



DOI: 10.21005/pif.2019.40.E-04

## **RESEARCH AIMED AT OBTAINING HIGH QUALITY OF AIR IN ARCHITECTURE AND URBAN PLANNING. EXAMPLE – THE POTOCKI PALACE AND PARK COMPLEX IN RADZYŃ PODLASKI – RESTORATION**

## **BADANIA DLA UZYSKANIA WYSOKIEJ JAKOŚCI POWIETRZA W ARCHITEKTURZE I URBANISTYCE. PRZYKŁAD – „ZESPÓŁ PAŁACOWO- PARKOWY POTOCKICH W RADZYNIU PODLASKIM – REWITALIZACJA**

### **Jan Wrana**

dr hab. inż. arch. Prof. uczelni  
ORCID: 0000-0002-4884-0418

Politechnika Lubelska  
Wydział Budownictwa i Architektury  
Katedra Architektury Współczesnej

### **Struzik Wojciech**

Sanitary Engineer

„WAKAD” sp. z o. o.

### **ABSTRACT**

The aim of the research is to indicate a new direction for generating renewable energy that may eliminate the HVAC heating and ventilation system EP and reduce the CO<sub>2</sub> emissions fourfold. The Potocki Palace in Radzyn Podlaski will be the first renovated palace building in the region with the lowest EP indicator, while maintaining the highest parameters for the indoor air and reduction of CO<sub>2</sub> (Project, 2019).

Key words: restoration, invitation, energy efficiency, renewable energy, reduction of CO<sub>2</sub> emissions

### **STRESZCZENIE**

Celem badań jest wskazanie nowego kierunku pozyskania energii z wód gruntowych, magazynu ciepła i chłodu, magazynu energii odnawialnej, która w instalacjach HVAC może wyeliminować z systemu wentylacji oraz ogrzewania EP i ograniczyć czterokrotnie emisję CO<sub>2</sub>. Pałac Potockich w Radzynie Podlaskim jako pierwszy rewitalizowany w Polsce, uzyska najniższy wskaźnik EP, z zachowaniem bardzo wysokich parametrów powietrza wewnętrznego wraz z redukcją CO<sub>2</sub> (Projekt, 2019).

Słowa kluczowe: rewitalizacja, innowacyjność, energooszczędność, odnawialność energii, redukcja emisji CO<sub>2</sub>.

## 1. INTRODUCTION

Currently, a serious problem of modern society is the ever-increasing CO<sub>2</sub> emissions, which affect climate change and the greenhouse effect. For thousands of years, the concentration of this gas in the atmosphere has remained constant and 97% of it came from natural sources. However, technological progress has been accompanied by an increase in CO<sub>2</sub> emissions, mainly as a result of energy obtained from burning fossil fuels, i.e. coal and gas. The fight against nature began as early as 1777, when James Watt constructed a steam engine. This breakthrough invention revolutionized the industry. Mechanical production gradually began to penetrate into agriculture and replaced craftsmanship. In addition, there was a rapid development of cities, urban agglomerations and demographic growth. All this became the cause of an increasing demand for energy from fossil fuels. Today, its production is responsible for about 70% of the world's greenhouse gas emissions. This is aggravated by burning, liquidation and forest fires, which not only increase CO<sub>2</sub> emissions, but also reduce the Earth's natural lungs. In addition, feeding the next billion people require an increase in the area of cultivated land at the expense of deforestation. The state of forest cover in e.g. North America by 2019 is only 33%, in Great Britain, as the cradle of industrial revolution, only 12%, while in the Netherlands – 11%. As successive research has shown, the deforestation rate is not weakening. Every year, 13 million hectares of forest are felled, i.e. 4 million more than, for example, the area of forests in Poland, which as a result leads to inevitable ecological disaster (2019).



Fig. 1. Potocki Palace in Radzyń Podlaski in 2015-2019. Source: Lublin University of Technology (archive)  
Ryc. 1. Pałacu Potockich w Radzynie Podlaskim lata 2015-2019. Źródło: Politechnika Lubelska (archiwum)

Many countries already have a proper environmental policy and implemented CO<sub>2</sub> reduction programmes, but current technologies and solutions fail to provide the expected results due to high costs and the generation of large amounts of CO<sub>2</sub> in the production of these devices, such as windmills, photovoltaic cells and electric vehicles. At the current state of technology, the inability to store energy on a large scale also constitutes a barrier. In the case of windmills, the problem is the lack of constant wind power, in the case of photovoltaic cells, the lack of sunshine during the exploitation period, especially at night, as well as during periods of greater cloudiness. All of this, despite the attractively generated green energy, does not provide with a constant output of the installation. Similarly, nuclear energy, which generates the cleanest energy, is not an energy security measure for the countries of Europe and the world. Figure 2 shows the energy structure of selected European countries: Germany, Great Britain, France and the Czech Republic. Each country is 13% to 75% dependent on nuclear energy. Previously built and already operated power plants are not safe, and the example of Fukushima Power Plant (Fig. 3) and a large area of pollution puts a question mark over such installations in Europe and the world. It is worth mentioning here the

current state of environmental pollution in Dai-ichi, Japan, where the Fukushima plant has been permanently polluting the environment since 2011 due to the need to cool two damaged reactors with water. In addition, the damaged reactors and the broken bottom plate are polluting the deep water, which has been systematically and radioactively poisoning the groundwater system and the entire bay for eight years now (FUKUSHIMA, 2019)

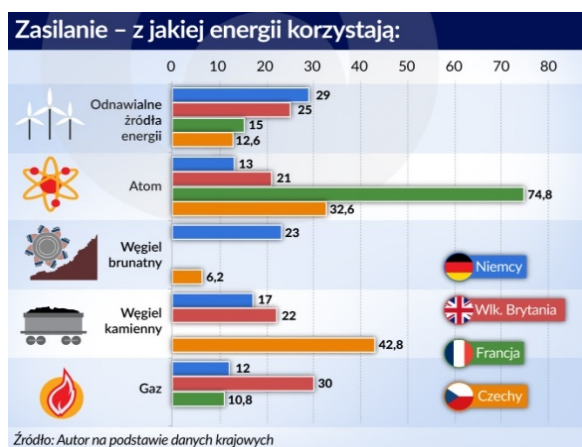


Fig. 2. Energy structure in selected countries. Source: (11)  
Ryc. 2. Struktura energetyczna w wybranych krajach. Źródło (11).



Fig. 3 Fukushima nuclear power plant Source: (12).  
Ryc. 3. Elektrownia atomowa Fukushima. Źródło: (12)

To meet the needs of ecology and the world, this paper presents a technology based on natural resources of renewable energy, unlimited space and time, allowing to naturally heat and cool buildings while reducing the operating costs of HVAC (heating ventilation air conditioning) installations and reducing CO<sub>2</sub> emissions. This technology can be successfully applied in historic buildings, including the Potocki Palace in Radzyń Podlaski. This building is one of the most beautiful Rococo residences in Poland and Europe. Its construction started in 1685. At the turn of 1749 and 1750 it was rebuilt, which determined its current shape. The whole building was built on a rectangular plan. On the north side, the square courtyard is surrounded by a two-storey Main Corpus of the Palace, behind which there is a Park. On the west and east side there are two side wings. From the south, the courtyard is surrounded by a wall with an entrance gate (Fig. 1). During the Second World War the palace was destroyed. After the war it was rebuilt and served as the seat of district institutions (Radzyń Podlaski, 2019). After the Palace was recovered by the City Authorities in 2017, a contract was signed with the Lublin University of Technology concerning the implementation of a project "Restoration of the Potocki Palace and Park Complex in Radzyń Podlaski - the Centre for Eastern Poland Culture" with the appointment of a chief designer and a tender for industry teams. This multi-discipline building project was agreed in the delegation of the Regional Conservator and with the Regional Fire Service in Lublin, and obtained a building permit in the District Governor's Office (Projekt, 2019).

Historical buildings, like office buildings, should serve both the comfort and health of employees, naturally fit in with their function and character in the needs of community, as well as meet the current requirements of the Technical Specifications. Moreover, while modernizing HVAC installations in historical buildings, it is also worth taking care of the environment, i.e. in fact our environment and future by the reduction of CO<sub>2</sub> emissions to a minimum. All this is to be achieved by introducing the technology described below.

## 2. TECHNOLOGY OF ENERGY ACQUISITION FROM GROUNDWATER

At the beginning it is worth mentioning the place of the presented technology in the geothermal types of the Polish Geological Institute (Fig. 4). The graphics show examples of geothermal energy and required drilling depths along with the theoretical water temperature that can be obtained from each installation.

The authors of this paper indicate the location of presented technology in Fig. 5. At a depth of about 50 m, i.e. less than half the depth of heat pumps, it is possible to achieve the parameters described in the following part of presentation. The installation will provide similar water parameters for Central and HVAC equipment in summer and winter. It should be noted that the described installation, apart from the above mentioned parameters, uses only circulation pumps for heating and cooling, which eliminates energy-intensive heat pumps, providing multiple EP and CO2 reductions (Rzyński G., 2011).

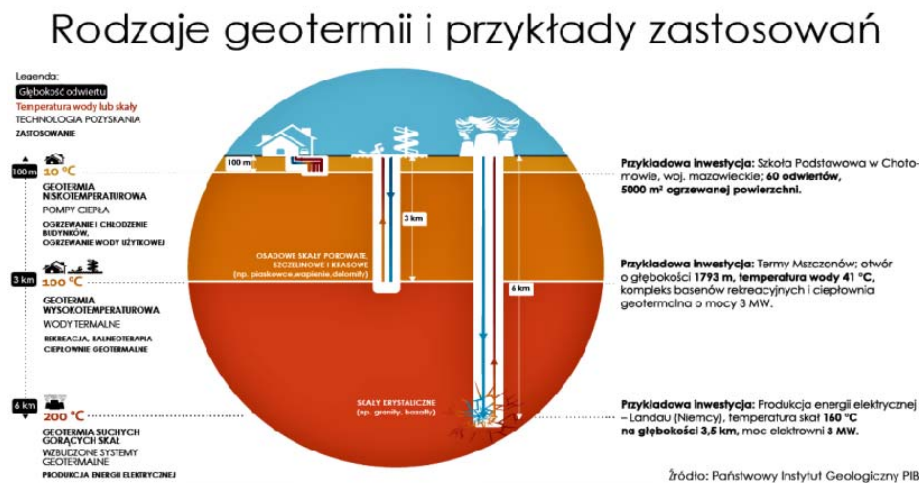


Fig. 4. Types of geothermal energy and application examples. Source: Polish Geological Institute

Ryc.4.Rodzaje energii geotermalnej i przykłady zastosowań. Źródło: Państwowy Instytut Geologiczny (Rzyński G., 2011).

Presented Technology is a great unlimited power, constant parameters regardless of the time of day and year, as well as the location of such an installation.



Fig. 5. Presentation of Technology in a section of heat pump installation. Source (Rzyński G., 2011).

Ryc. 5. Prezentacja Technologii na wycinku instalacji pomp ciepła. Źródło: (Rzyński G., 2011).



Using only the aforementioned circulation pumps, this technology provides heating and cooling to HVAC installations in a natural way. Reducing CO<sub>2</sub> at low operating costs will allow the Palace to return to its roots and obtain energy from natural and ecological warehouses of heat and cold in groundwater. At this point, it is worth to trace the parameters and temperatures of groundwater, which is a carrier of natural energy. After many years of research, which we have been conducting since 2013, we have our own table of groundwater temperature distribution depending on the season and depth of groundwater (Fig. 6). The distribution of temperatures in the borehole to the depth of 10 m is variable. After exceeding this depth, the temperature value is maintained at a constant level to a depth of 30 m. It is also worthwhile to trace the possibility of regeneration of the drilling. Figure 7 shows the temperatures of drillings in the scale of time and operation of the installation. Vertical installations of six pump systems indicate the expected regeneration of the ground exchanger. The energy is fully regenerated during 6 night hours of summer and gives the possibility to determine the velocity of water flow in the tested installations, as well as shows the lack of interaction between the installations (Biuro, 2012).

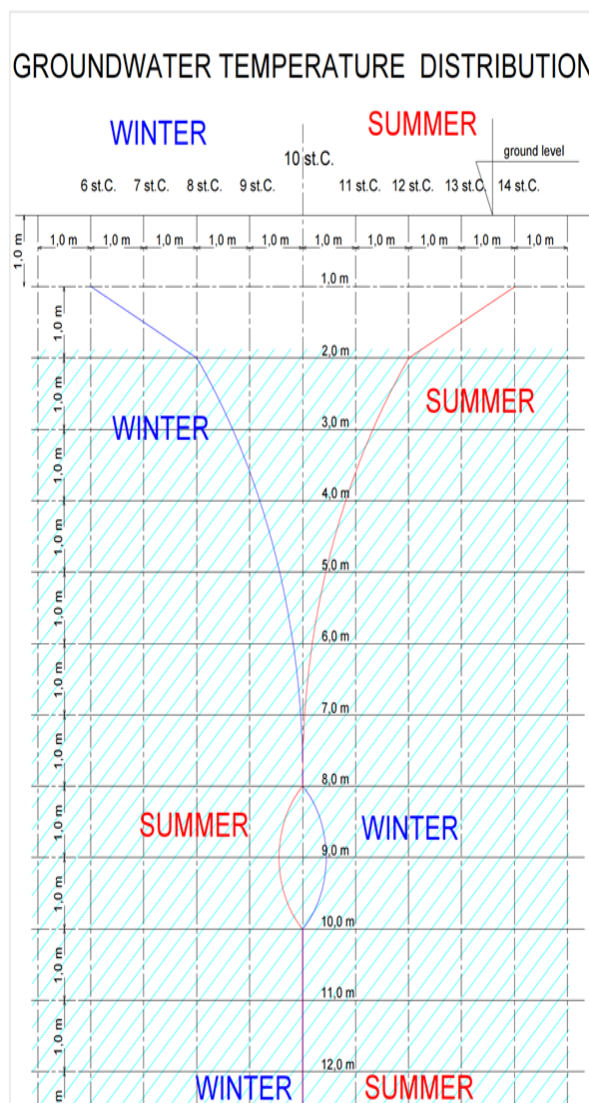
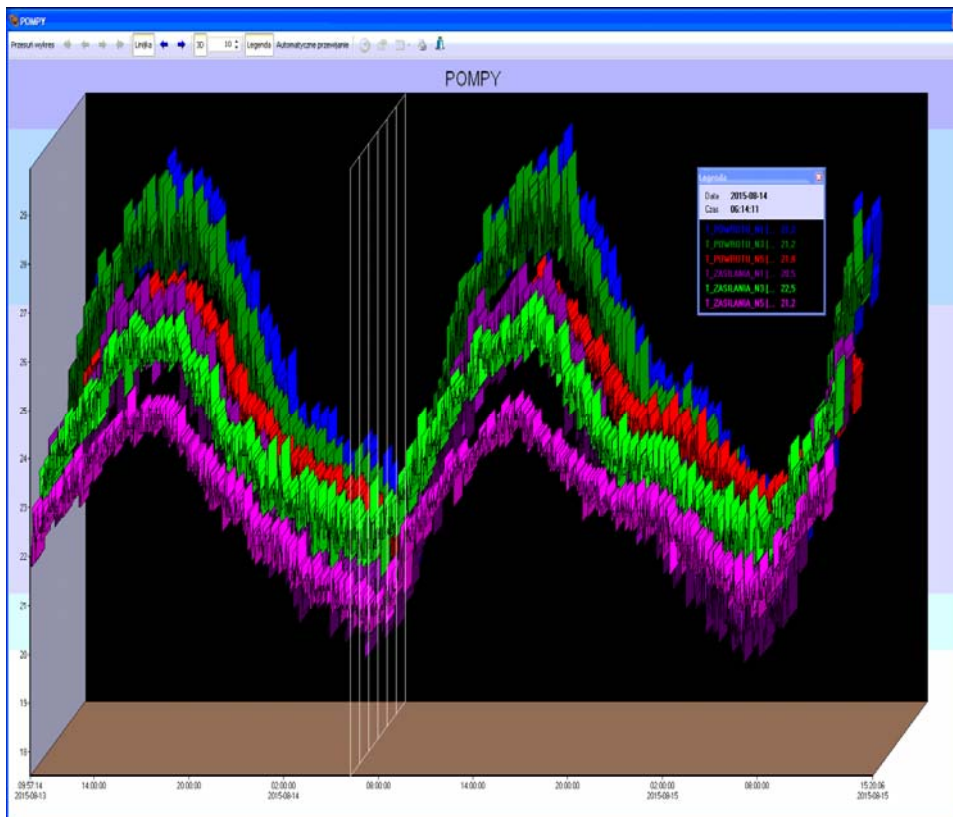


Fig. 6. Temperature chart Source: Source: the authors  
 Ryc. 6. Wykres temperatur Źródło: Materiał własny



Based on the results of seven years of research, it can be concluded that:

1. presented technology has no influence on ground water temperature, which is wrongly assumed in many heat pump projects and other research papers,
2. temperatures indicated in the diagram also enable to reduce the distance between vertical drilling due to the lack of possibility of mutual interaction,
3. assuming a movement velocity of groundwater masses of 20 cm/d on average, as well as drilling in a line perpendicular to the flow direction, the distance between the drilling may be close to 1 m.

The basis for energy generation in the presented technology is the exchange of heat and cooling energy in the HVAC system with ground water energy. Diagram of the installation shows the above ground system of the Central and Distributor installation and the underground installation from the distributor well to the vertical exchanger installation terminated with a head (Fig. 8).

The energy exchange takes place in several stages: horizontal PE, PE risers and steel risers. Taking into account only the heat transfer coefficients of PE pipes and steel pipes, it is possible to determine the power of the installation in a very simple way.

Vertical heat exchangers from steel pipes in the drilling hole transmit or consume much more energy from groundwater than PE pipes. The energy consumed in the presented technology covers the demand for heat and cold of the HVAC system, thus significantly reducing the operating costs of the entire system (Poland 2016, 2012, 2015, 2015, European 2016).

The next stage in the acquisition of heat and cooling energy is the transformation of heat and cooling energy to special energy-saving Central, which with a bay-pass system, enable to significantly reduce the consumption of electricity, heat and cooling (Fig. 9).

Diagram of the centre with an indication of the greatest resistance and location of the greatest losses (Pa) in this device was presented in Fig. 10 (Biuro 2016, 2012, 2015, 2015, European 2016)

### CONTROL STATION LAYOUT , TYPOCAL NODE

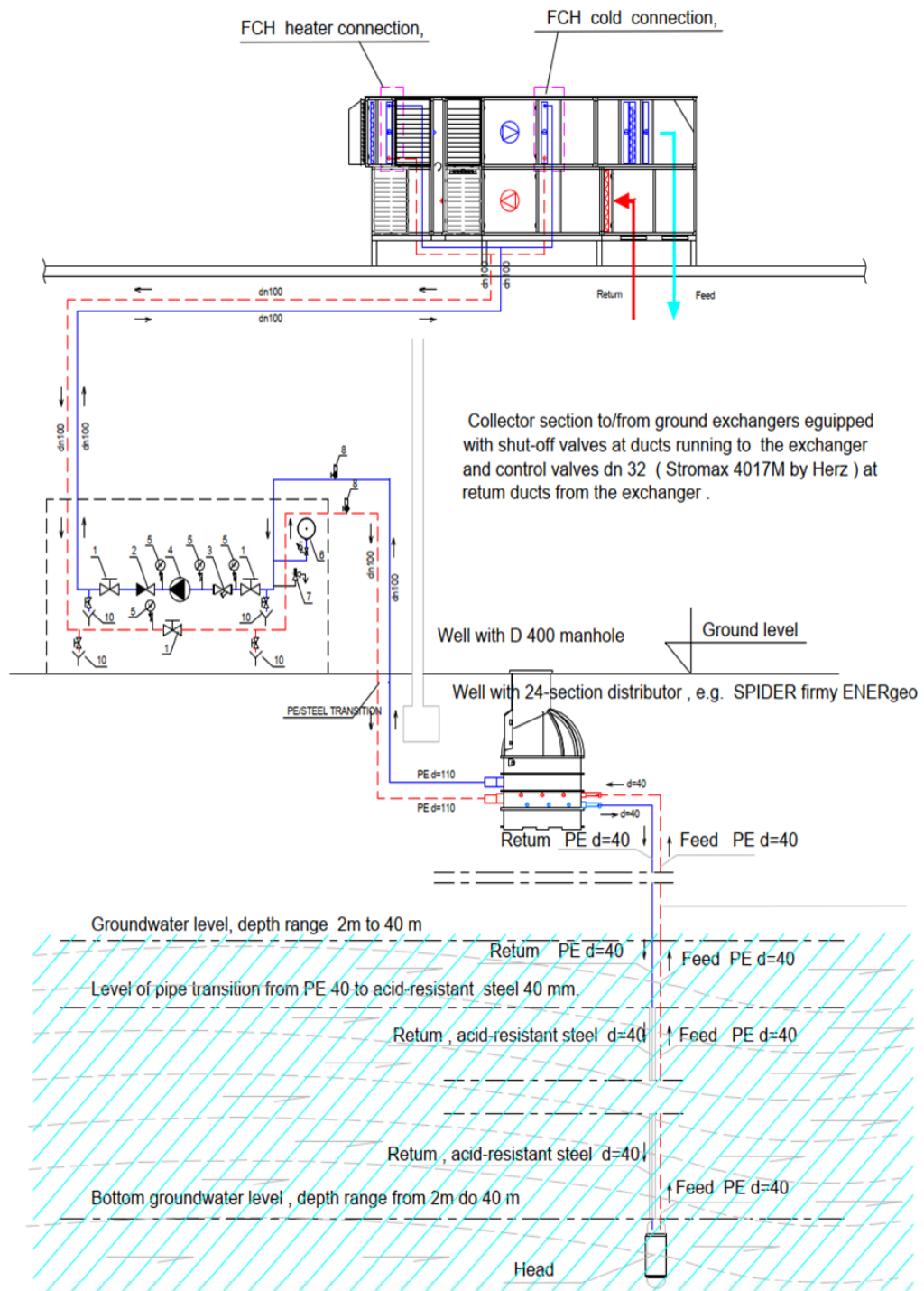


Fig. 8. Diagram of the basic installation for energy acquisition from groundwater. Source: Own material unpublished.  
 Ryc. 8. Schemat podstawowej instalacji pozyskania energii z wód gruntowych. Źródło: Materiał własny niepublikowany.



Fig. 9. View of centre on the roof. Source: Own material.  
Ryc. 9. Widok Centrali na dachu Źródło: Materiał własny



Fig. 10. Diagram of the centre. Source: Own material.  
Ryc. 10. Schemat Centrali. Źródło: Materiał własny

### 3. ANALYSIS OF THE RESULTS ON THE BASIS OF IMPLEMENTED INSTALLATIONS IN POLAND

In order to document the assumptions that can be made for HVAC installations in the Potocki Palace, it is worth presenting the results of presented system under extreme external conditions, e.g. in summer and winter 2017, with other implemented installations in Poland, Warsaw and Mielec. The results presented on the diagram below show temperatures and other information from BMS (Building Management System) (Fig 11, 12).

Summer – internal temperature range of 20 degrees Celsius to 25 degrees Celsius with an external max. temperature of 35 degrees Celsius /delta 10 degrees Celsius/

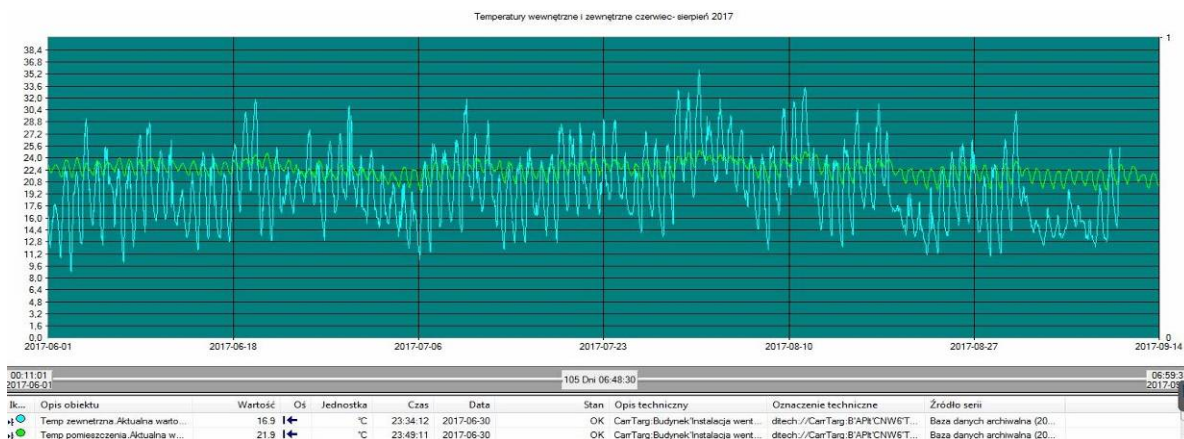


Fig.11. BMS results of the HVAC system in summer 2017, Warsaw Centre. Source: Own material  
Ryc. 11. Wyniki pracy BMS systemu HVAC w lecie 2017rok, Centrum Warszawa. Źródło: Materiał własny.

Winter – internal temperature range 19 degrees Celsius to 21 degrees Celsius with an external max. temperature up to -16 degrees Celsius.

In extreme summer temperatures at Tz = 35°C the system maintains Tw at 25°C, while in extreme winter temperatures at Tz = -16.0°C the system maintains Tw at 18.0°C. In the scale of the year 2018-2019 at Tz = -16.0 degrees Celsius /winter/ the system maintains Tw at 20.0 degrees Celsius



with  $T_z = 36.8$  degrees Celsius /summer/ the system maintains  $T_w$  at 24.4 degrees Celsius. As can be seen from the diagrams, the technology ensures comfortable indoor conditions with minimum consumption of EP (Fig.13).

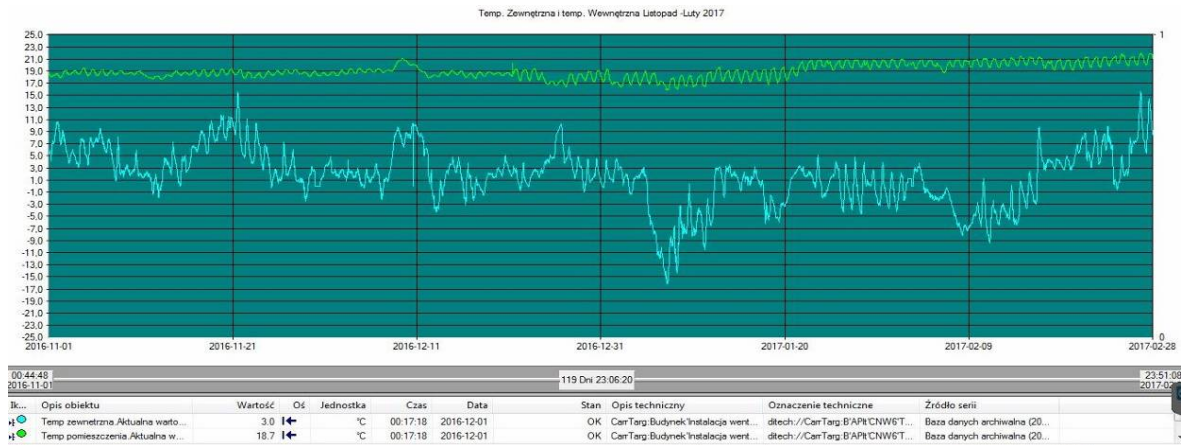


Fig. 12. BMS results of the HVAC system in winter 2016-2017, Warsaw Centre. Source: Own material.

Ryc. 12. Wyniki BMS systemu HVAC w zimie w latach 2016 – 2017, Centrum Warszawa. Źródło: Materiał własny.

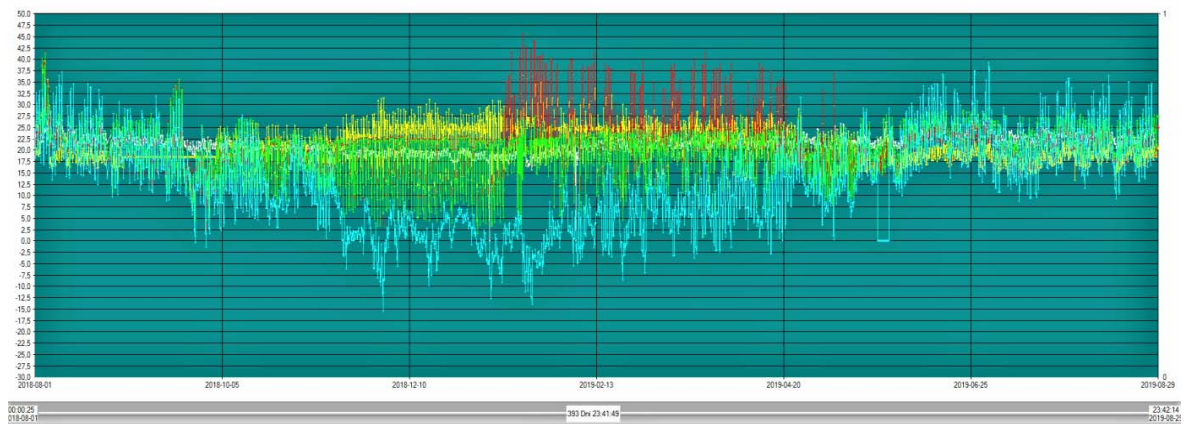


Fig. 13. Annual BMS results of the HVAC system HVAC 2017, Warsaw Centre. Source: Own material.

Ryc. 13. Roczne wyniki pracy BMS systemu HVAC 2017 rok, Centrum Warszawa. Źródło: Materiał własny.

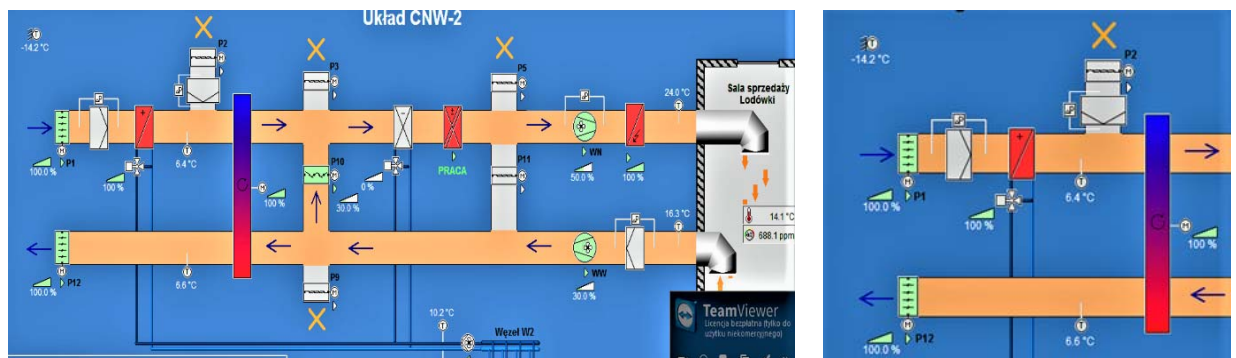


Fig. 14. BMS results of the HVAC system, visualization of CNW-2 Central in winter 2017. Source: Own material.

Ryc. 14. Wyniki pracy BMS systemu HVAC, wizualizacja Centrali CNW-2 okres zima 2017 rok. Źródło: Materiał własny

Figure 14 shows a diagram and BMS view, on the basis of which heat energy savings can be determined in the simplified system of CNW2 Central.

The Central supplies the room with supply air in the amount of  $V_n 5\,000\text{ m}^3/\text{h}$  with external temperature  $T_z = -14.2^\circ\text{C}$ , which after flowing through the pre-heaters will be heated with energy from groundwater with glycol temperature  $T_g = 10.2^\circ\text{C}$  to the temperature  $T_2 = 6.4^\circ\text{C}$ .

The values of obtaining renewable energy only from this system of installation are  $0.34 \times 15\,000\text{ m}^3/\text{h} \times 20.6^\circ\text{C} = 105\text{ KW}$ .

The presented technology has already been implemented in Poland. The installations are carried out all over the country from Gdańsk, through Olsztyn, Warsaw, Zamość, Mielec to Sosnowiec with a total area of  $70\,000\text{ m}^2$ . The research is conducted by a team of technicians and engineers with extensive professional experience and tested by the BMS system. Operating costs are verified directly by investors and confirm the assumptions made. For this reason, there are grounds for recommending this technology to the Potocki Palace in Radzyń Podlaski (Project, 2019).

The basic assumptions of this project are a modern, economical and ecological HVAC installation. The proposed solution, in addition to innovation and transformation of energy from groundwater to air conditioning and ventilation systems, reduces  $\text{CO}_2$  emissions by as much as 70% (Project, 2019).

As a result of restoration in the Potocki Palace, apart from the Museum, the following zones will be created: Senior Club, Cafe, Multimedia Studio, Laboratory and Photogallery, Youth Organizations,

#### 4. THE POTOCKI PALACE IN RADZYŃ PODLASKI AND INNOVATIVE TECHNOLOGY

The conceptual works were prepared on the basis of the Building Project of Restoration of the Potocki Palace Complex from September 2017 (Fig. 15).

The Polish Scouting Association. The applied system will enable, depending on the function, to maintain in each zone individual internal conditions of temperature and the amount of fresh air, and special zones, such as the Museum in the exhibition part, will maintain a constant required temperature, the amount of fresh air depending on the concentration of  $\text{CO}_2$  in the exhaust air, as well as an additional constant set humidity.



Fig. 15. View of the Potocki Palace in Radzyń Podlaski with its surroundings and water resources. Source: Material of Lublin University of Technology (archive).

Rys. 15. Widok Pałacu Potockich w Radzynie Podlaskim wraz z otoczeniem i zasobami wodnymi. Źródło: Materiał Politechniki Lubelskiej (archiwum).



Described indoor air parameters will be the result of heat and cold transformation from ground water, which in this location at a depth of 30 m has a power supply parameter of about 10 degrees Celsius (Project, 2019).

The palace is divided into zones and the Centrals is assigned to each zone (Figs. 16, 17).

**Ground Floor (Fig. 17):** 1. Photogallery with an area of 150 m<sup>2</sup> CNW1 Central with an efficiency of 3 000 m<sup>3</sup>/h, 2. Multimedia with an area of 295 m<sup>2</sup> CNW2 Central with an efficiency of 5 000 m<sup>3</sup>/h, 3. Cafe with an area of 230 m<sup>2</sup> CNW3 Central with an efficiency of 4 000 m<sup>3</sup>/h, 4. Senior Club with an area of 364 m<sup>2</sup> CNW4 Central with an efficiency of 6 000 m<sup>3</sup>/h.

**1st Floor (Fig. 18):** 5. Multimedia with an area of 280 m<sup>2</sup> CNW5 Central with an efficiency of 5 000 m<sup>3</sup>/h, 6. Museum with an area of 320 m<sup>2</sup> CNW6 Central with an efficiency of 7 000 m<sup>3</sup>/h, 7. Youth Organizations with an area of 120 m<sup>2</sup> CNW6 Central with an efficiency of 2 000 m<sup>3</sup>/h, 8. The Polish Scouting Association with an area of 60 m<sup>2</sup> CNW7 Central with an efficiency of 1 000 m<sup>3</sup>/h (10).

Meeting the internal conditions, at the level described above, it is necessary to obtain energy from renewable sources from ground water in the amount of at least 100 kw of heat and cold. The system will provide heating and cooling of rooms with a minimum supply of heat from the municipal grid in the amount below 100 kw and cooling from AWL or condensers in the amount below 100 kw. As can be seen from the presented demand, the adopted solution will protect the internal air supply in winter at Tz = -18°C, Tn = 24°C and in summer at Tz = 35°C, Tn = 18°C.

The total area of zones will be 1,819.00 m<sup>2</sup> with a supply and extract air volume of 33,000.00 m<sup>3</sup>/h.

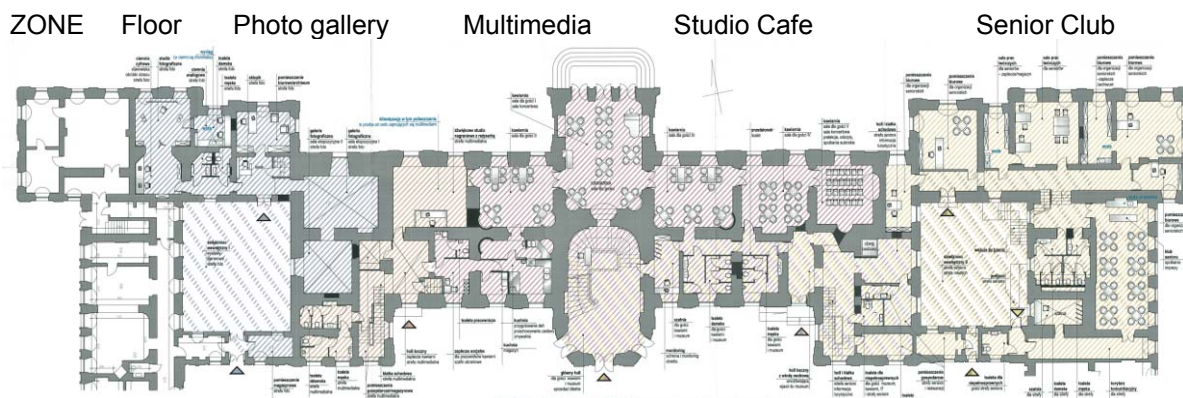


Fig. 16. Zone division, Ground floor, Potocki Palace. Source: Material of Lublin University of Technology PB.  
Ryc. 16. Podział stref, Parter, Pałac Potockich. Źródło: Materiał Politechnika Lubelska PB.



Fig. 17. Zone division, Floor, Potocki Palace. Source: Material of Lublin University of Technology PB (archive).  
Ryc. 17. Podział stref, Piętro, Pałac Potockich. Źródło: Materiał Politechnika Lubelska PB (archiwum).

In order to obtain energy from groundwater, it is necessary to perform drillings with heads of 40 kpl at the depth from 30 to 50 m in the internal parking zone limited, on the south side, by the axis of the fire road, on the north side p. D,C. The installation should be divided into two zones for the internal distributors divided into the left side from the main entrance to the building (20 kpl.) and the right side (20 kpl.) (Fig. 18). Details of drillings are described in the general section and shown in the graphical section on Groundwater Energy Technology (Fig. 18).

The energy obtained from groundwater will be supplied by internal installations to Central, which will be located in the attic area of the Potocki Palace. Properly heated or cooled air will supply the internal rooms of the Palace. It is worth noting that with such a small amount of heat and cold, the installation will eliminate a very expensive and inefficient central heating system, which is usually designed and implemented in such buildings with gravity ventilation.

Presented solution shows how to easily return to the natural environment and using natural energy storage, reduce the value of maximum EP indicators specified in the Act of the Republic of Poland DURP of 18 September 2015, item 1422 and in accordance with the requirements contained in the Notice of the Minister of Infrastructure and Development of 17 July 2015, Journal of Laws No. 329.

By introducing this solution to the Potocki Palace in Radzyń Podlaski, the city will achieve: lower operating costs of administrative buildings, reduce electricity consumption by at least 50%, reduce sheat consumption by 50%, which will result in a reduction in CO<sub>2</sub> emissions by at least 50%. In order to meet the needs of ecology, we present a technology that 100% secures energy, both at night and on windless days, and can be, along with the described alternative solutions on a micro and macro scale, a component of obtaining renewable energy (Project, 2019).

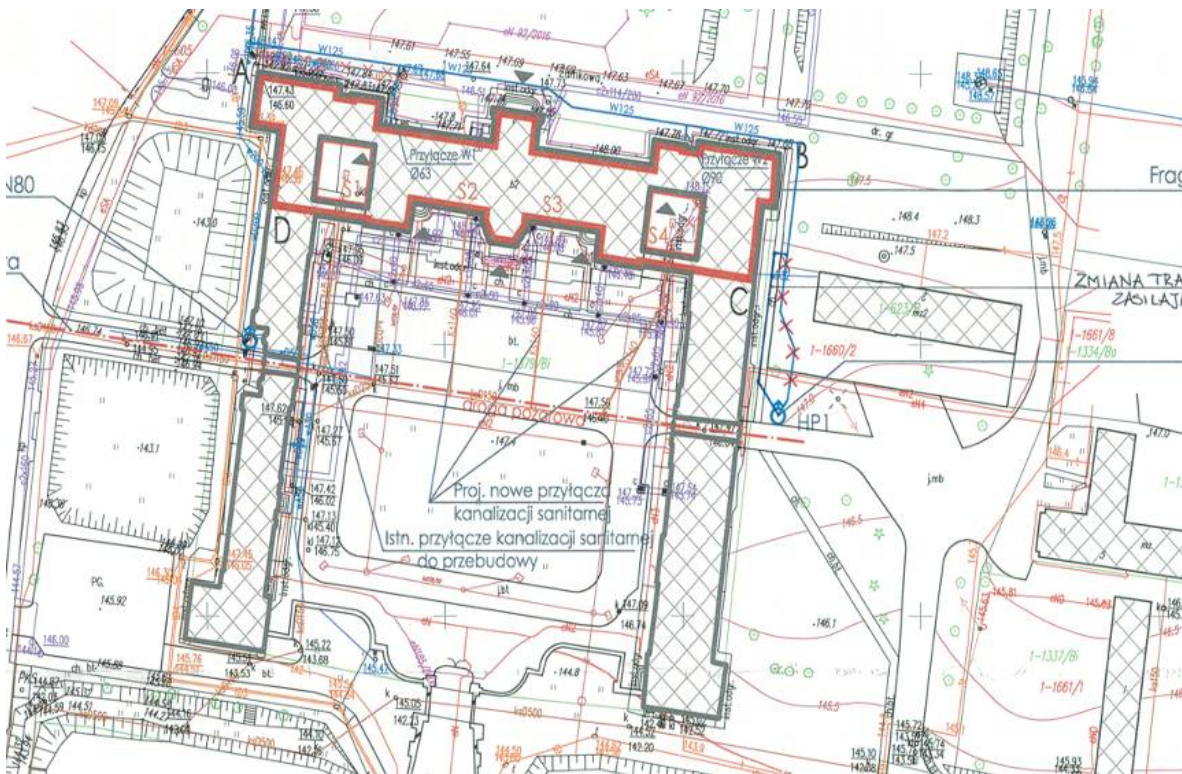


Fig. 18. Drilling zone, Potocki Palace. Source: Material of Lublin University of Technology (archive).

Ryc. 18. Strefa odwiertów, Pałac Potockich. Źródło: Materiał Politechniki Lubelska (archiwum).



## 5. CONCLUSIONS

Poland is at the beginning of the fight for clean air and for excessive CO<sub>2</sub> emissions. According to the European Commission's report from 2017, which referred to the implementation of EU environmental policy, due to the lack of a clear and consistent environmental policy, Poland loses only in 2017 about 6% of GDP, i.e. about EUR 26 billion. To sum up, the introduction of described installation in our country will reduce energy consumption and CO<sub>2</sub> emissions fourfold, but also smog, which will reduce the number of lung diseases and other related environmental pollution. However, this will significantly reduce the costs of treatment of these diseases, expenditure on prevention and rehabilitation, the costs of pensions and sickness benefits, as well as the costs of maintaining hospitals and health centres. This would save about 10% of the budget of the National Health Fund, i.e. about PLN 7.75 billion per year.

## **BADANIA DLA UZYSKANIA WYSOKIEJ JAKOŚCI POWIETRZA W ARCHITEKTURZE I URBANISTYCE. PRZYKŁAD – „ZESPÓŁ PAŁACOWO-PARKOWY POTOCKICH W RADZYNIU PODLASKIM – REWITALIZACJA**

### 1. WPROWADZENIE

Aktualnie poważnym problemem współczesnego społeczeństwa jest stale wzrastająca emisja CO<sub>2</sub>, który wpływa na zmiany klimatu i efekt cieplarniany. Od tysięcy lat stężenie tego gazu w atmosferze utrzymywało się na stałym poziomie i w 97% gaz ten pochodził ze źródeł naturalnych. Jednakże wraz z postępowaniem technologicznym nastąpił wzrost emisji CO<sub>2</sub>, przede wszystkim w skutek pozyskiwania energii ze spalania paliw kopalnych tj. węgla kamiennego i gazu. Początek walki z naturą nastąpił już od 1777 roku, kiedy James Watt skonstruował maszynę parową. Ten przełomowy wynalazek zrewolucjonizował przemysł. Produkcja mechaniczna zaczęła stopniowo przenikać do rolnictwa i wypierać rzemiosło. Ponadto nastąpił gwałtowny rozwój miast i aglomeracji miejskich oraz wzrost demograficzny. To wszystko stało się przyczyną coraz większego zapotrzebowania na energię pozyskiwaną z paliw kopalnych. Obecnie jej produkcja odpowiada za ok. 70% światowych emisji gazów cieplarnianych. Stan ten pogarsza dodatkowo wypalanie, likwidacja i pożary lasów, które nie tylko zwiększają produkcję CO<sub>2</sub>, ale również zmniejszają naturalne płuca Ziemi. Ponadto wyżywienie kolejnych miliardów ludności wymaga powiększenia areалу ziem uprawnych kosztem wycinki lasów. Stan lesistości np. w Ameryce Północnej do 2019 to już tylko 33%, w Wielkiej Brytanii, jako kolebce rewolucji przemysłowej, tylko 12 %, natomiast w Holandii - 11%. Jak wykazują kolejne badania tempo deforestacji nie słabnie. Każdego roku wycina się 13 mln ha lasów tj. o 4 mln więcej niż np. wynosi powierzchnia lasów w Polsce, co w konsekwencji doprowadza nas do nieuchronnej katastrofy ekologicznej (2019).

Wiele Państw prowadzi już właściwą politykę ekologiczną i realizuje programy redukcji CO<sub>2</sub>, jednak obecne technologie i rozwiązania nie dają spodziewanych rezultatów, ze względu na wysokie koszty i wytwarzanie dużej ilości CO<sub>2</sub> przy produkcji tych urządzeń, wiatraków, ogniw fotowoltaicznych czy pojazdów elektrycznych. Przy obecnym stanie techniki barierą stanowi również brak możliwości magazynowania energii na wielką skalę. W przypadku wiatraków problemem jest brak stałej mocy wiatrów, przy ogniwach fotowoltaicznych brak słońca w okresie eksploatacji, szczególnie w nocy, jak i w okresach większego zachmurzenia. To wszystko pomimo atrakcyjnie zdobywanej ekologicznej energii nie zapewnia nam stałej mocy instalacji. Podobnie energia jądrowa, dająca naj-

czystsza energię, nie jest zabezpieczeniem energetycznym dla krajów Europy i Świata. Na ryc. 2 przedstawiono strukturę energetyczną wybranych krajów Europy: Niemiec, Wielkiej Brytanii, Francji i Czech. Każdy kraj jest w 13% do 75% uzależniony od energii jądrowej. Dawniej wybudowane i już wyeksploatowane elektrownie nie są bezpieczne, a przykład Elektrowni Fukushima (ryc. 3) i duży obszar zanieczyszczenia stawia znak zapytania przy tego typu instalacjach w Europie i Świecie. Warto w tym miejscu wspomnieć o obecnym stanie zanieczyszczenia środowiska w Daiichi w Japonii, gdzie od 2011 roku elektrownia Fukushima trwale zanieczyszcza środowisko, z uwagi na konieczność chłodzenia dwóch uszkodzonych reaktorów wodą. Ponadto uszkodzone reaktory i pęknięta płyta denna zanieczyszczają wody głębinowe, które już od 8 lat systematycznie, radioaktywnie zatrują system wód podziemnych i dalej wody całej zatoki (*FUKUSHIMA*, 2019).

Wychodząc naprzeciw potrzebom ekologii i świata pokazujemy w tym artykule technologię opartą na naturalnych zasobach energii odnawialnej, nieograniczonej miejscem i w czasie, pozwalającą w naturalny sposób ogrzać i ochłodzić budynki przy jednoczesnej redukcji kosztów eksploatacji instalacji HVAC (heating ventilation air conditioning) oraz redukcją emisji CO<sub>2</sub>. Technologię tą można z powodzeniem zastosować w zabytkowych budynkach, w tym w Pałacu Potockich w Radzynie Podlaskim. Obiekt ten jest jedną z najpiękniejszych rokokowych rezydencji w Polsce i w Europie. Jego budowę rozpoczęto w 1685 roku. Na przełomie 1749 i 1750 został przebudowany, co zadecydowało o jego obecnym kształcie. Całość wzniesiono na planie prostokąta. Od strony północnej kwadratowy dziedziniec otacza dwukondygnacyjny Korpus Główny Pałacu, za którym znajduje się Park. Od strony zachodniej i wschodniej znajdują się dwa skrzydła boczne. Od południa dziedziniec otoczony jest murem z bramą wjazdową (ryc. 1). W czasie II wojny Światowej Pałac został zniszczony. Po wojnie został odbudowany i służył jako siedziba instytucji powiatowych (Radzyń Podlaski, 2019). Po odzyskaniu pałacu przez Władze Miasta w 2017 roku podpisana została umowa z Politechniką Lubelską dotycząca realizacji projektu „Rewitalizacji Zespołu Pałacowo-Parkowego Potockich w Radzynie Podlaskim -na Centrum Kultury Polski Wschodniej” z wyznaczeniem głównego projektanta oraz z przeprowadzeniem przetargu na zespoły branżowe. Ten wielobranżowy projekt budowlany został uzgodniony w delegaturze Konserwatora Wojewódzkiego oraz z Wojewódzką Strażą Pożarną w Lublinie i uzyskał pozwolenie na budowę w Starostwie Powiatowym (Project, 2019). Budynki historyczne, podobnie jak budynki biurowe, powinny służyć zarówno komfortowi, jak i zdrowiu pracowników, naturalnie wpisując się swoją funkcją i charakterem w potrzeby społeczności, oraz odpowiadać obecnym wymaganiom określonym w Warunkach Technicznych. Ponadto przy realizacji modernizacji instalacji HVAC w budynkach historycznych warto także zadbać o środowisko, czyli tak naprawdę o nasze otoczenie i przyszłość, redukując do minimum poziom emisji CO<sub>2</sub>. temu wszystkiemu służyć ma wprowadzenie opisanej poniżej technologii.

## 2. TECHNOLOGIA POZYSKANIA ENERGII Z WÓD GRUNTOWYCH

Na wstępie warto wskazać miejsce prezentowanej technologii w rodzajach geotermii Państwowego Instytutu Geologicznego (ryc. 4). Grafika pokazuje przykłady geotermii i wymagane głębokości odwiertów wraz z teoretyczną temperaturą wody, jaką można pozyskać z każdej instalacji. Autorzy artykułu wskazują lokalizację prezentowanej technologii na ryc. 5. Przy głębokości około 50 m, a więc mniejszej o połowę od pomp ciepła. Instalacja dostarczy latem i zimą podobne parametry wody do Central i urządzeń HVAC. Należy przy okazji zaznaczyć, że opisana instalacja poza wymienionymi parametrami, wykorzystuje do ogrzewania i chłodu tylko pompy cyrkulacyjne, co eliminuje energochłonne pompy ciepła, dając wielokrotną redukcję EP i CO<sub>2</sub> (Ryżyński G., 2019). Stosując tylko wspomniane pompy cyrkulacyjne technologia ta zapewnia w naturalny sposób ogrzewanie i chłód instalacjom HVAC. Redukcja CO<sub>2</sub> przy niskich nakładach kosztów eksploatacji pozwoli Pałacowi powrócić do korzeni i pozyskiwania energii z magazynów naturalnego i ekologicznego ciepła i chłodu w wodach gruntowych. W tym miejscu warto prześledzić parametry i temperatury wód gruntowych, które są nośnikiem naturalnej energii. Po wieloletnich badaniach, które prowadzimy już od 2013 roku, mamy własną tabelę rozkładu temperatur wód gruntowych w zależności od pory roku i od głębokości tych wód (ryc. 6). Rozkład temperatur w odwiercie do głębokości 10 m jest zmienny. Po przekroczeniu tej głębokości wartość temperatury utrzymuje się na stałym poziomie do głębokości 30m. Warto również prześledzić możliwości regeneracji odwiertu. Ryc. 7 prezen-

tuje temperatury odwiertów w skali czasu i pracy instalacji. Pionowe instalacje sześciu układów pompowych wskazują oczekiwaną regenerację wymiennika gruntowego. Energia podlega pełnej regeneracji w okresie 6 godzin nocnych lata oraz daje możliwość wyznaczenia prędkości przepływu wody w badanych instalacjach, jak też wykazuje brak wzajemnego oddziaływania instalacji (Poland, 2012). Na podstawie wyników uzyskanych w czasie siedmioletnich badań można wnioskować, że:

1. prezentowana technologia nie ma wpływu na temperaturę wód gruntowych, co jest błędnie zakładane przy wielu projektach pomp ciepła i innych pracach badawczych,
2. 2 wskazane na wykresie temperatury pozwalają również na zmniejszenie rozstawu odwiertów pionowych z powodu braku możliwości wzajemnego oddziaływania,
3. 3 przyjmując prędkość przemieszczania się mas wód gruntowych średnio 10 cm/d, jak i wykonanie odwiertów w linii prostopadłej do kierunku przepływu, odległość odwiertów może być zbliżona do 1 m.

Podstawą pozyskania energii w prezentowanej technologii jest wymiana energii ciepła i chłodu w instalacji HVAC z energią wód gruntowych. Schemat instalacji pokazuje układ instalacji nadziemnej Centrala i Rozdzielacz oraz instalacji podziemnej od studzienki rozdzielacza po instalację wymiennika pionowego zakończonego głowicą (ryc. 8). Wymiana energii następuje w kilku etapach: poziomy PE, piony PE oraz piony wykonane z stali. Biorąc pod uwagę tylko współczynniki przenikania ciepła rur PE i rur stalowych można w bardzo prosty sposób wyznaczyć moc instalacji. Wymienniki pionowe z rur stalowych w odwiercie przekazują lub pobierają wielokrotnie więcej energii z wód gruntowych, niż rury PE. Pobrana energia w prezentowanej technologii pokrywa zapotrzebowanie na ciepło i chłód systemu HVAC redukując wielokrotnie koszty eksploatacji całej instalacji (Biuro, 2016, 2012, 2015, 2015, European 2016). Kolejnym etapem pozyskania energii ciepła i chłodu jest transformacja energii ciepła i chłodu do specjalnych energooszczędnych Central, które posiadając układ bay-pas, pozwalają znacznie obniżyć zużycie energii elektrycznej, ciepła i chłodu (ryc. 9). Schemat centrali z wskazaniem największych oporów i lokalizacją największych strat (Pa) w tym urządzeniu przedstawia ryc. 10 (Biuro, 2016, 2012, 2015, 2015, European 2016).

## 2. ANALIZA WYNIKÓW NA PODSTAWIE ZREALIZOWANYCH INSTALACJI W POLSCE

Dla udokumentowania założeń, jakie można przyjąć dla instalacji HVAC w Pałacu Potockich, warto przedstawić osiągnięte wyniki prezentowanego systemu przy skrajnych warunkach zewnętrznych np. w lecie i w zimie 2017, na innych zrealizowanych instalacjach w Polsce w Warszawie i Mielcu. Wyniki przedstawione na poniższym wykresie pokazują temperatury i inne informacje z BMS (Building Management System) (ryc. 11, 12). W skrajnych temperaturach letnich przy  $T_z = 35 \text{ st. C}$ . system utrzymuje  $T_w \text{ pom. } 25 \text{ st. C}$ , natomiast w skrajnych temperaturach zimy przy  $T_z = -16,0 \text{ st. C}$ . system utrzymuje  $T_w \text{ pom. } 18,0 \text{ st. C}$ . W skali roku 2018-2019 przy  $T_z = -16,0 \text{ st. C}$ . /zima/ system utrzymuje  $T_w \text{ pom. } 20,0 \text{ st. C}$ . przy  $T_z = 36,8 \text{ st. C}$ . /lato/ system utrzymuje  $T_w \text{ pom. } 24,4 \text{ st. C}$ . jak widać z prezentowanych wykresów technologia zapewnia komfortowe warunki wewnętrzne przy minimalnym poborze EP (ryc.13). Na ryc. 14 przedstawiono wykres oraz widok BMS, na podstawie których można wyznaczyć oszczędności energii ciepła w układzie uproszczonym Centrali CNW-2. Centrala dostarcza do pomieszczenia nawiewane powietrze w ilości  $V_n 5000 \text{ m}^3/\text{h}$  z temperaturą zewnętrzną  $T_z = -14,2 \text{ st. C}$ , które po przepływie przez nagrzewnicę wstępna zostanie podgrzane energią z wód gruntowych o temperaturze glikolu  $T_g = 10,2 \text{ st. C}$  do temperatury  $T_2 = 6,4 \text{ st. C}$ . Wartości pozyskania energii odnawialnej tylko z tego układu instalacji to  $0,34 \times 15000 \text{ m}^3/\text{h} \times 20,6 \text{ st. C} = 105 \text{ KW}$ . Prezentowana technologia jest już wprowadzona w Polsce. Instalacje są zrealizowane na terenie całego kraju od Gdańska przez Olsztyn, Warszawę, Zamość, Mielec aż do Sosnowca o łącznej powierzchni 70 000m<sup>2</sup>. Badania prowadzone są przez zespół techników i inżynierów z bardzo dużym doświadczeniem zawodowym i sprawdzane systemem BMS. Koszty eksploatacji są weryfikowane bezpośrednio przez Inwestorów i potwierdzają przyjęte założenia. Z tego powodu istnieją podstawy do zarekomendowania tej technologii do Pałacu Potockich w Radzynie Podlaskim (Projekt, 2019).

### 3. PAŁAC POTOCKICH W RADZYNIU PODLASKIM I INNOWACYJNA TECHNOLOGIA

Prace koncepcyjne zostały opracowane na podstawie Projektu Budowlanego Rewitalizacji Zespołu Pałacowego Potockich z września 2017 roku (ryc. 15). Podstawowe założenia projektu to nowoczesna, ekonomiczna i ekologiczna instalacja HVAC. Proponowane rozwiązanie, poza innowacyjnością i transformacją energii z wód gruntowych do systemów klimatyzacji i wentylacji, redukuje emisję CO<sub>2</sub> aż w 70% (Projekt, 2019). W wyniku rewitalizacji w Pałacu Potockich, poza Muzeum, powstaną strefy takie jak: Klub Seniora, Kawiarnia, Pracownia Multimedialna, Laboratorium i Fotogaleria, Organizacje Młodzieżowe, ZHP. Zastosowany system pozwoli, w zależności od funkcji, utrzymać w każdej strefie indywidualne warunki wewnętrzne temperatury i ilość świeżego powietrza, a strefy specjalne, takie jak np. Muzeum w części wystawowej, będą utrzymywać stałą żadaną temperaturę, ilość świeżego powietrza w zależności od stężenia CO<sub>2</sub> w wyciąganym powietrzu, jak i dodatkowo stałą zadaną wilgotność. Opisane parametry powietrza wewnętrznego będą wynikiem transformacji ciepła i chłodu z wody gruntowej, która w tej lokalizacji na głębokości 30m ma parametr zasilenia około 10 st. C. (Projekt, 2019). Pałac podzielono na strefy i do każdej z nich przydzielono Centrale (ryc. 16, 17). Parter (ryc. 16): 1. Fotogaleria o pow. 150 m<sup>2</sup> Centrala CNW1 o wydajności 3 000m<sup>3</sup>/h, 2. Multimedia o pow. 295 m<sup>2</sup> Centrala CNW2 o wydajności 5 000m<sup>3</sup>/h, 3. Kawiarnia o pow. 230 m<sup>2</sup> Centrala CNW3 o wydajności 4 000m<sup>3</sup>/h, 4. Seniorzy o pow. 364 m<sup>2</sup> Centrala CNW4 o wydajności 6 000m<sup>3</sup>/h. Piętro (ryc. 17): 5. Multimedia o pow. 280 m<sup>2</sup> Centrala CNW5 o wydajności 5 000m<sup>3</sup>/h, 6. Muzeum o pow. 320 m<sup>2</sup> Centrala CNW6 o wydajności 7 000m<sup>3</sup>/h, 7. Org. Młodzież. o pow. 120 m<sup>2</sup> Centrala CNW6 o wydajności 2 000m<sup>3</sup>/h, 8. ZHP o pow. 60 m<sup>2</sup> Centralę CNW7 o wydajności 1 000m<sup>3</sup>/h.

Razem powierzchnia stref wyniesie 1 819,00 m<sup>2</sup> przy ilości nawiewanego i wywiewanego powietrza 33 000,00 m<sup>3</sup>/h (10). Spełniając wewnętrzne warunki, na opisanym powyżej poziomie, należy pozyskać energię ze źródeł odnawialnych z wody gruntowej w ilości minimum 100 kw ciepła i chłodu. System zapewni ogrzewanie i chłodzenie pomieszczeń przy minimalnym zasileniu instalacji w ciepło z sieci miejskiej w ilości poniżej 100kw oraz chłód z AWL lub skraplaczy w wysokości poniżej 100 kw. Jak widać z przedstawionego zapotrzebowania przyjęte rozwiązanie zabezpieczy powietrze wewnętrzne nawiew w zimie przy T<sub>z</sub> = -18 st. C, T<sub>n</sub>=24 st. C oraz w lecie przy T<sub>z</sub> = 35 st. C, T<sub>n</sub> = 18 st. C. Dla pozyskania energii z wody gruntowej należy wykonać w strefie parkingowej wewnętrznej ograniczonej, od strony południowej, osi drogi pożarowej, od strony północnej p. D,C, odwierty z głowicami w ilości 40 kpl na głębokości od 30 do 50 m. Instalację należy wprowadzić w dwie strefy do wewnętrznych rozdzielaczy z podziałem na stronę lewą od wejścia głównego do budynku (20 kpl.) oraz prawą (20 kpl.) (ryc. 18). Szczegóły odwiertów opisano w części ogólnej i pokazano w części graficznej, dotyczącej Technologii pozyskania energii z wód gruntowych (ryc. 18). Pozyskana z wód gruntowych energia wewnętrznymi instalacjami zostanie doprowadzona do Central, które zostaną zlokalizowane w strefie poddasza Pałacu Potockich. Odpowiednio podgrzane lub ochłodzone powietrze kanałami zasili pomieszczenia wewnętrzne Pałacu. Warto podkreślić, że przy tak małej ilości ciepła i chłodu, instalacja wyeliminuje bardzo drogi i mało wydajny system centralnego ogrzewania, który zwyczajowo w takich obiektach jest projektowany i realizowany wraz z wentylacją grawitacyjną. Przedstawione rozwiązanie pokazuje, jak w najprostszy sposób powracając do naturalnego środowiska i korzystając z naturalnych magazynów energii, obniżyć wartość maksymalnych wskaźników EP określonych w Ustawie RP DURP z 18 września 2015 roku poz. 1422 oraz zgodnie z wymogami zamieszczonymi w Obwieszczeniu Ministra Infrastruktury i Rozwoju z dnia 17 lipca 2015 roku Dz. 329. Wprowadzając opisaną technologię do realizacji w Pałacu Potockich w Radzynie Podlaskim miasto uzyska: mniejsze koszty eksploatacji budynków administracyjnych, ograniczy pobór energii elektrycznej o minimum 50%, zmniejszy pobór ciepła o 50%, co spowoduje ograniczenie emisji CO<sub>2</sub> o minimum 50%. Wychodząc naprzeciw potrzebom ekologii pokazujemy technologię, która w 100% zabezpiecza energię, zarówno w nocy jak i w dni bezwietrzne, i może być wspólnie z opisanymi alternatywnymi rozwiązaniami w skali mikro i makro składnikiem pozyskania energii odnawialnej (Projekt, 2019).



#### 4. ZAKOŃCZENIE

Polska jest na początku walki o czyste powietrze, walki z nadmierną emisją CO<sub>2</sub>. Zgodnie z raportem Komisji Europejskiej z 2017 roku, który dotyczył, wdrożenia polityki ochrony środowiska UE, z powodu braku jasnej i konsekwentnej polityki ochrony Środowiska Polska traci tylko w 2017 ok. 6% PKB czyli ok. **26 mld euro**. Podsumowując wprowadzenie opisanej instalacji ograniczy czterokrotnie zużycie energii, emisję CO<sub>2</sub>, ale także smog, co zmniejszy ilość chorób płuc i innych związanych z zanieczyszczeniem środowiska. To natomiast znacznie zmniejszy koszty leczenia tych schorzeń, nakłady na profilaktykę i rehabilitację, koszty rent i świadczeń chorobowych, jak też koszty utrzymania szpitali i ośrodków zdrowia. To pozwoliłoby zaoszczędzić ok. 10% wartości budżetu Narodowego Funduszu Zdrowia, czyli ok. **7,75 mld zł** środków rocznie.

#### BIBLIOGRAPHY

- Biuro Patentowe Rzeczypospolitej Polskiej: Patent NR. 222484 z dnia 11-08-2016 pod nazwą Układ urządzeń do pozyskania ciepłej wody z instalacji wody gruntowej dla urządzeń klimatyzacji i wentylacji.
- Biuro Patentowe Rzeczypospolitej Polskiej: Patent NR. 222485 B1 z dnia 05-03-2012 Układ urządzeń do pozyskania wody lodowej z instalacji wody gruntowej dla urządzeń klimatyzacyjnych i chłodniczych.
- Biuro Patentowe Rzeczypospolitej Polskiej: Patent NR.P. 414730 z dnia 09-11-2015 Układ urządzeń do pozyskania wody lodowej z instalacji zimnej wody dla urządzeń klimatyzacyjnych i chłodniczych z perforowaną głowicą .
- Biuro Patentowe Rzeczypospolitej Polskiej: Patent NR. 415163 z dnia 07-12-2015 Centrale z układem urządzeń wymuszającym obieg powietrza w procesie wentylacji i klimatyzacji pomieszczeń w różnych warunkach klimatycznych
- European Patent Application nadany przez European Patent Office NR. EP-3.165 848 A1 Publikacja w dniu 10-05-2017 Biuletyn 2017/2019 Aplikacja 16460076.9 z dnia 14-10-2016 pod oryginalną nazwą ARRANGEMENT FOR OBTAINING HEAT FROM GROUND WATER FOR AIR-CONDITION AND VENTILATION PURPOSES (Układ urządzeń do pozyskania ciepłej z wody z instalacji wody gruntowej dla urządzeń klimatyzacji i wentylacji)
- FUKUSHIMA–NIEUSTAJĄCA KATASTROFA RADIOLÓGICZNA [www.nexus.media.pl](http://www.nexus.media.pl) [www.magazynnexus.pl](http://www.magazynnexus.pl)  
Wydanie wrzesień – październik 2019
- Projekt Budowlany wielobranżowy pt: „*Rewitalizacji Zespołu Pałacowo-Parkowego Potockich w Radzynie Podlaskim -na Centrum Kultury Polski Wschodniej*”. Główny Projektant dr hab. inż. arch. prof. nadzw. J. Wrana Politechnika Lubelska, Wydział Budownictwa i Architektury, z pozwoleniem na budowę 2017 rok Radzyna Podlaska, [www.radzyn-podl.pl](http://www.radzyn-podl.pl), 2019
- Ryżyński G. PiG i PiB Artykuł Geotermia. [Geoportal.pig.gov.pl](http://Geoportal.pig.gov.pl) wrzesień 2019
- Wrana J., *Architektura-zrozumiały komunikat przestrzenny*„, Czasopismo Techniczne”, PK, 7-A/2010, Kraków 2010,
- Wrana J., *Rola i znaczenie architektury w procesie scalania struktury przestrzennej miasta na przykładzie Lublina*, monografia, Politechnika Lubelska, Lublin 2014
- Wrana J., *Tożsamość miejsca -kryterium w projektowaniu architektonicznym*, monografia, Politechnika Lubelska Lublin 2011

## AUTHOR'S NOTE

**Jan Wrana**, – is a graduate of the Faculty of Architecture of the Cracow University of Technology. He worked as an architect in Poland, Germany, Libya, Kuwait, and Russia; he is an author of many implemented projects. Presently, he collaborates with the Faculty of Construction and Architecture of the Lublin University of Technology, where he working since 2005 -first as a lecturer, and since 2016 as an associate professor. Since 2008, he has been the head of the SPA-Autonomous Architectural Studio. He was the head architect of design and implementation works of the investment called Expansion of the building of the Faculty of Construction and Architecture, construction of a new wing for the degree programs of Architecture and Urban Planning at the University Campus located at Nadbystrzycka 40 in Lublin -“WICA” *Eastern Innovative Centre of Architecture*, (2009-2013).

**Wojciech Struzik** – Multi-annual experience in design and construction of HVAC systems, both in Poland and abroad Design and construction projects in Iraq: Bagdad, Basra, Mosul; Germany: Hamburg, Bremen; Czech Republic: Prague, Hradec, and other locations. Substantial design experience, holder of all design and construction licences (unlimited). Author of numerous Polish and European Patents Author of numerous patent applications related to environmentally friendly reduced-CO2 HVAC systems. President of WAKAD Sp. z o. o. Holder of several Forbes Diamond awards in 2010-2017, Certificates of Business Credibility, and other industry distinctions, and the First Grade Award for the Construction of the Year 2016 in the Podkarpackie Province, granted by the Polish Association of Building Engineers and Technicians, Branch in Rzeszów.

## O AUTORZE

**Jan Wrana** - projektował w Polsce, Niemczech, Libii, Kuwejcie i Rosji, jest autorem licznych zrealizowanych obiektów w kraju i za granicą. Od 2005 związany z Politechniką Lubelską początkowo adiunkt, od 2016 profesor uczelni, założyciel w 2008 SPA Samodzielnej Pracowni Architektonicznej, wiodący architekt prac projektowych i realizacji dla inwestycji *Rozbudowa budynku Wydziału Budownictwa i Architektury o nowe skrzydło dla kształcenia na kierunku architektura i urbanistyka na terenie Kampusu Uczelni ul. Nadbystrzycka 40 w Lublinie - „WICA” Wschodnie Innowacyjne Centrum Architektury (2009-2013).*

**Wojciech Struzik** - wieloletnie doświadczenie w projektowaniu i wykonawstwie instalacji HVAC w Polsce i za granicą. Realizacja projektów i wykonawstwa od Iraku Bagdad, Basra, Mosul, Niemcy Hamburg, Brema, Czechy Praga, Hradec i inne. Durze doświadczenie w projektowaniu, wszystkie uprawnienia bez ograniczeń do projektowania i wykonawstwa. Autor wielu Patentów w Polsce i Patentu Europejskiego, Autor wielu zgłoszeń Patentowych związanych z ekologicznymi instalacjami HVAC z redukcją CO2. Prezes WAKAD Sp. z o.o. z wielokrotnymi wyróżnieniami Diamentami Forbes 2010-2017, Certyfikatami Wiarygodności Biznesowej i wieloma innymi branżowymi wyróżnieniami z otrzymaną z PZITB Rzeszów Nagrodą I Stopnia Budowy Roku Podkarpacia 2016.

Contact | Kontakt: j.wrana@pollub.pl; w.struzik@wakad.com.pl