.,
- odprowadzanie zużytej wody do gruntów, powierzchniowych cieków wodnych, jezior i in., kwaśne deszcze na obszarach otaczających zakłady geotermalne,
- mikrotzęsienia ziemi związane z zatłaczaniem wód do zamkniętych warstw wodonośnych podczas wiercenia otworów i/lub zatłaczania płynów,
- opadanie poziomu wód związane z czerpaniem dużych ilości płynu (woda, para, gaz) ze zbiornika,
- zajmowanie terenu i wizualne zmiany w krajobrazie, spowodowane budową rowów, oczyszczalni, placów roboczych, baraków, wodociągów, itp.),
- osiadanie gruntu w wyniku wydobywania cieczy ze skał zbiornikowych (wtedy gdy masa wydobytej ze zbiornika cieczy przekracza naturalny dopływ, co ma miejsce głównie w sytuacji braku zatłaczania wód po odzysku energii cieplnej),

2. efekty termiczne

- ### 3. emisje substancji chemicznych m.in. H_2S , CO_2 , Rn i in. oraz chmur nasyconej pary zawierającej toksyczne związki jak np. Hg, As, B i in. i związane z tym kwaśne deszcze w obszarach otaczających zakłady geotermalne [1,2].

Ciecze geotermalne zawierają zróżnicowaną ilość

It should be stressed however, that in the case of geothermal waters we have to deal with a high volume of liquid used over a relatively limited area. From the site viewpoint, it allows addressing the environmental protection aspect in a unified complex of the tasks.

On the other hand however, it should be underlined that due to a long tradition and experience of geothermal communities [1,2] in utilizing natural heat of the Earth, there are technologies which serve to prevent or control undesired impacts on the environment.

In comparison to other energy sources, geothermal energy is relatively clean, although not always free from environmental impact. The most serious effects that the utilization of geothermal energy may cause are as follows:

1. surface disturbances

- occupation of agricultural land,
- noise accompanying all phases of drilling,
- soil in the drilling sites and in their vicinity may become saline due to evaporation of salts from hot water and steam and water mixture,
- discharge of used water to soil, surface water bodies; acid rains in the vicinity of geothermal facilities,
- micro-earthquakes caused by forcing waters into closed deposits during drilling and / or liquid pumping,
- decrease of water level related to the extraction of large volumes of liquid (water, steam) from the reservoir,
- occupation of land and visual changes in landscape caused by construction of ditches, production plants, working sites and necessary facilities, piping etc.,
- ground subsidence due to liquid extraction from reservoir rock (when the mass of the extracted liquid exceeds the natural inflow).

2. thermal effects

- ### 3. release of the emissions chemical substances e.g. H_2S , CO_2 , SO_2 , Rn and clouds of saturated steam which include such toxic compounds as Hg, As, B and others, and accompanying acid rains in the areas adjacent to geothermal plants [1,2].

Chemical composition of geothermal liquids may vary. They usually contain such gases as nitrogen in the largest volume, then carbon dioxide and small quantities of hydrogen sulphide. Ammonia, mercury, radon and boron do not usually occur in amounts which may pose risk, however they require monitoring.

It should be underlined that gas emission from low-temperature geothermal sites is only a small percentage of emission observed in high-temperature sites where electricity is produced. Emission of gases, especially carbon dioxide facilitates the greenhouse effect.

One of the most serious gas is H_2S (the higher the temperature of a geothermal deposit, the more serious the problem). For this reason the well-known methods for reducing H_2S have been implemented [2].

gazów, najwięcej azotu i dwutlenku węgla oraz trochę siarkowodoru i mniejsze ilości amoniaku, rtęci, radonu i boru, które nie występują zazwyczaj w ilościach niebezpiecznych, ale wymagają monitorowania.

Należy podkreślić, że emisja gazów z pól niskotemperaturowych stanowi zaledwie część emisji, jaka występuje na polach wysokotemperaturowych, gdzie produkuje się energię elektryczną. Wyziewy gazu, szczególnie dwutlenek węgla przyczyniają się do efektu cieplarnianego

Jednym z największych problemów z dziedziny wycieków gazowych jest H_2S (im większa temperatura w zbiorniku geotermalnym tym większy problem). Z tego też powodu wprowadzono znane metody obniżania wartości H_2S [2].

Ilość CO_2 wyprodukowanego przez elektrownie geotermalne przypadająca na wytworzoną 1 kWh jest znacznie niższa od ilości wyprodukowanej przez elektrownie zawodowe.

Emisja gazów z zasobów niskotemperaturowych, wykorzystywanych w ciepłownictwie i w przemyśle jest w większości przypadków znikoma [2,3].

Zatłaczanie wody odpadowej eliminuje główne czynniki skażające środowisko, to znaczy termiczne, chemiczne jak i osiadanie gruntu. Równocześnie zasila zbiornik geotermalny, a zatem przedłuża istnienie zasobów. W niektórych przypadkach jest nawet preferowane zastosowanie obiegów zamkniętych (zbiornik wodonośny-odwiert produkcyjny-wymiennik ciepła-odwiert zatłaczający-zbiornik wodonośny) dla wyeliminowania przenikania jakichkolwiek płynów na powierzchnię.

Korzystne aspekty wykorzystania energii geotermalnej dla naszego środowiska można podzielić na dwie kategorie:

- energia geotermalna jako alternatywa wobec energii szkodliwej dla środowiska,
- energia geotermalna jako dobrodziejstwo dla ludzi.

Uciepłownienie Polski za pomocą energii geotermalnej i gazu ziemnego (w ciągu najbliższych 15-tu lat) pozwoliłoby na zmniejszenie dostawy do atmosfery szkodliwych produktów spalania o ok. 25-35 % w stosunku do stanu obecnego [16].

Energię wód geotermalnych można wykorzystać analogicznie jak w przypadku odzysku energii odpadowej z przemysłu. Odzysk energii z wód geotermalnych o wysokiej temperaturze powinien odbywać się kaskadowo np. ogrzewanie domostw-podgrzewanie zbiorników z hodowlą ryb ciepłolubnych - podgrzewanie gleb z wykorzystaniem do produkcji warzywniczej. Możliwość zagospodarowania energii cieplnej niskotemperaturowych wód geotermalnych jest analogiczna z ewentualnym opuszczeniem, któregoś z w/w ogniów.

The quantity of CO_2 emitted by geothermal power plants per 1 kWh of produced electricity is significantly smaller than in the case of traditional fossil fuel power plants.

Emission of gases from low-temperature resources, utilized in district heating and in industry is in most cases insignificant [2,3].

Injection of wastebrive eliminates the principal factors impacting the natural environment: i.e. thermal and chemical pollution and ground subsidence while at the same time prolonging the life of the resource. In some cases it is preferred to implement closed cycles (geothermal deposit - production borehole- heat exchanger – injection borehole – geothermal deposit) to eliminate the possibility of any liquid on the surface.

The beneficial aspects of geothermal water utilization upon the natural environment can be divided into two categories:

- geothermal energy as an alternative to energy posing risk to the environment,
- geothermal energy as benefit to humans.

In the period of the upcoming 15 years, utilization of geothermal waters and natural gas for heat supplies in Poland , would allow decreasing pollutant emissions by about 25-35 % in comparison to the present levels.

Energy of geothermal waters can be utilized similarly to the recycling waste energy from industry. Recycling of energy from high-temperature geothermal waters should be operated as a cascade system e.g. districts heating – heating thermophilic fish breed containers – heating soil for plants growing. An option of utilizing low-temperature geothermal waters is similar, with a possible omission of one of the mentioned above cascade elements.

LITERATURA / REFERENCES

1. Cataldi R., 1994. Ancient developments of geothermal energy in the Mediterranean area: from the Etruscan times to the end of Lower Middle Ages. *Konf. Nauk. AGH, Kraków*.
2. Cataldi R. 1994. Outline of general problems and costs of geothermal development, with particular reference to Europe. *Konf. Nauk. AGH*.
3. Fridleifsson I.B. 1993. The role of geothermal energy in environment protection. *TPGGiG*, nr 5-6.
4. Gładysz M., Sokołowska J., Sokołowski J. 1993. Geothermal plant in Poland. *TPGGiG*, nr 5-6.
5. Grabda M., Rosik-Dulewska Cz. 1997. Energetyka geotermalna na świecie i w Polsce - stan obecny i możliwości rozwoju. *Postępy Nauk Rolniczych*, nr 3.
6. Huttner G.W. 1995. The status of world geothermal power production 1990-1994. *World Geothermal Congress, Florencja*.
7. Jaudin F. 1993. Environmental and Economical Impact of a geothermal district heating on an urban area. *TPGGiG*, nr 5-6.
8. Jurasz F. *Gospodarka surowcami wtórnymi*. PWN W-wa 1989.
9. Kucowski J., Laudyn D., Przekwas M.: *Energetyka a ochrona środowiska*. WNT W-wa 1993.
10. Merlo C., Crema G.C. 1993. The role of geothermal energy in reducing atmosphere pollution – Application in Poland. *TPGGiG*, nr 5-6.
11. Rosik-Dulewska Cz. 1993. Ekonomiczne, produkcyjne i ekologiczne aspekty wykorzystania energii wód geotermalnych o najniższym przedziale temperatur. *TPGGiG* nr 5-6.
12. Rosik-Dulewska Cz. 1992. Wpływ podgrzewania gleby na zmianę jej właściwości oraz na plonowanie warzyw uprawianych w tunelach foliowych. *Praca hab. IPIS PAN, Prace i Studia* 41.
13. Rosik-Dulewska Cz. 1992. Niskotemperaturowa woda odpadowa z energetyki- efekty i sposoby jej zagospodarowania w rolnictwie. *Postępy Nauk Rolniczych*, 2.
14. Rozporządzenie Ministra Ochrony Środowiska, Zasobów Naturalnych i Leśnictwa z dn. 5 listopada 1991 r.
15. Sokołowski J. 1988. Koncepcja budowy zakładu geotermalnego i ochrony środowiska naturalnego na Podhalu. *Materiały na seminarium, Ludźmierz*.
16. Sokołowski J.: *Zasoby geotermalne Polski i możliwości ich wykorzystania w ochronie środowiska przyrodniczego*. *TPGGiG*, nr 5-6.
17. Sokołowski J., Długosz P., Bujakowski W.: *Stan obecny i projekty wykorzystania energii geotermalnej na Podhalu*. *TPGGiG*, nr 5-6.
18. Sokołowski J., Długosz P., Bujakowski W. 1992. The first geothermal plant in Poland. *TPGGiG*, nr 6.