



DOI: 10.21005/pif.2019.40.B-03

## **RESEARCH AIMED AT OBTAINING HIGH QUALITY OF AIR IN ARCHITECTURE. EXAMPLE – „WICA” EASTERN INNOVATION CENTER OF ARCHITECTURE**

## **BADANIA DLA UZYSKANIA WYSOKIEJ JAKOŚCI POWIETRZA W ARCHITEKTURZE. PRZYKŁAD – „WICA” WSCHODNIE INNOWACYJNE CENTRUM ARCHITECTURY**

### **Jan Wrana**

dr hab. inż. arch. prof. uczelni

Author's Orcid number: 0000-0002-4884-0418

Politechnika Lubelska  
Wydział Budownictwa i Architektury  
Katedra Architektury Współczesnej

### **Wojciech Struzik**

Sanitary Engineer

„WAKAD” sp. z o. o.

## **ABSTRACT**

The aim of the research is use a new technology that reduces the consumption of electricity and heat along with the reduction of CO<sub>2</sub> emissions in the "WICA" of the Eastern Innovative Center of Architecture at the Faculty of Construction and Architecture of the Lublin University of Technology. The building will be equipped with installations for obtaining heat and cold energy from groundwater, and will be adapted to the level of the passive building with the lowest EP index (Projekt, 2018).

Key words: innovation, Energy efficiency, renewable Energy, reduction of CO<sub>2</sub> emissions.

## **STRESZCZENIE**

Celem badań jest wykorzystanie nowej technologii ograniczających zużycie energii elektrycznej i ciepłej wraz z redukcją emisji CO<sub>2</sub> w „WICA” Wschodnim Innowacyjnym Centrum Architektury Wydziału Budownictwa i Architektury Politechniki Lubelskiej. Budynek zostanie wyposażony w instalacje do pozyskania energii ciepła i chłodu z wód gruntowych i dostosowany do poziomu budynku pasywnego o najniższym wskaźniku EP (Projekt, 2018).

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

## 1. INTRODUCTION

The energy policy in Poland is primarily coal-based. There is no reason to expect a major shift in favour of CO<sub>2</sub> emissions reductions in 2020. Polish energy systems are too energy-consuming, and there are a number of other obstacles related to the current market conditions and climate policy. Change of this would require not only years of preparation, but also an appropriate programme.

In the coming years, as CO<sub>2</sub> emissions remain high and the natural environment becomes increasingly degraded, leading to another increase in weather anomalies, mainly involving higher temperatures, air conditioning in flats will become a standard. This means higher consumption of energy under conditions of an energy deficit, resulting in higher CO<sub>2</sub> emissions. To prevent these phenomena from occurring, it is essential to take actions leading to the reduction of CO<sub>2</sub> emissions as soon as possible. The technology presented in this article constitutes Poland's and Europe's first solution involving the use of natural means to heat and cool a modern academic building, which is a public building, reducing its operating costs four times when compared to traditional HVAC (heating ventilation air conditioning) systems. Such high operating costs and design errors, as well as the ill-designed policy of the State and Construction Supervision are a huge problem affecting buildings under construction and in operation. The current practice of constructing academic buildings with glass walls (currently 70% feature those) is questionable as Lublin is located in an area of the highest solar irradiance in Poland (1,200 kWh/m<sup>2</sup>). The high operating costs and poor indoor conditions, e.g. in periods of high temperatures, are caused by the lack of understanding of basic design principles, no comprehensive heat gain and loss calculations or appropriate document verification, disregard for Technical Requirements, an ill-designed educational institution policy, as well as technical and financial limitations (Wrana J, 2010, 2011, 2014, 2016).

These problems are eliminated by the concept presented further in the article. The authors have attempted to present a solution and set the direction for a breakthrough design method of HVAC systems and renewable energy sourcing with reducing CO<sub>2</sub> emissions. Presented technology reduces PE and CO<sub>2</sub> emissions by a minimum of 63% in each building and takes advantage of the extensive natural thermal resources available in groundwater, regardless of atmospheric conditions, time of day and season.



Fig. 1. Overview of WICA Lublin University of Technology. Source: Lublin University of Technology

Ryc.1 Widok WICA PL Lublin. Źródło: Politechnika Lubelska PB

In the introduction, the authors present the essential assumptions of the adopted solution and the opportunities and results that can be achieved using the proposed technologies. It should be remembered that indoor air, its humidity, temperature and cleanliness directly affect the health and well-being of all building's residents and users. Educational buildings, such as the presented building of the Faculty of Civil Engineering and Architecture, Independent Architectural Design Studio are public buildings (Fig. 1, 2, 3, 4). They are not only places of work for lecturers, but primarily

places of teaching for young people, who are more sensitive to air pollution than adults. Furthermore, educational buildings feature a considerable variability of heat loads and a large occupancy density, depending on room function. The primary determinant of the microclimate and air quality indoors is ventilation. The function of ventilation is the exchange of used-up air from closed rooms and the removal of gases, organic matter, bacteria and fungi. In designing a HVAC system to determine the microclimate in educational rooms, the functions and ventilation areas must in all cases be distinguished and adapted to various indoor requirements, e.g. the parameters crucial in classrooms, lecture rooms and auditoria are different from those important in passages. Offices and labs (Wrana J, 2010, 2011, 2014, 2016, Project, 2018). As per the currently applicable air quality indicators, most HVAC systems can be controlled by determining the CO<sub>2</sub> level, which is commonly used due to its simple measurement. Determined in 1858 by Pettenkofer, a German physiologist, the guideline value for CO<sub>2</sub> of 1000 ppm is still used today as the maximum CO<sub>2</sub> concentration allowed indoors (Locher W, 2007).

On the basis of the HVAC system concept for the building of the Faculty of Civil Engineering and Architecture, Independent Architectural Design Studio, the authors demonstrate techniques for the exchange of air and obtaining heat and cold energy while reducing electrical energy consumption in accordance with the applicable Technical Requirements and using less primary energy (PE) (Project, 2018).



Fig.2. Overview of WICA Lublin University of Technology. Source: Lublin University of Technology.

Ryc. 2. Widok ogólny WICA PL Lublin. Źródło: Pol. Lubelska PB.



Fig.3. View of Level +3 of WICA Lublin University of Technology. Source: Lublin University of Technology.

Ryc. 3. Widok kondygnacji + 3 WICA PL Lublin . Źródło: Pol. Lubelska PB.



Fig. 4. Overview of WICA PL Lublin, Exhibition Area. Source: Lublin University of Technology.

Ryc. 4. Widok ogólny WICA PL Lublin, strefa Wystawowa. Źródło: Pol. Lubelska PB

## 2. THE TECHNOLOGY OF OBTAINING ENERGY FROM GROUNDWATER

What is the nature of the technology and what are the opportunities of sourcing renewable energy after applying this solution in HVAC systems? To answer this question, it is necessary to compare the basic parameters, such as **FE** (Final energy) when producing **100 kW** of cooling energy. To compare HVAC systems, the authors prepared a comparison of the basic devices commonly used to produce heat and cooling, i.e. compared the consumption of electrical energy needed to produce the assumed value of 100 kW of cooling energy. The results are presented below. The analysis took into account three basic HVAC systems implemented in Poland.

1. System featuring heat pumps (WLHP) (Fig. 5a),
2. System featuring fan coils (with chillers) (Fig. 5b),
3. System featuring a technology of obtaining energy from ground water (Fig. 5c).

The popular **heat pump** system uses 43 kW of energy, a **chiller** uses 34 kW (21% less) and the **presented technology** uses 16 kW (63% less).

The basic operating parameters of a cooling system should be defined at the initial stage of this analysis. Every system in the traditional configuration, e.g. featuring chillers, has a temperature of cooling water, e.g. feed of 7 °C and return of 12 °C. If groundwater (Fig. 6) at a depth of 10 m has a temperature of about 10 °C, then a highly similar temperature is obtained paired with a large difference in PE, FE consumption and CO<sub>2</sub> reduction at the level of 70% (Fig. 6).

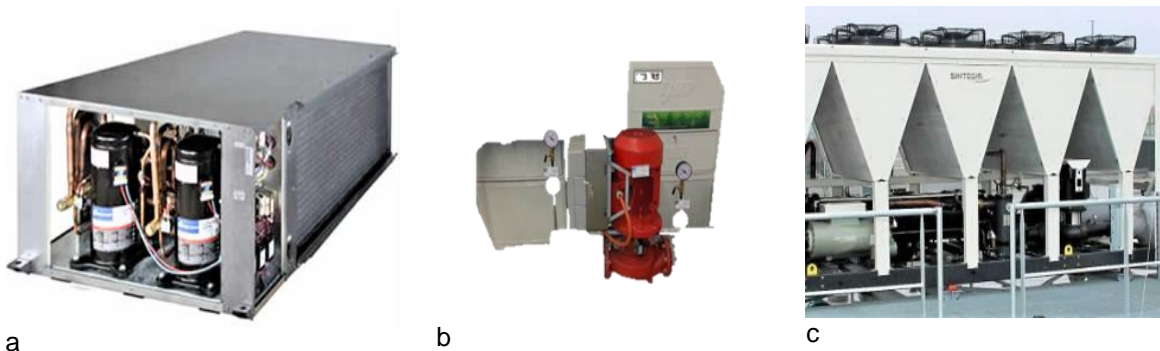


Fig. 5 (a) Water Loop Heat Pump (WLHP), (b) Chiller, (c) the described technology. Source: the authors  
Ryc. 5 (a) Pompa ciepła WLHP, (b) AWL, (c) Technologia. Źródło: Materiał własny.

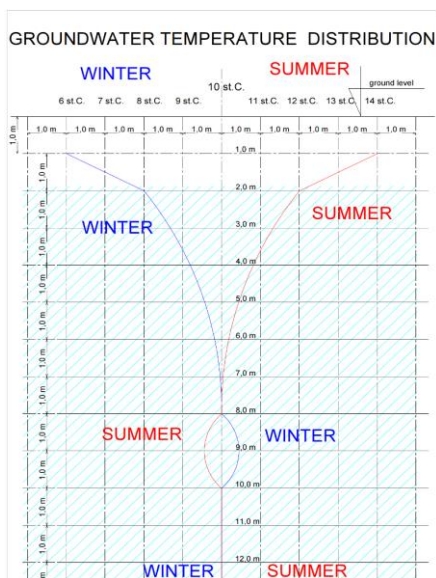


Fig. 6 Groundwater temperature distribution over a year with the theoretical depth of 10 m determined on the basis of many years of studies and the available literature, with the caveat that this will not be present at every location. To achieve the temperature distribution presented in the chart during winter and summer, specific conditions must be present, such as appropriate humidity, composition and structure of ground strata and the appropriate level of groundwater. Source: the authors.

Ryc. 6. Rozkład temperatur wody gruntowej w skali roku przy teoretycznej głębokości 10m wyznaczony na podstawie wieloletnich badań oraz na podstawie dostępnej literatury z zastrzeżeniem, że nie wystąpi ten przypadek w każdej lokalizacji. Do powstania zaprezentowanego na wykresie rozkładu temperatur zimą i latem muszą zaistnieć szczególne warunki (odpowiednia wilgotność, skład i struktura warstw gruntu, odpowiedni poziom wody gruntowej). Źródło: Materiał własny.





borehole transmit or capture many times more energy from groundwater than PE pipes, and the collected energy satisfies the demand for heat and cold of the HVAC system, leading to substantially lower costs.

Another stage of obtaining heat and cold energy is energy conversion to special energy-efficient Control Stations, which are equipped with a bypass system, which further significantly reduces electrical energy consumption. Fig. 9 presents a schematic view of a control station, indicating the highest resistances and losses (Pa).

The presented technology is described in detail in the document of the Patent Office of the Republic of Poland and European Patent Office (Biuro, 2012, 2015, 2015, 2016, European 2016).



Fig. 8 View of heads, pumping stations distributors. Source: the authors.  
Ryc 8. Widok głowic ,pompowni i rozdzielaczy. Źródło: Materiał własny.

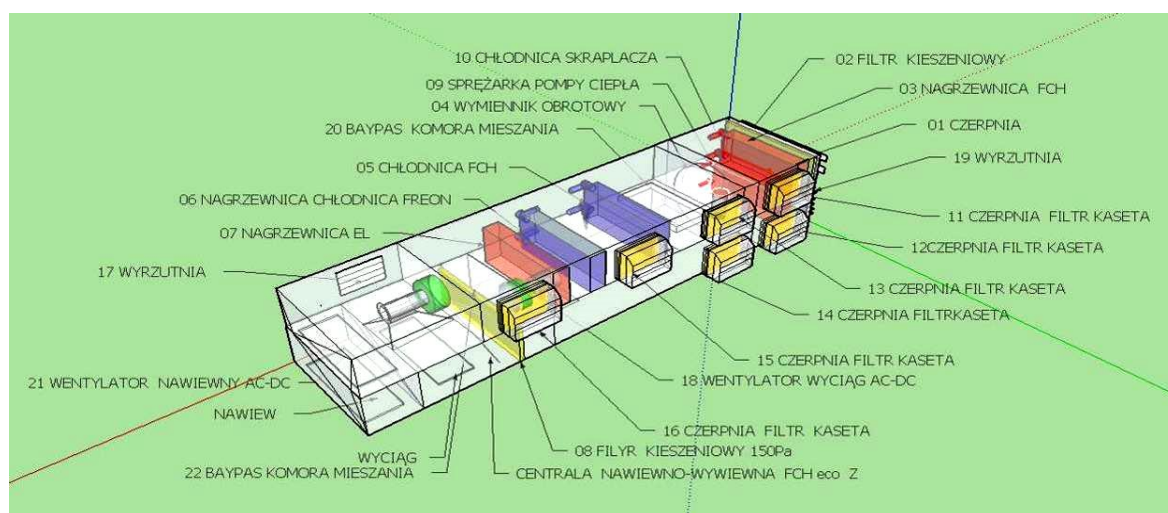


Fig. 9. Schematic view of an efficient control station. Source: the authors.  
Ryc 9. Schemat ekonomicznej Centrali. Źródło: Materiał własny.

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

To document the potential assumptions for the HVAC system, it is worth presenting the results achieved by the presented system in extreme outdoor conditions, e.g. during the summer or winter, in other implemented systems in Poland (in Warsaw and Mielec) (Figs. 10, 11, 12). The results

presented in the chart below include temperatures and other information from the BMS (Building Management System).



Fig. 10. View of an efficient control station Warszawa and Mielec. Source: the authors.

Ryc. 10. Widok ekonomicznej Centrali Warszawa i Mielec. Źródło: Materiał własny.

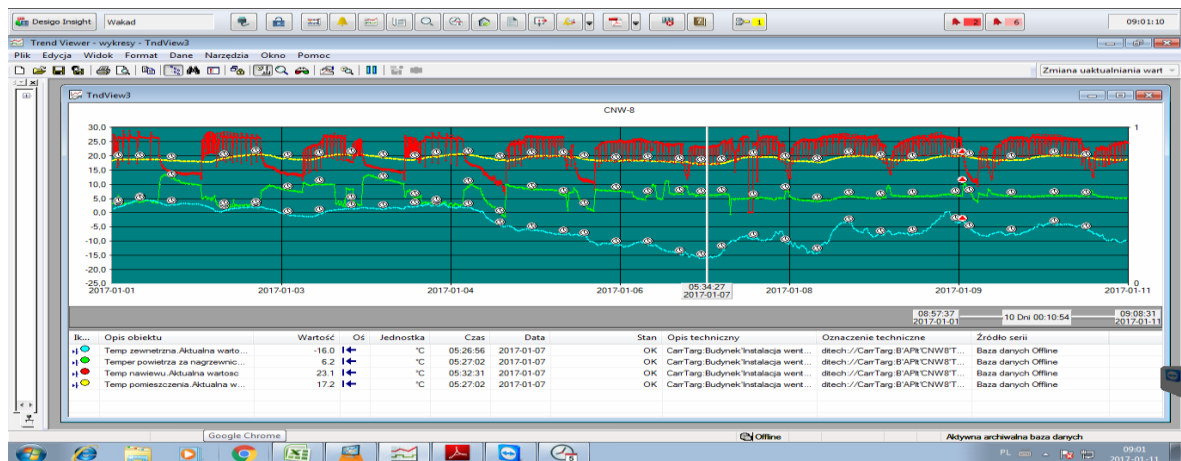


Fig. 11. The chart presents BMS results for the winter period 7 January 2017 Warsaw Centre building. In extreme winter temperatures at  $T_z = -16.0\text{ °C}$  the system maintains the indoor temperature of  $T_w \text{ pom. } 17.2\text{ °C}$ . (5.26 am). Source: the authors

Ryc. 11. Wyniki BMS okres zima 2017, Centrum Warszawa. W skrajnych temperaturach zimy przy  $T_z = -16,0\text{ st.C.}$  system utrzymuje  $T_w \text{ pom. } 17,2\text{ st.C.}$  (godz 5,26 rano). Źródło: Materiał własny.

In Poland, the presented technology has already been put into use. The systems are built all over the country, covering an area of 70,000 m<sup>2</sup>, and research has been conducted by a well-experienced professional teams of technicians and engineers, and verified through BMS performance. Such parameters as operation costs are verified directly by investors, proving to be in compliance with adopted assumptions. Therefore, there are grounds for recommending this technology for further research and construction across Poland and Europe.

The construction concept for a ventilation and air-conditioning system, together with a laboratory, at the Independent Architectural Design Studio of the Eastern Architectural Innovation Centre at the Lublin University of Technology, situated at Nadbystrzycka Street 38, provides an excellent technology implementation example. The building in question has five above-ground floors and one under-ground floor with a garage. The major building section features teaching rooms, laboratories, departments and an assembly hall, while the fourth floor is dedicated to hotel facilities. The installations and major devices comprising the HVAC system are located in the roof section (Projekt, 2018).

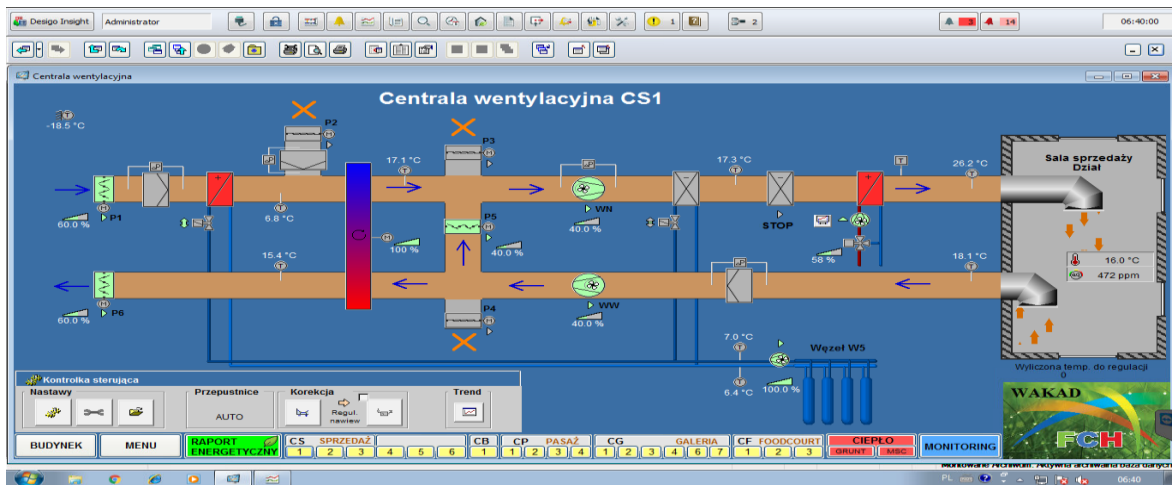


Fig. 12. The chart presents a schematic view of the operation of the BMS for the HVAC system for the period winter 2017, Warsaw Centre Building. Source: the authors. In extreme winter temperatures at  $T_z = -18.5\text{ °C}$  the system maintains the indoor temperature of  $T_w \text{ pom. } 16.0\text{ °C}$  / 6.40 am, the building is open from 9.00 am / with the recovery temperature from groundwater of  $6.8\text{ °C}$ , fed with glycol  $7.0\text{ °C}$  and the temperature behind the rotary heat exchanger of  $17.1\text{ °C}$  / renewable energy / and supplied air at  $26.2\text{ °C}$ . Determining heat energy savings in a simplified layout of control station CS1. The control station provides the room with incoming air in the amount of  $V_n 9,000\text{ m}^3/\text{h}$  with the outdoor temperature  $T_z = -18.5\text{ °C}$ , which after flowing through the pre-heater, is heated with groundwater energy at glycol temperature  $T_g = 7.2\text{ °C}$  to temperature  $T_2 = 6.8\text{ °C}$ . The value of renewable energy obtained from only this part of the system is  $0.34 \times 9,000\text{ m}^3/\text{h} \times 25.3\text{ °C} = 77\text{ KW}$ . Source: the authors

Ryc. 12. Schemat pracy centrali BMS systemu HVAC okres zima 2017, Centrum Warszawa. W skrajnych temperaturach zimy przy  $T_z = -18,5\text{ st.C.}$  system utrzymuje  $T_w \text{ pom. } 16,0\text{ st.C.}$  (godz. 6,40 rano). Obiekt pracuje od 9,00 przy temperaturze odzysku z wody gruntowej  $6,8\text{ st. C}$ , zasileniu glikolem  $7,0\text{ st.C.}$  oraz z temperaturą za wymiennikiem obrotowym  $17,1\text{ st. C.}$  (energia OZE) oraz nawiewie  $26,2\text{ st.C.}$  Wyznaczając oszczędności energii ciepła w układzie uproszczonym Centrali CS1, centrala dostarcza do pomieszczenia nawiewane powietrze w ilości  $V_n 9\ 000\text{ m}^3/\text{h}$  z temperaturą zewnętrzną  $T_z = -18,5\text{ st. C.}$ , które po przepływie przez nagrzewnicę wstępną zostanie podgrzane energią z wód gruntowych o temperaturze glikolu  $T_g = 7,2\text{ st.C.}$  do temperatury  $T_2 = 6,8\text{ st.C.}$  Wartości pozyskania energii odnawialnej tylko z tego układu instalacji to  $0,34 \times 9\ 000\text{ m}^3/\text{h} \times 25,3\text{ st.C.}$ , czyli  $77\text{ KW}$ . Źródło: Materiał własny.

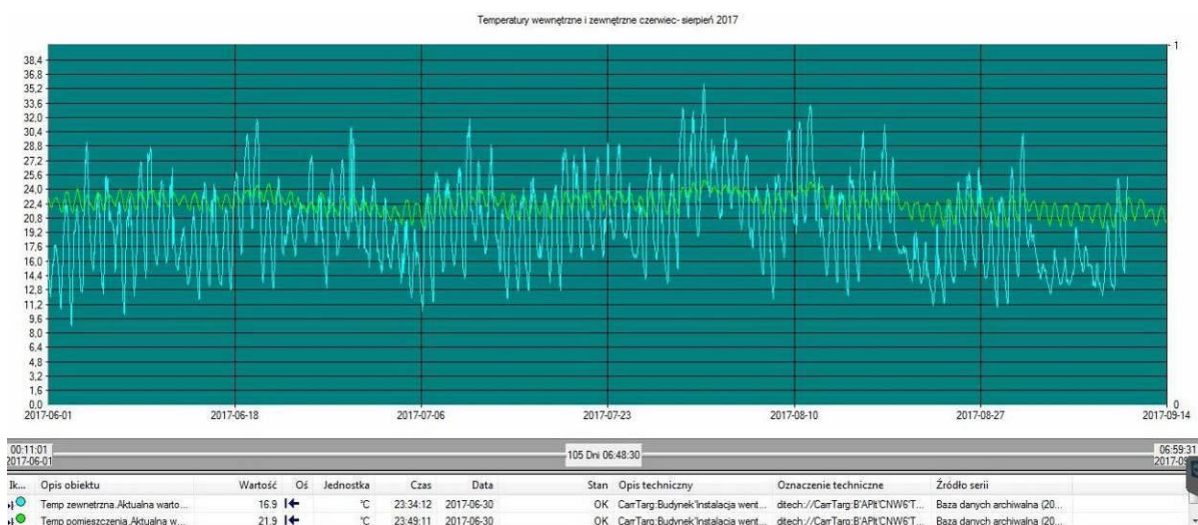


Fig. 13. The figure shows BMS performance for the HVAC system in the summer 2017, in the Centre of Warsaw. Under extreme summer conditions, with outdoor temperatures reaching  $35\text{ °C}$ , the system maintains indoor temperature at  $25\text{ °C}$ . Source: the authors.

Ryc. 13. Wyniki pracy BMS systemu HVAC okres lata 2017, Centrum Warszawa W skrajnych temperaturach letnich przy  $T_z = 35\text{ st.C.}$  system utrzymuje  $T_w = 25\text{ st.C.}$  Źródło: Materiał własny.



Constructing an environmentally friendly and energy-efficient system to reduce heat and electricity consumption by at least 50% is the objective assumed as part of the upgrade of the existing HVAC system. The technology will also contribute to CO<sub>2</sub> and primary energy reductions in line with the applicable Technical Conditions. Once developed, the system will facilitate obtaining the LEED and BREEAM – certificates, as well as organizing research stations in the laboratory that will enable thorough system analyses and determination, within a couple of years' perspective, the ground thermal input in the whole region, country, and eventually Europe. In addition, aiming at further cost reductions, a photovoltaic array will be put into operation in the roof section, and LEDs will be used to replace the current lighting solutions.

In the presented Concept, the summer outdoor air parameters adopted for calculations are compliant with PN-76/B-03420 Climate zone II, with outdoor temperature = 30°C and relative humidity  $\phi$  = 45%. The winter outdoor air parameters adopted for calculations are compliant with PN-B-02403:1982: Climatic zone III, with outdoor temperature = -20°C and relative humidity  $\phi$  = 100%. The values of indoor temperature and humidity, calculated for air-conditioned rooms, are compliant with both the applicable Polish standards and project owner's guidelines.

To reduce operation costs (related to both electricity and heat consumption), the implemented system envisages that the ground thermal input (heat or cooling) is used for outdoor air heating/cooling in ventilation stations supplying rooms inside the building.

The system features a lower heat/cooling energy source and internal systems supplying energy to ventilation stations. In each arrangement, the lower source consists of a ground exchanger with vertical wells drilled to a depth of approx. 60 m, serving the purpose of heat/cold recovery from ground water. Individual wells are connected to the circulation system which powers multisection distributors (i.e. external distributors embedded in the wells or wall distributors inside the building, depending on the arrangement).

The drilled wells feature a head, polyethylene PEHD 100 PN10 SDR17 pipes and steel inserts made of thin-wall acid-resistant tubes which facilitate cold/heat exchange between ground water and the water supplied to the building.

Multisection distributors were mounted at the junction of the lower source with the internal system. In external arrangements, these devices (e.g. SPIDER manufactured by Energeo) are located in external wells (i.e. wells equipped with D400 manhole covers), while for internal arrangement internal multisection distributors are used. To connect the distributors, shut-off ball valves, control valves (e.g. Stromax 4017M manufactured by Herz), thermometers at return and supply from the lower source, and an air vent are used for every circulation.

The internal FCH system was constructed as a forced-circulation double-pipe closed-circuit system, with circulator pumps mounted at the power cord supplying power to ventilation stations, or pumps mounted at the junctions, to ensure the desirable flow parameters. Shut-off ball valves, non-return valves, a screen filter and manometers were also installed in the pumping system. A cut-off valve and a manometer were mounted at the return cables in every system. The authors would like to draw attention to the fact that the described pumps are often assumed to operate as heat pumps. This assumption is certainly wrong, as the entire system is actually based on circulator pumps, which are totally different from heat pumps. The dn15 safety valve type 1915, manufactured by SYR, with opening pressure set to 4.0 bar, and the pressure vessel type NG, manufactured by Reflex, with a capacity of 50dm<sup>3</sup>, protect the system against pressure growth. A 35% solution of ethylene glycol was used as the heating/cooling factor.

Well locations and cable arrangement are shown in the following figures. Fig. 14 presents the basement (under-ground floor) plan, together with well locations in sections A, B and C, with thermal input parameters of 800kw, 400kw and 500kw, respectively. The locations of wells and external installations, as presented in the figure, reflect the actual capabilities, taking into consideration the existing infrastructure, well depth and flow direction of ground waters.

The ground-floor plan presents modifications to external installations, taking into consideration the projected quantities and quality of ventilation air. While preserving elements of the existing installa-

tions, new ventilators are added and the entire floor is divided into sections, allowing an efficient operation of the HVAC system in the building once its modernization is completed.

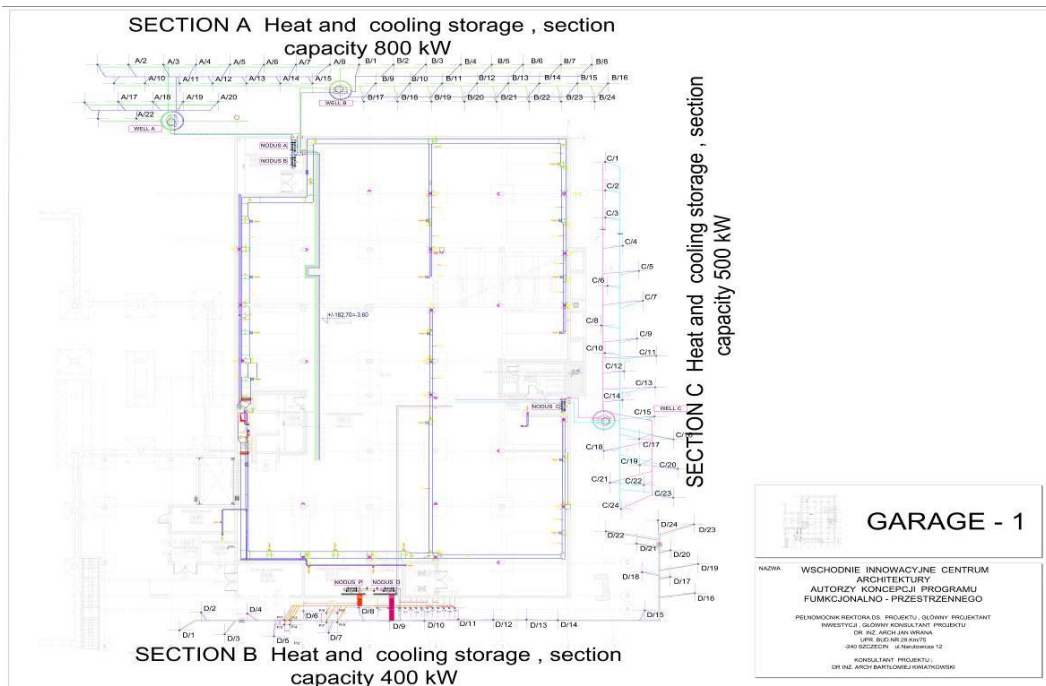


Fig. 14. Under-ground floor plan, well zone. Source: Lublin University of Technology (the concept).  
 Ryc. 14. Rzut kondygnacji – 1, strefa odwiertów. Źródła: Materiał Politechniki Lubelskiej, Koncepcja.

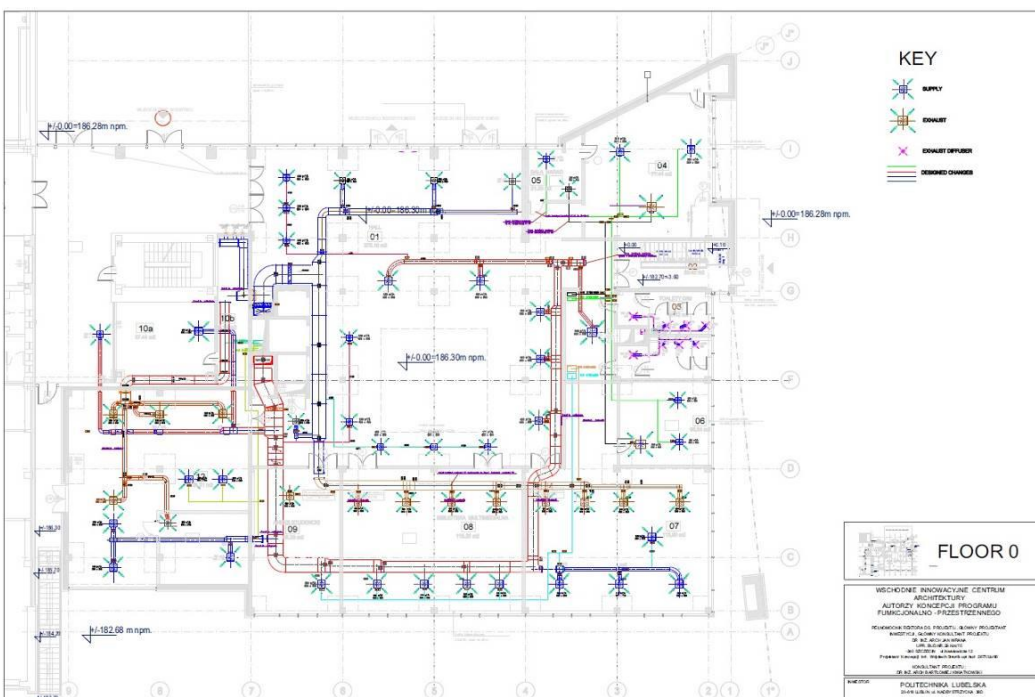


Fig. 15. Floor 0 (ground-floor) plan. Source: Lublin University of Technology (the concept).  
 Ryc. 15. Rzut kondygnacji 0 (Parter). Źródła: Materiał Politechniki Lubelskiej, Koncepcja.



With a view to ensuring minimum energy consumption, photovoltaic panels were additionally envisaged in the roof section, which will reduce the consumption of electricity by at least 30%. The photovoltaic array will be constructed in the roof section, which is free from control stations and devices. Details are shown in Fig. 16, which contains the roof plan featuring a basic array, including 198 double-sided photovoltaic panels with the nominal capacity of 360 Wp, i.e. 198 pcs. x 360 Wp = 71 280.00 Wp. This will partially cover the demand for electricity throughout the life cycle and allow for the building to be qualified as a passive structure. It also appears advisable to replace current skylights with PV glass, which will allow additional 10 200 Wp to be obtained over a surface of approx. 85 m<sup>2</sup>, with the capacity of 120 WP per 1 m<sup>2</sup> of the skylight area. Generally, assuming that the electricity so produced will cover 30% of the total demand, the value of the primary energy ratio will drop to less than **30.8 Kwh/m<sup>2</sup>/year**. By putting the described solution into operation, the city will incur lower operation costs of administrative buildings, as well as reduce electricity and heat consumption by at least 50% each, eventually reducing CO<sub>2</sub> emissions by 70% or more.

To meet the current environmental needs, the authors present a technology that will secure 100% energy supplies, also at night and on windless days. Together with the described solutions, it may significantly facilitate energy production from RES, as confirmed by the results recorded for other systems of this kind, which have been constructed and operated all over the country since 2012.

#### 4. CONCLUDING REMARKS

Poland has still not made any actual efforts to secure clean air. And we cannot speak of any effective reductions in CO<sub>2</sub> emissions without cutting down on coal use. By publicizing the technology and solutions in this article, the authors intend to join the climate protection initiative, and draw attention to the natural energy resources which have been hidden underground for centuries. They are independent of in solution or wind power, exhibit constant capacity parameters, whether it is summer or winter, and in the foreseeable future are likely to form the basis for all construction projects. The research to be conducted at the Lublin University of Technology will set a new direction for building design, blending architecture, structures and installations into one organism that will decide on the future construction of buildings, no longer limited to the use of glass and concrete, but primarily ecology-driven and respecting natural environment. Based on many years of research, their own expertise and long-standing experience, the authors are inclined to believe that the point has already been reached at which we can no longer tolerate the growing environmental pollution or wait for the problem to be solved by others. The authors are, therefore, convinced that, with well-proven solutions at hand, we should use our best endeavors to make such technologies implementable, not only in Poland but also in Europe, as all towns and cities can practically obtain heat and cooling energy from ground waters.



## **BADANIA DLA UZYSKANIA WYSOKIEJ JAKOŚCI POWIETRZA W ARCHITEKTURZE. PRZYKŁAD – „WICA” WSCHODNIE INNOWACYJNE CENTRUM ARCHITEKTURY**

### **1. WPROWADZENIE**

Polska energetyka oparta jest w większości na pozyskiwaniu energii z węgla kamiennego, w związku z tym w 2020 roku nie nastąpi gwałtowny zwrot w redukcji CO<sub>2</sub> ze względu na dużą energochłonność polskich systemów energetycznych, ale i inne zawirowania na rynku wraz z polityką klimatyczną. Każda zmiana wymaga nie tylko wieloletnich przygotowań, ale i właściwego programu. W kolejnych latach przy braku redukcji CO<sub>2</sub> i dalszej degradacji naturalnego środowiska nastąpi wzrost anomalii pogodowych tj. głównie wzrost temperatur. Standardem będzie klimatyzacja w mieszkaniach, a to pociągnie za sobą większe zużycie energii, która i tak jest w deficycie. Większe zużycie spowoduje większą emisję CO<sub>2</sub>. W celu zapobieżenia opisanym zjawiskom należy bezzwłocznie podjąć działania zmierzające do redukcji CO<sub>2</sub>. Opisana w tym artykule technologia, jako pierwsza w Polsce i Europie pokazuje, jak w naturalny sposób ogrzać i ochłodzić nowoczesny budynek akademicki (budynek użyteczności publicznej), który przy tradycyjnych instalacjach HVAC generuje czterokrotnie większe koszty eksploatacji, jak budynek w proponowanej technologii. Tak wielkie koszty eksploatacji, jak i błędy w projektowaniu oraz brak właściwej polityki Państwa i Nadzoru Budowlanego, to wielki problem realizowanych i eksploatowanych budynków. Dziwnym zjawiskiem są budowane obecnie np. obiekty o szklanej elewacji w Lublinie, w strefie największego nasłonecznienia w Polsce na poziomie 1 200 kWh/m<sup>2</sup>. Brak zrozumienia podstawowych zasad projektowania, solidnych analiz zysków i strat ciepła, właściwej weryfikacji dokumentacji i respektowania Warunków Technicznych, właściwej polityki Uczelni, jak też ograniczenia techniczne i finansowe, skutkują tak wysokimi kosztami eksploatacji i brakiem np. W okresach wysokich temperatur, właściwych warunków wewnętrznych (Wrana, 2010, 2011, 2014, 2016).

Opisane problemy są wyeliminowane w koncepcji zaprezentowanej w dalszej części artykułu. Autorzy artykułu starają się zaprezentować rozwiązanie i wskazać kierunek nowego, przełomowego w instalacjach HVAC, sposobu projektowania i pozyskania energii odnawialnej przy jednoczesnej redukcji CO<sub>2</sub>. Prezentowana technologia ogranicza energię pierwotną (EP) i redukuje emisję CO<sub>2</sub> o minimum 63% w każdym obiekcie i jest powiązana z wielkimi naturalnymi magazynami energii ciepła i chłodu, zgromadzonej w wodach gruntowych, niezależnie od warunków atmosferycznych, jak i pory dnia oraz roku.

Autorzy w niniejszym artykule pokazują istotne założenia przyjętego rozwiązania, możliwości i osiągnięte wyniki, po zastosowaniu zaproponowanej technologii. Należy pamiętać, że powietrze wewnętrzne, jego wilgotność, temperatura, czystość, wpływają bezpośrednio na zdrowie i dobre samopoczucie mieszkańców i użytkowników każdego budynku. Obiekty edukacyjne, do których możemy zaliczyć prezentowany Wydział Budownictwa i Architektury Samodzielnej Pracownia Architektury są budynkami użyteczności publicznej (Ryc. 1, 2, 3, 4). Są nie tylko miejscem pracy wykładowców, ale głównie miejscem edukacji młodzieży. Pamiętając, że obiekty edukacyjne charakteryzują się dużą zmiennością obciążeń cieplnych, jak i dużym zagęszczeniem osób, w zależności od funkcji pomieszczeń. Podstawowym warunkiem poprawy mikroklimatu i jakości powietrza w każdym pomieszczeniu jest właściwa wentylacja. Funkcją wentylacji jest wymiana zużytego powietrza z zamkniętych pomieszczeń i usunięcie gazów, związków organicznych, bakterii i grzybów. Przy projektowaniu systemu HVAC należy w każdym przypadku rozróżnić funkcje pomieszczeń i dostosować strefy wentylacji do różnych wymagań wewnętrznych np. inne parametry powinny być decydujące w powietrzu w salach ćwiczeniowych, wykładowych, aulach, a inne w komunikacji, biurach czy laboratoriach (Wrana, 2010, 2011, 2014, 2016, Projekt, 2018). Zgodnie z obecnie przyjętymi normami wskaźnikami jakości powietrza jest wskaźnik CO<sub>2</sub>, który jest łatwy do zmierzenia i z tego też powodu jest powszechnie stosowany i może kontrolować większość systemów instalacji HVAC. Wskaźnik ten, ustalony przez niemieckiego fizjologa Petteńkofera w 1858 roku, obowiązuje obecnie i wynosi 1000 ppm jako maksymalny limit stężenia CO<sub>2</sub> w pomieszczeniu (Locher, 2007).

Autorzy tego artykułu, na podstawie powołanej na wstępie Koncepcji wykonania Instalacji HVAC Wydziału Budownictwa i Architektury Samodzielnej Pracownia Architektury, pokazują jak dokonać wymiany powietrza i jak pozyskać energię ciepła i chłodu oraz ograniczyć zużycie energii elektrycznej zgodnie z obowiązującymi Warunkami Technicznymi, zużywając minimalną ilości EP (Projekt 2018).

## 2. TECHNOLOGIA POZYSKANIA ENERGII Z WÓD GRUNTOWYCH

Czym jest Technologia i jakie są możliwości pozyskania energii odnawialnej po zastosowaniu tego rozwiązania w instalacjach HVAC? Na to pytanie odpowie porównanie podstawowych wskaźników np. energii końcowej (EK) przy produkcji **100 kw** energii chłodu. Autorzy opracowania wykonali porównanie podstawowych urządzeń powszechnie stosowanych do produkcji ciepła i chłodu, a w zasadzie porównali zużycie energii elektrycznej niezbędnej do wyprodukowania umownych 100 kw energii chłodu. Do analizy przyjęto trzy podstawowe układy instalacji HVAC realizowane w Polsce:

1. układ z pompami ciepłą w układzie instalacji WLHP (Ryc. 5a).
2. układ z klimakonwektorami w układzie z AWL (Ryc. 5b),
3. układ z technologią pozyskania energii z wody gruntowej (Ryc. 5c).

**Pompa ciepła** zużyje 43kw, **AWL** ma zużycie 34kw czyli o 21% mniej, a prezentowana **Technologia** wykazuje zużycie 16 kw to jest o 63% mniej od popularnych pomp ciepła. Warto na wstępie tej analizy zwrócić uwagę na podstawowe parametry pracy instalacji chłodu. Każda instalacja wykonana w systemie tradycyjnym np. AWL ma temperaturę wody lodowej np. zasilanie 7st.C. I powrót 12 st.C. Jeżeli woda gruntowa ma na głębokości 10m ma temperaturę około 10st.C. to przy podobnych temperaturach widać wielką różnicę zużycia EP, EK oraz redukcję CO<sub>2</sub> na poziomie 70% (Ryc. 6).

Podstawą pozyskania energii w prezentowanej technologii jest wymiana energii ciepła i chłodu instalacji HVAC z energią wód gruntowych. Prezentowany na ryc. 7 schemat instalacji pokazuje układ instalacji nadziemnej Centrala i Rozdzielacz oraz instalacji podziemnej od studzienki rozdzielacza po instalację wymiennika pionowego zakończonego głowicą (Ryc. 7, 8). Wymiana energii następuje w kilku etapach: poziomy PE, pionowy PE oraz pionowy wykonany z stali. Rozpatrując 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, jak rury PE, pobrana energia pokrywa zapotrzebowanie na ciepło i chłód systemu HVAC redukując wielokrotnie koszty eksploatacji całej instalacji.

Kolejnym etapem pozyskania energii ciepła i chłodu jest transformacja energii do specjalnych energooszczędnych Central, które posiadają układ bay-pas, pozwalający znacznie obniżyć kolejny raz zużycie energii elektrycznej. Schemat centrali zaprezentowany jest na ryc.9 z wskazaniem największych oporów i lokalizacją największych strat (Pa) (Ryc. 9).

Prezentowana Technologia jest szczegółowo opisana w dokumentach Patentowych: Rzeczpospolitej Polskiej i w Europie (Biuro, 2012, 2015, 2015, 2016, European 2016)

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

Dla udokumentowania założeń jakie można przyjąć dla instalacji HVAC warto przedstawić wyniki jakie osiąga prezentowany system przy skrajnych warunkach zewnętrznych np. lato, zima na innych zrealizowanych instalacjach w Polsce w Warszawie i w Mielcu (Ryc. 10, 11, 12, 13).

Prezentowana technologia jest już wprowadzona w Polsce. Instalacje są zrealizowane na terenie całego kraju na powierzchni 70 000 m<sup>2</sup>. Badania prowadzone są przez zespół techników i inżynierów z bardzo dużym doświadczeniem zawodowym i weryfikowane systemem BMS. Koszty eksploatacji są weryfikowane bezpośrednio przez Inwestorów i potwierdzają przyjęte założenia i z tego powodu istnieją podstawy do zarekomendowania tej technologii do prac badawczych i wprowadzenia do realizacji na terenie całej Polski i Europy.

Dobrym przykładem opisanej technologii jest Koncepcja wykonania instalacji wentylacji i klimatyzacji wraz z laboratorium w Samodzielnej Pracowni Architektonicznej Wschodniego Innowacyjnego Centrum Architektury Politechniki Lubelskiej w Lublinie przy ul. Nadbystrzyckiej 38. Budynek posiada pięć kondygnacji nadziemnych i kondygnację podziemną z Garażem. Główną część budynku stanowi strefa dydaktyczna, pracownie, katedry i aula. Na czwartej kondygnacji znajduje się część hotelowa. Instalacje i podstawowe urządzenia instalacji HVAC znajdują się w strefie Dachy (Projekt, 2018)

Modernizacja istniejącego systemu HVAC polega na wprowadzeniu ekologicznej i energooszczędnej instalacji, redukującej zużycia energii ciepła i energii elektrycznej o minimum 50%. Technologia ograniczy emisję CO<sub>2</sub> oraz ograniczy zużycie EP zgodnie z obowiązującymi Warunkami Technicznymi. Instalacja pozwoli uzyskać Certyfikat LEED i BREEAM, jak też przygotować stanowiska badawcze oraz Laboratorium, w którym wykonane będą badania prezentowanej. Ponadto pozwoli wyznaczyć w perspektywie kilku lat moc cieplną i chłodu gruntów w Regionie, Polsce i Europie. Dodatkowo dla dalszej redukcji kosztów eksploatacji zostanie wprowadzona instalacja ogniw fotowoltaicznych w strefie Dachy oraz wymiana oświetlenia na oświetlenie LED.

W prezentowanej Koncepcji parametry powietrza zewnętrznego latem przyjęto do obliczeń zgodnie z normą PN-76/B-03420: strefa klimatyczna II, temperatura zewnętrzna  $t_e = 30$  st.C, wilgotność względna  $\phi = 45\%$ . Parametry powietrza zewnętrznego zimą przyjęto do obliczeń zgodnie z normą PN-B-02403:1982: strefa klimatyczna III, temperatura zewnętrzna  $t_e = -20$  st.C, wilgotność względna  $\phi = 100\%$ . Obliczeniowe wewnętrzne temperatury i wilgotności klimatyzowanych pomieszczeń są zgodne z Polskimi Normami oraz z wytycznymi Inwestora.

Dla ograniczenia kosztów eksploatacji (zużycia energii elektrycznej i cieplnej) zastosowano Instalację, która wykorzystuje ciepło i chłód z wód gruntowych do ogrzewania-chłodzenia powietrza zewnętrznego w centralach wentylacyjnych, obsługujących lokale wewnętrzne wraz z Komunikacją. W skład instalacji wchodzi dolne źródło chłodu/ciepła oraz wewnętrzne instalacje zasilające centrale wentylacyjne. W każdym układzie dolne źródło instalacji stanowi wymiennik gruntowy z pionowymi odwiertami o głębokości ok 60m, w których odzyskiwany jest chłód/ciepło z wody gruntowej. Poszczególne odwierty połączone są w obiegi, które zasilają rozdzielacze wielosekcyjne (w zależności od układu są rozdzielacze w studzienkach zewnętrznych albo rozdzielacze ściennie w pomieszczeniach w budynku). Wykonane odwierty składają się z głowicy, przewodów wykonanych z rur polietylenowych PEHD 100 PN10 SDR17 oraz wstawek stalowych wykonanych z rur cienkościennych kwasoodpornych, poprawiających wymianę chłodu/ciepła między wodą gruntową a wodą w instalacji. Na granicy między dolnym źródłem, a wewnętrzną instalacją, wykonano rozdzielacze wielosekcyjne. Dla układów węzłów zewnętrznych są to rozdzielacze zlokalizowane w studzienkach zewnętrznych np. SPIDER firmy Energeo (studnie wyposażone we właz D400). Natomiast dla układów wewnętrznych zastosowano rozdzielacze wewnętrzne wielosekcyjne. W każdym obiegu na podłączeniu do rozdzielaczy znajdują się zawory kulowe odcinające, zawory regulacyjne (Stromax 4017M firmy np. Herz), termometry na powrocie i zasileniu z dolnego źródła oraz odpowietrznik. Wewnętrzną instalację FCH wykonano jako instalację z obiegiem wymuszonym, w systemie dwururowym w układzie zamkniętym. Elementem zapewniającym odpowiedni przepływ czynnika w instalacji są pompy obiegowe zainstalowane na przewodzie zasilającym, centrale wentylacyjne lub pompy zamontowane w węzłach. W układzie pompowym zamontowano zawory kulowe odcinające, zawór zwrotny, filtr siatkowy oraz manometry. Na przewodzie powrotnym w każdym układzie wbudowano zawór odcinający oraz manometr. Autorzy artykułu zwracają uwagę na opisane pompy, które wielokrotnie mylone są z pompami ciepła. To porównanie nie odpowiada rzeczywistości, gdyż cały system oparty jest na pompach cyrkulacyjnych i nie ma nic wspólnego z opisanymi pompami ciepła. Zabezpieczenie instalacji przed wzrostem ciśnienia stanowi zawór bezpieczeństwa dn15 typ 1915 firmy SYR o nastawie ciśnienia otwarcia 4,0 bar oraz naczynie zbiorcze np. typu NG f-my Reflex o pojemności 50dm<sup>3</sup>. Jako czynnik grzewczy/chłodniczy zastosowano roztwór 35% glikolu etylenowego.

Lokalizację odwiertów oraz prowadzenie przewodów pokazano w części graficznej opracowania (Ryc. 14, 15, 16). Ilustracja 14 przedstawia rzut piwnic (kondygnacja budynku – 1) wraz z lokalizacją odwiertów w strefach A, B, C o mocy chłodniczej i ciepła odpowiednio 800kw, 400kw, 500kw.

Wskazana lokalizacja odwiertów i instalacji zewnętrznych uwzględnia możliwości realizacji związane z istniejącą infrastrukturą, głębokością odwiertów, jak i kierunkiem przepływu wód gruntowych.

Rzut kondygnacji 0 prezentuje zmiany w instalacjach wewnętrznych, uwzględniające nowe ilości i nową jakość powietrza wentylacyjnego. Przy zachowaniu części istniejących instalacji uzupełniono kanały nowymi nawiewnikami i podzielono całą kondygnację na strefy, co pozwoli rozsądnie eksploatować instalację HVAC na tym obiekcie po modernizacji (Ryc. 15).

W kolejnym etapie pozyskana energia ciepła i chłodu z wód gruntowych podlega transformacji układem instalacji wewnętrznych do nowoczesnych, innowacyjnych, energooszczędnych Central HVAC lokalizowanych na Dachy budynku (Ryc. 16, 17).

W celu zapewnienia minimalnego zużycia energii dodatkowo wprowadzono w strefie dachu ogniwa fotowoltaiczne. To pozwoli w okresie eksploatacji zredukować zużycie energii elektrycznej o minimum 30%. Instalacja zostanie wykonana na dachu w strefie wolnej od central i urządzeń. Szczegóły pokazano na ryc. 16 (Rzut Dachy), Zaprojektowana została podstawowa instalacja złożona ze 198 ogniw fotowoltaicznych obustronnych o wydajności nominalnej 360Wp (198 szt. X 360 Wp = 71 280,00 Wp), co pozwoli w okresie eksploatacji pokryć część zapotrzebowania na energię elektryczną i zakwalifikować budynek do budynków Pasywnych. Ponadto warto również przy tej modernizacji dokonać wymiany szkła w świetliku na szyby fotowoltaiczne, co przy powierzchni około 85m<sup>2</sup>, pozwoli uzyskać nominalnie dodatkowo 10 200 Wp przy wydajności 120 Wp z jednego m<sup>2</sup> powierzchni świetlika. Ogółem przy założeniu produkcji energii elektrycznej, która pokryje 30% zapotrzebowania wartości współczynnika EP zmniejszy się poniżej **30,8 Kwh/m<sup>2</sup>/rok**. Wprowadzając opisane rozwiązanie do realizacji miasto uzyska: mniejsze koszty eksploatacji budynków administracyjnych, ograniczy pobór energii elektrycznej o minimum 50%, zmniejszy pobór ciepła o 50%, co dalej spowoduje ograniczenie emisji CO<sub>2</sub> o minimum 70%.

Wychodząc naprzeciw potrzebom ekologii pokazujemy w tym artykule technologię, która w 100% zabezpiecza energię zarówno w nocy, jak i w dni bezwietrzne, i może być wspólnie z opisanymi rozwiązaniami istotnym składnikiem pozyskania odnawialnej energii z OZE, co potwierdzają wyniki wykonanych i eksploatowanych instalacji na terenie całej Polski od 2012 roku.

#### 4. ZAKOŃCZENIE

W Polsce jeszcze nie walczymy o czyste powietrze. Walka z emisją CO<sub>2</sub> nie ma racji bytu bez redukcji zużycia węgla. Autorzy tego artykułu opisaną technologią i zaprezentowanymi rozwiązaniami zamierzają włączyć się w nurt ochrony klimatu, wskazać naturalne magazyny energii, znajdujące się pod powierzchnią ziemi od wieków, niezależne od słońca, wiatru, zawsze o stałej mocy w zimie i lecie, które będą w niedalekiej przyszłości stanowić podstawę realizacji każdej inwestycji. Badania, jakie zostaną wykonane na Politechnice Lubelskiej, wskażą nowy kierunek projektowania budynków, połączą architekturę, konstrukcje i instalacje w jeden zespół, który zdecyduje o przyszłości budownictwa nie tylko realizowanego ze szkła i betonu, ale głównie realizowanego ekologicznie i z poszanowaniem naturalnego środowiska. Autorzy tego artykułu wyrażają przekonanie, na podstawie wieloletnich badań, własnej wiedzy technicznej i wieloletniego doświadczenia, że mamy możliwości walczyć o czyste środowiska. Powinniśmy dołożyć wszelkich starań i wprowadzić opisane rozwiązania do realizacji nie tylko w Polsce, ale i w Europie, gdyż na terenie wszystkich miast istnieją zasoby energii ciepła i chłodu w wodach gruntowych.

#### BIBLIOGRAPHY

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. 415163 z dnia 07-12-2015 Centrale z układem urządzeń wymuszającym obieg powietrza w procesie wentylacji i klimatyzacji pomieszczeń w różnych warunkach klimatycznych
- 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. 222484 z dnia 11-08-2016 pod nazwą Układ urządzeń do pozyskania ciepłej wody z instalacji wody gruntowej dla urządzeń klimatyzacji i wentylacji
- 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)
- Locher W.G. Max von Pettenkofer (1818–1901) as a pioneer of modern hygiene and preventive medicine *Environ Health Prev Med.* 2007; 12(6): 238–245. doi: 10.1007/BF02898030
- Projekt Koncepcja Instalacji FCH HVAC wraz z programem badań Budynku Politechnika Lubelska Wydział Budownictwa i Architektury Samodzielna Pracownia Architektoniczna Lublin ul Nadbystrzycka 38D. Opracowana Listopad 2108
- Wrana J., Fitta-Spelina A., Return to a coherent city -on an example of Lublin. Powrót do miasta wspólnego - na przykładzie Lublina. (artykuł ukazał się w wersji angielskiej, jako rozdział w monografii *Back to the Sense of the City* pod redakcją J.R. Clader, R.B. Arenas, M. Gyurkovich, Centre of Land Policy and Valuations (CPSV) Barcelona 2016
- 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 ISBN 978-83-7947-08-5, 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. Duże 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](mailto:j.wrana@pollub.pl); [w.struzik@wakad.com.pl](mailto:w.struzik@wakad.com.pl)