

Krzysztof PYTEL, dr inż.
Małgorzata TWOREK, mgr inż.

Uniwersytet Pedagogiczny im. KEN w Krakowie
Instytut Techniki
ul. Podchorążych 2, 30-084 Kraków
e-mail: kpytel@up.krakow.pl

WYKORZYSTANIE ODNAWIALNYCH ŹRÓDEŁ ENERGII NA PRZYKŁADZIE BIOGAZOWNI

STRESZCZENIE

W publikacji przedstawiono możliwości wykorzystania gazu wysypiskowego do produkcji energii. Uzyskane wyniki analiz wskazują na możliwość zaangażowania w wykorzystanie instalacji biogazowni. Pod bieżącą kontrolą parametrów procesu, instalacja biogazowni jest bezpieczna i minimalizuje niepożądane oddziaływanie składowiska odpadów na środowisko. Parametry pozyskiwanego biogazu decydują o możliwości wykorzystania go do celów energetycznych, a z kolei uzyskana ilość energii elektrycznej i ciepłej decyduje o opłacalności stosowania instalacji odgazowywania składowisk odpadów.

1. WPROWADZENIE

Polityka proekologiczna krajów wysokorozwiniętych formowała się przez szereg dziesięcioleci, przy czym zawsze duży nacisk był pokładany na zagadnienia związane bezpośrednio z ochroną środowiska. Wieloletnie doświadczenie doprowadziło do pełnej zbieżności przepisów z zakresu ochrony środowiska z regulacjami związanymi z rozwojem gospodarczym i dlatego zostają one adoptowane do polskich realiów [1]. Utworzone programy dostosowawcze ujednoliciły polskie prawo z europejskim. Zasady zrównoważonego rozwoju i przepisy ochrony środowiska utworzyły spójną platformę do przygotowania i poprawy wszelkich inicjatyw polityki przestrzennego zagospodarowania terenu, proekologiczne scenariusze rozwoju zapewniły zachowanie jego walorów krajobrazowych, natomiast respektowanie aktów prawnych odnoszących się do kwestii ochrony i kształtowania środowiska, troska o zasoby naturalne i ochrona walorów przyrodniczych pobudziły zdolności rozwojowe [1].

2. CZYSTE TECHNOLOGIE POZYSKIWANIA ENERGII

Współcześnie w ramach rosnącej świadomości społeczeństwa dotyczącej problemu ochrony środowiska, ciekawą alternatywą staje się możliwość stosowania czystych technologii przy produkcji energii ze źródeł konwencjonalnych [2]. Jednym ze związków o negatywnym oddziaływaniu na środowisko jest CO_2 , dlatego na wyróżnienie zasługują wciąż budzące wiele kontrowersji technologie Carbon Capture and Storage (CCS) pozwalające na redukcję emisji tego gazu do powietrza atmosferycznego. Wychwycenie, transport i podziemne składowanie CO_2 wymaga znacznych nakładów inwestycyjnych wynikających z realizacji kolejnych etapów niezbędnych procedur podziemnego składowania CO_2 . Powszeczne wdrażanie technologii CCS realizowane w wyeksploatowanych zbiornikach ropy, wyeksploatowanych zbiornikach gazu czy w zasolonych wodach znajdujących się poniżej 1000 metrów powinno być bezpieczne dla otoczenia, gdyż odnotowano również naturalne występowanie CO_2 pod ziemią. Mało aktywny sejsmicznie obszar Polski zapewnia niskie prawdopodobieństwo rozszczelnienia skał, a więc odpowiednia lokalizacja nie powinna stanowić zagrożenia dla bezpieczeństwa ludzi. Naturalne wycieki CO_2 nie powodują negatywnych następstw, a więc ewentualne rozszczelnienia i erupcja na powierzchnię CO_2 również nie powinna stanowić zagrożenia. Jedynie gwałtowny wyciek za pośrednictwem otworu wiertniczego mógłby stanowić zagrożenie dla lokalnej społeczności.

Do czystych technologii zaliczyć można również energię pochodzącą z atomu. Metoda wykorzystująca paliwo jądrowe do produkcji energii budzi sprzeciw wśród lokalnych społeczności, a nagłaśnianie w mediach katastrofy wywołują obawy, których głównym źródłem jest strach przed promieniowaniem.

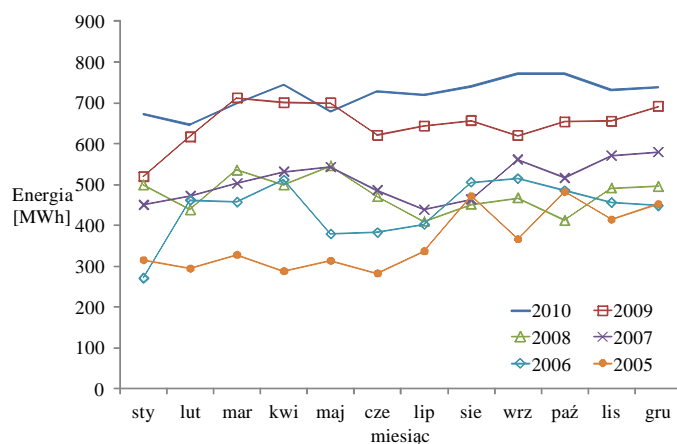
Rozwiązanie pozytywnie postrzegane przez społeczeństwo to mikrogeneracja pozwalająca na zaspokajanie lokalnych potrzeb energetycznych i ewentualne przekazanie nadwyżki wyprodukowanej energii do sieci. Mikrogeneracja polegająca na wytwarzaniu energii elektrycznej i ciepłej w skojarzeniu wymaga kosztownych inwestycji ze względu na kosztowne urządzenia, a więc rozwój technologii rozproszonego wytwarzania uzależniony jest od polityki państwa oraz dostępu do innowacyjnych technologii. Małe instalacje realizowane przez prywatnych inwestorów oparte w dużej mierze na odnawialnych źródłach energii pozwalają na zaspokojenie potrzeb energetycznych gospodarstwa domowego przy jednoczesnym nienaruszeniu stanu środowiska.

Alternatywą dla sektora energetycznego jest gaz uwięziony w łupkach, który szczególnie dla Polski jest szansą na uniezależnienie. Proces eksploatacji gazu łupkowego jako niezwykle kosztowne przedsięwzięcie możliwy jest dzięki nowoczesnym technologiom odwiertów pozwalającym na dostanie się do surowców zamkniętych w skałach macierzystych. Biorąc pod uwagę małą emisyjność CO_2 wzrost wydobywania gazu łupkowego mógłby zahamować inwestycje oparte na źródłach konwencjonalnych i drogich odnawialnych.

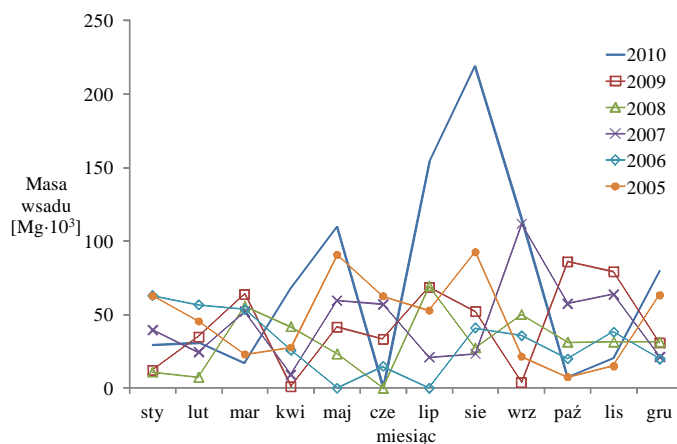
3. PRODUKCJA ENERGII Z BIOGAZU

Wybór technologii jaka będzie wykorzystana do produkcji energii w dużym stopniu zależy od surowca z którego ma być uzyskiwana [3]. W okresie wyczerpania poszukiwań odnawialnych zasobów energii, biogaz odgrywa ważną rolę. Fermentacja organicznych odpadów przemysłowych i konsumpcyjnych oraz działania proekologiczne

towarzyszące powstawaniu biogazu ukazały jego potencjał w realizacji celów ochrony środowiska [4].



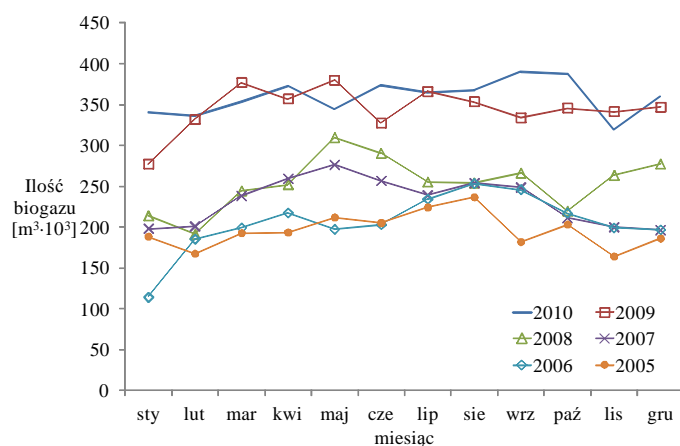
Rys. 1. Ilość wytworzonej energii z bloków energetycznych
Fig. 1. The output power of an electrical generator



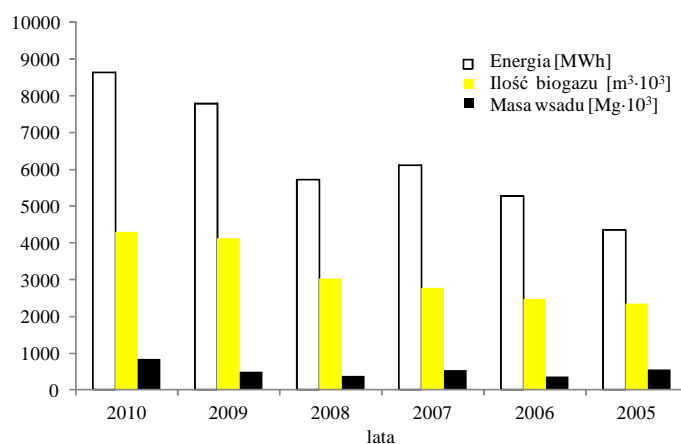
Rys. 2. Suma zgromadzonych odpadów organicznych i nieorganicznych
Fig. 2. Total volume of accumulated organic and inorganic wastes

Budowa biogazowni to dobór instalacji i urządzeń związanych z rodzajem wsadu do produkcji biogazu, zaś parametry uzyskiwanego gazu zależą od przebiegu fermentacji, temperatury, odczynu pH oraz obecności niezbędnych bakterii, czyli od zachodzenia reakcji chemicznych zależnych od ilościowego i jakościowego składu wsadu oraz panujących warunków [5]. Składowisko odpadów komunalnych jest jedną z możliwych lokalizacji do realizacji instalacji wykorzystujących gaz wysypiskowy, gdyż jest to jedno z większych

antropogenicznych źródeł emisji CH_4 . Biogaz można spalać w pochodni lub wykorzystywać na cele energetyczne. Zainstalowane studnie poziome i horyzontalne pozwalają na sprawne pozyskiwanie gazu wysypiskowego [6].



Rys. 3. Ilość pozyskiwanego biogazu w kolejnych latach funkcjonowania inwestycji
Fig. 3. The amount of biogas harvested in subsequent years of the investment



Rys. 4. Porównanie ilości wytworzonej energii z bloków energetycznych z ilością pozyskanego biogazu w relacji do sumy zgromadzonych odpadów organicznych i nieorganicznych

Fig. 4. Comparing the amount of power generated from energy blocks with the amount of collected biogas in relation to the amount of accumulated organic and inorganic wastes

Przeprowadzono analizę funkcjonowania wybranego składowiska odpadów komunalnych. Biorąc pod uwagę znaczną odległość biogazowni od budynków mieszkalnych, uzyskiwana

energia wykorzystywana jest na potrzeby zakładowe. W ciągu 1h przetwarzane jest tam 500 m³ biogazu, który po odebraniu z wysypiska jest transportowany do stacji zbiorczej biogazu celem odprowadzenia wilgoci i sprężenia, potem bez oczyszczania trafia do bloków energetycznych pracujących przy bezpiecznej zawartości metanu w gazie na poziomie 40%. Wyniki analiz z bloków energetycznych wskazują, że z roku na rok instalacja odgazowująca pozwala na uzyskanie większych ilości energii (Rys. 1). W 2005 roku bloki energetyczne wytworzyły 4344,75 MWh, by w 2010 ilość ta wzrosła do 8638,63 MWh. Ilość pozyskiwanego biogazu zwiększa się również z roku na rok, czego przyczyną jest optymalizacja procesu systemu pozyskiwania biogazu.

Uzyskiwane ilości biogazu są zazwyczaj najmniejsze w miesiącach zimowych, co potwierdza wpływ temperatury na tworzenie się gazu wysypiskowego (Rys. 2). Porównując ilość pozyskiwanego biogazu z ilością składowanych odpadów nie ma podobnej analogii (Rys. 3). Wraz ze wzrastającą ilością odpadów nie zawsze wzrasta ilość pozyskiwanego biogazu (Rys. 4). Ta nieproporcjonalność wynika z faktu, że liczba odpadów nie pozwala na miarodajne określenie ile spośród nich miało charakter organiczny, a więc pozwalający na dalsze przemiany chemiczne jakie towarzyszą powstawaniu metanu, a ile nieorganiczny. Jednocześnie zajście kolejnych reakcji zamyka się w pewnym okresie i maksymalny odbiór biogazu następuje w odstępie do 2 lat [7].

4. PODSUMOWANIE

Główną zaletą biogazowi jest możliwość wytwarzania energii odnawialnej w sposób ciągły. Sumaryczna emisja szkodliwych substancji przez generatory jest znacznie mniejsza niż w przypadku uwalniania się metanu bezpośrednio do atmosfery [8].

Instalacja biogazowi pozwala przetworzyć gaz wysypiskowy na energię ciepłą i elektryczną, przez co istnieje możliwość wyeliminowania konwencjonalnych źródeł energii.

Nadwyżki energii elektrycznej wytwarzanej przez generatory sprzedawane są do sieci, przez co przyspieszają zwrot nakładów poniesionych na budowę biogazowi.

Możliwość dofinansowania z programów pomocowych Unii Europejskiej i innych organów wspierających ochronę środowiska i odnawialne źródła energii pozwala obniżyć koszty realizacji kosztownej inwestycji.

Zagadnienia związane ze zmianami klimatycznymi i wykorzystaniem odnawialnych źródeł energii, czego doskonałym przykładem jest instalacja biogazowi zlokalizowana na składowisku, są istotne ze względu dążenie przez społeczeństwo do osiągnięcia jakości życia na poziomie na jaki pozwala obecny rozwój cywilizacyjny, a możliwy jest tylko rozwój zrównoważony, w którym potrzeby obecnego pokolenia muszą być zaspokojone bez umniejszania szans przyszłych pokoleń na ich zaspokojenie [9].

5. LITERATURA

- [1] Tauseef, S.M., Abbasi, S.A.; Biogas Energy, SpringerBriefs in Environmental Science, 2012,
- [2] Nijaguna B. T.; Biogas Technology, New Age International, 2002,
- [3] Pawłowska M.; Możliwość zmniejszenia emisji metanu z wysypisk na drodze jego biologicznego utleniania w rekultywacyjnym nadkładzie glebowym, Politechnika Lubelska, 1999,

- [4] Deublein D., Steinhauser A.; Biogas from Waste and Renewable Resources: An Introduction. Wiley-VCH, 2008,
- [5] Juchelková, D.; Využívání biomasy, Obnovitelné zdroje energie, 2003,
- [6] Craddock D.; Renewable Energy Made Easy: Free Energy from Solar, Wind, Hydropower, and Other Alternative Energy Sources, Atlantic Publishing, 2008,
- [7] Juchelková, D., Koppe, K.; Nutzung der Biomasse - Využívání biomasy, Repronis Ostrava, 2003,
- [8] Mital K. M.; Biogas Systems: Policies, Progress and Prospects, New Age International, 1997,
- [9] Noga H., Deprešova J., Vargova M.; Aksjologiczne wyzwania wobec socjalizacyjnych treści medialnych i multimedialnych, Annales Universitatis Paedagogicae Cracoviensis. Studia Technica, 2010,

RENEWABLE ENERGY FROM BIOGAS

SUMMARY

The paper presents the possibility of use of landfill gas for energy production. The results showed that the biogas energy systems have a great potential. Biogas plant in which the parameters of the process are under current control is safe for environment and minimizes adverse impacts of landfill site. The parameters of biogas sourced determine the possibility of using it for energy purposes and in turn obtained the amount of electricity and heat determines the profitability of using installation of degassing landfills for energy generation.

Sławomir RABCZAK, dr inż.
Danuta PROSZAK-MIĄSIK, dr inż.

Rzeszow University of Technology
Division of Heating and Air-conditioning
al. Powstańców Warszawy 12, 35-959 Rzeszów
rabczak@prz.edu.pl

REAL WORKING CONDITION OF NATURAL VENTILATION

ABSTRACT

Role of ventilation on level of CO₂ concentration and effects connected to dissatisfy natural ventilation operation in buildings have been discussed. The main assumptions of natural ventilation in habitable buildings according to obligatory Polish law regulations have been presented. The obtained real operational conditions of natural ventilation in buildings have been associated with comfort feeling and effect to human health.

1. INTRODUCTION

The most common ventilation system in habitable buildings in Poland is a natural ventilation, often named as gravitational one. That system is functioning in over 98% of buildings, more or less successfully. Ventilation in buildings and apartments is required due to keep the comfort condition and well self feelings related to air freshness in closed spaces. Natural ventilation should ensure uninterrupted air change placed inside the building and replacing it to fresh air from outside of the building. Today, in centre of big cities is hard to say the outside air is fresh. It is usually contaminated by exhaust gases, has unpleasant smell and traced amount of toxic substances. Despite of it ambient air make possible to remove products of ordinary human activities as humidity, generated during metabolic processes and from kitchen, bathroom and as well as from gas burning in gas stove outside of the building. Air is also very important and obligate element to all combustion process itself. The bathroom gas heater is still popular method to hot water production, especially with open combustion chamber, even central heating gas furnace is placed inside of apartments, what is misunderstanding (with open combustion chamber as well). In this case the whole air flow volume necessary to gas burning may exceed minimal air flow obtained

by Polish regulation in PN-03430: *Ventilation of living houses, collective living houses and public utilities. Requirements or in Technical conditions for buildings and its location* [1, 2]. These regulations obligate users of mentioned buildings for support minimal ventilation air for selected rooms on level not less than:

- Kitchen $70 \text{ m}^3/\text{h}$
- Bathroom $50 \text{ m}^3/\text{h}$
- Toilet $30 \text{ m}^3/\text{h}$
- Auxiliary room, without window as wardrobe, pantry $15 \text{ m}^3/\text{h}$

In this case some assumption is made in Polish regulations. Air to above rooms inflow to them from other spaces as restroom, living room, guest room, bedroom. It means, that the same air is used several times in different parts of the buildings – the intermediate system of ventilation is applied. Firstly, the ventilation air inflow to all rooms and from them flow into hall and finally, flow to technical rooms as kitchen, bathroom, separate toilet and auxiliary rooms where air come not exactly from outside building (as should) but from the rest of rooms and it is used second time (figure 1).

Assuming, single – level apartment with 3 bedrooms, living room, kitchen, bathroom, auxiliary room and separately toilet, the overall air flow volume takes value $165 \text{ m}^3/\text{h}$ or $135 \text{ m}^3/\text{h}$ with toilet inside bathroom.

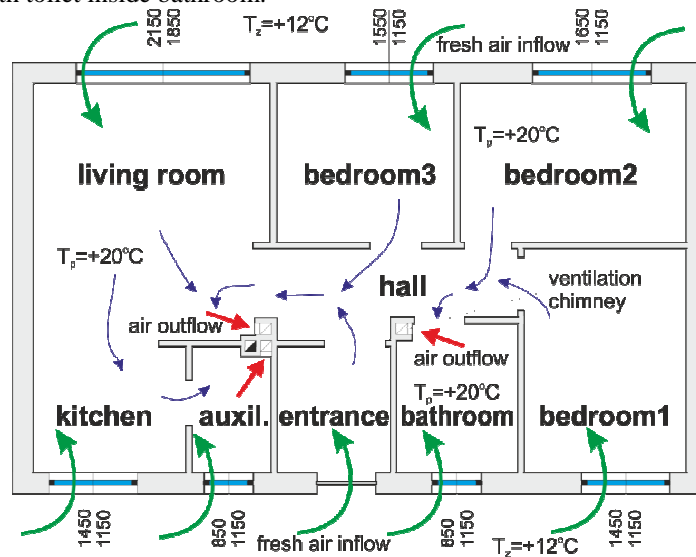


Fig 1. Intermediate system of natural ventilation in living buildings [author]

Rys. 1. Pośredni system wentylacji budynków mieszkalnych [autor]

That air volume must be entered and removed by special natural ventilation duct (chimney) located in rooms where the air must be removed from, according to Polish regulations. The minimal air volume per person is set on $20 \text{ m}^3/\text{h}$ by Polish standard PN-03430. During ordinary activity of inmates one can obtain amount of CO_2 emission from person due to

respiration process and then calculate the minimal air flow volume necessary to remove and dilute the CO₂ concentration to health safety level. In table 1 data on CO₂ emission by people depending on activities and corresponding to it total metabolic heat generation is presented.

Table 1. CO₂ emission from human in activity dependencies [3]

Tabela 1. Emisja CO₂ w zależności od ludzkiej aktywności [3]

Activity type	Metabolic total heat gain Q _h [W/h]	CO ₂ emission E _{CO2} [dm ³ /h]
Resting	100	10÷15
Light work	160÷320	19÷24
Moderate work	320÷480	33÷43
Hard work	480÷650	55÷70
Heavy work	650-800	

To dilute CO₂ to safety level for human the needed air flow volume can be determined from below formula.

$$V_{\text{hyg}} = \frac{E_{\text{CO}_2} \cdot 10^3}{C_{\text{lim}} - C_s} \quad [\text{m}^3/\text{h}] \quad (1)$$

Value of CO₂ concentration in supply air is connected with concentration of this gas in ambient air, it is usually between 350 and 450 ppm (ppm = part per million) – average 400 ppm. The concentration of exhaust gas should be less or equal to maximum acceptable value for safety human reside in closed spaces in building. This value is set as Pettenkofer factor on 1000 ppm. Maximum instantaneous acceptable in short time CO₂ concentration level in building can't exceed 15 000 ppm or 5 000 ppm in long time [4]. German regulation DIN 1948 set the maximum safety for health CO₂ concentration on 1 500 ppm. At such gas concentration level (tolerated in submarines at medical care) the accelerated breath and disorders in acid – alkali blood balance are observed.

For making above assumption the minimal hygienic air volume per person have been established and presented in figure 2.

According to technical condition [2] the hygienic value of air flow volume is set on 20 m³/h in detached houses or 30 m³/h if opening windows are not allowed or in spaces to collective staying and in public utility buildings. Analyzing photo 2 the most closed spaces are not suitable for more activities than light work. More activity leads to more CO₂ generation from metabolic processes compare to provide hygienic air flow volumes by regulation. In fact, the resting is only acceptable if the safety CO₂ concentration level inside building is taking under consideration. Application of gas water heater and gas furnace to space heating with open combustion chamber in building is widespread in Polish conditions. That resolving of heating installation or hot water preparation forces the additional supply air necessary to gas burning. Even fireplace (on solid fuel) with air taking from inside of building is a high dangerous engineering solution.

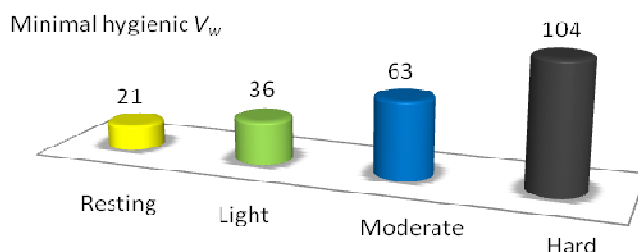


Fig. 2. Minimum air flow volume for removing CO_2 in depends of human activity
 Rys. 2. Minimalny strumień powietrza niezbędny do usunięcia CO_2 w zależności od aktywności [autor]

If the power of installed gas equipments is low, the air demand for combustion is also low and enough to gas burning completely to products as CO_2 and vapor. In case of relatively high power the necessary air to combustion can be equal or exceed the ventilation air, what is strongly dangerous and leads to incomplete combustion, so CO (carbon monoxide) may be emitted to habitable space. Carbon monoxide is a highly poisoning without smell and color. The CO poisoning occurs very often, especially in winter period what is the main reason of many desists. Necessary air to combustion can be obtain approximately in easy way. For each 1 kW of installed power the approx. $10 \text{ m}^3/\text{h}$ air supply is required for gas fuel and for solid one as well. If air demanded devices are placed in bathroom – gas water heater, usually without accumulation tank but as a flow one of average 7,5 kW installed heat power – a whole amount of air volume to combustion process should be on level of $75 \text{ m}^3/\text{h}$. Air volume to bathroom ventilation according to regulation is $50 \text{ m}^3/\text{h}$ and this means the air volume to combustion demand is 50% more, especially if hot water consumption take place during long time period. In such case, is not possible to combust of gas totally and it is the occasion while CO is emitted to inside air in occupation zone. Potentially dangerous installation systems appear in that situation are common known as fireplace or gas furnace using to space heating with air collection from housing zone. Regulation on technical conditions for buildings and its location allows to mount the central heating gas furnace inside occupation zone, but its heat power is limited to 24 kW [2]. Necessary air volume to gas combustion in this case – $240 \text{ m}^3/\text{h}$ – significantly exceeds amount of ventilation air follows to Polish regulation for the entire housing zone. This large air demand leads to formation of high underpressure in building trying to compensate deficit of oxygen O_2 required to combustion process.

2. SELECTED WORKING PROBLEM OF NATURAL VENTILATION

Regular and correct air inflow to house should take place through special air diffusers mounted in top of windows, above windows and without diffusers, by infiltration – assuming the required leakage in windows construction. Air volume which can flow through window is given by producer at strictly condition of pressure difference between

both sides of window sets as 10 Pa. As a result of these assumptions the infiltration factor is defined a_{inf} [5]. Amount of a_{inf} is usually in range from 0,5 up to 1,5 m³/mhdP^{2/3}. It means, that at 1 dPa pressure difference during 1 hour and 1 m leakage length through window flows the 0,5 to 1,5 m³ of ambient air (figure 3).

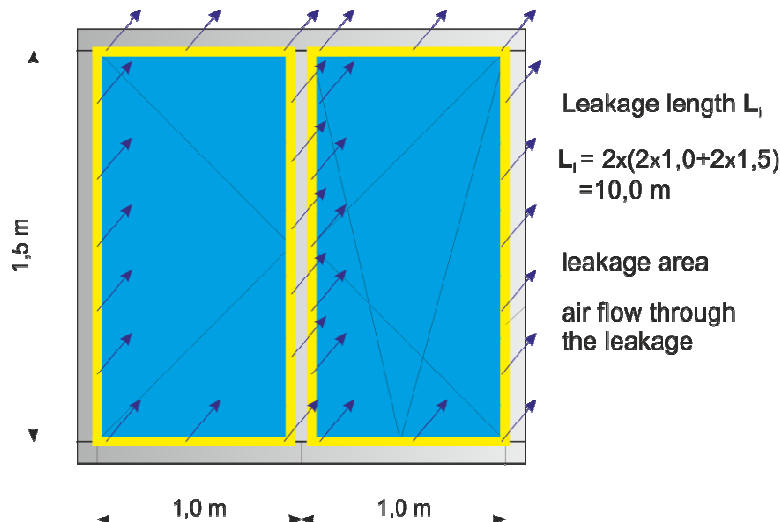


Fig. 3 Schema of leakage length obtaining for air infiltration

Rys. 3. Schemat długości nieszczelności do ustalenia infiltracji powietrza [autor]

If overall length of leakage L_i and infiltration factor a_{inf} are known the air flow volume V_{inf} through the window can be determined according to:

$$V_{inf} = a_{inf} \cdot L_i \cdot \Delta p_{inf}^{1/3} \quad [\text{m}^3/\text{h}] \quad (2)$$

One can notice, that Δp_{inf} in equation (2) must be placed in dPa not in Pa (dPa = 10 Pa) what is commonly lapse.

In these circumstances the main problem is to generate the 1 dPa underpressure in building to prevent proper condition to windows diffusers or infiltration working. Underpressure in building is generated by temperature difference between ambient and indoor air. These temperatures are set as 20°C in occupation zone and 12°C in outside air. Calculating temperature of ambient air results from heating period, time when ambient air temperature is less or equal 12°C, what currently is out of date, because the heating season strongly depends on customer preferences. Above 12°C natural ventilation is not needed to operate properly (one can open window to ventilate rooms without cost incurring for air heating – heating season has finished).

Numerical value of this underpressure Δp_n is combined with gravitational acceleration g , chimney high h_k and density difference between ambient ρ_e and indoor ρ_w .

$$\Delta p_n = h_k \cdot g \cdot (\rho_w - \rho_e) \quad [\text{Pa}] \quad (3)$$

The density difference is strongly related to temperature difference and also with air humidity, but in most cases it can be skipped (except intense usable bathroom and kitchen). Height of chimney in natural ventilation system refers to virtual length measure from average level of air inflow from outside to room and down edge of air exhaust form ventilation chimney to atmosphere above roof (see figure 4).

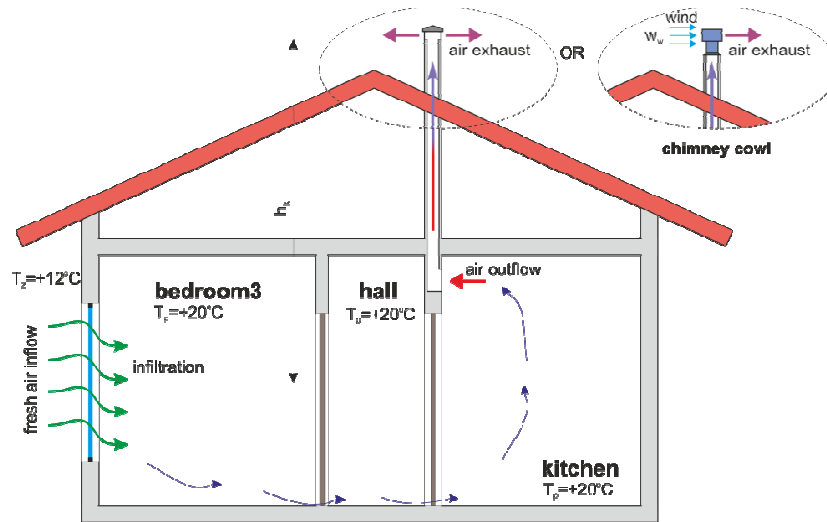


Fig. 4 Schema of natural ventilation operation without and with chimney cowl

Rys. 4. Schemat wentylacji naturalnej działającej z i bez wywietrzaka [autor]

It is obvious, that level of underpressure created by natural ventilation (“active pressure”) is a driving force to air infiltration. If active pressure is small the infiltration is also small and can be occurs that air flow volume through the all building is not enough even for ventilation (and for gas combustion as well). For conditions assuming in Polish regulation one can obtain the real air flow through occupation zone.

As a example, the height of ventilation chimney h_k in kitchen in detached house should be obtain. In chimney, according to mentioned above regulation, flows $V_w = 70 \text{ m}^3/\text{h}$ at indoor temperature $T_w = 20^\circ\text{C}$ and ambient $T_z = 12^\circ\text{C}$. Air inflows to room through window leakages at pressure losses $\Delta p_{inf} = 10 \text{ Pa}$. Pressure loses in chimney was ignored. Dimension of ventilation chimney is $14 \times 14 \text{ cm}$. Density of air is set as:

- $\rho_z = 1,238 \text{ kg/m}^3$ for $T_z = 12^\circ\text{C}$
- $\rho_w = 1,204 \text{ kg/m}^3$ for $T_z = 20^\circ\text{C}$

Ventilation air should flow in chimney with velocity w :

$$w = \frac{V_w}{3600 \cdot A} \quad \left[\frac{\text{m}}{\text{s}} \right] \quad (4)$$

where A is a cross section area of chimney, $A = 0,14 \cdot 0,14 = 0,0196 \text{ m}^2$.

Hence $w = 0,99 \text{ m/s}$. This velocity is necessary to generate proper natural ventilation conditions by transforming all active pressure to dynamic one p_d according to below relation:

$$\Delta p_n - \Delta p_{inf} = p_d \quad [\text{Pa}] \quad (5)$$

Dynamic pressure is formulated as:

$$p_d = \frac{\rho_w \cdot w^2}{2} \quad [\text{Pa}] \quad (6)$$

Hence

$$p_d = \frac{1,204 \cdot 0,99^2}{2} = 0,59 \quad [\text{Pa}]$$

There is only one unknown quantity in equation (5) – h_k . It can be determined in easy way from equation (3) and (5). Finally, searching height of natural ventilation chimney for condition according to Polish regulation is [6]:

$$h_k = \frac{p_d + \Delta p_{inf}}{g \cdot (\rho_z - \rho_w)} \quad [\text{m}] \quad (7)$$

After substituting values:

$$h_k = \frac{0,59 + 10}{9,81 \cdot (1,278 - 1,204)} = 31,75 \quad [\text{m}]$$

According to obligated regulation in habitable buildings height of natural ventilation chimney in kitchen should be not less than 31,75 m. It can be noticed that in analyzed example friction and local pressure losses was skipped. This result is a little unexpected, because it showed that is impossible to provide necessary air flow volume in building at conditions entered in regulation.

But, if assume, that air inflows to building without any pressure losses $\Delta p_{inf} = 0 \text{ Pa}$, than according to (7):

$$h_k = \frac{0,59}{9,81 \cdot (1,278 - 1,204)} = 1,77 \quad [\text{m}]$$

Such assumption is made in *technical condition for building and its location* [2]: minimum height of ventilation chimney should be not less than 2,0 m – wide open window, chimney hydraulically without roughness and local friction not at all. There is no such construction. For 2,0 m height of ventilation chimney calculated air flow volume through window leakages is:

$$V_{inf} = a_{inf} \cdot L_i \cdot [h_k \cdot g \cdot (\rho_w - \rho_z)]^{2/3} \quad [\text{m}^3/\text{h}] \quad (8)$$

As one can see, the air flow depends on length of leakages in window construction. To provide $V_{inf} = 70 \text{ m}^3/\text{h}$ of fresh air to kitchen ventilation at assumed a_{inf} in range 0,5 to 1,5 $\text{m}^3/\text{mhdP}^{2/3}$, the necessary leakage length L_i should be on level from 284 up to 851 m what is impossible in reality. In other way, the real air flow volume at above condition and approximately 10,0 m leakage length (from figure 3) reaches 0,8 to 2,5 m^3/h . It means the natural ventilation is working no more.

In these circumstances, devices place inside the buildings, which get air to combustion from occupation zone are able to suck air from ventilation systems (“backward flow”). It

can often leads to improper process of combustion in environmental of low O_2 concentration and as a product of such installation behavior is poisoning carbon monoxide CO emission (figure 5).

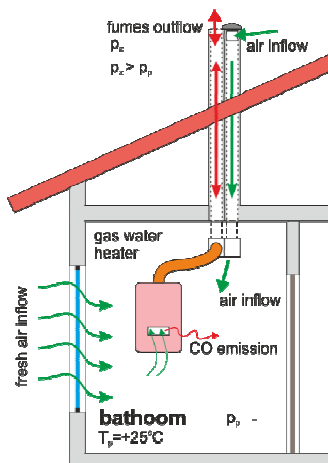


Fig. 5 Schema improper operation of natural ventilation with bath stove
Rys. 5. Schemat nieprawidłowego działania wentylacji naturalnej z gazowym podgrzewaczem ciepłej wody [autor]

Less air flow volume leads to negative effects connected with localization of gas stove and resulting carbon monoxide poisoning. In such dangerous situation only solution is unseals windows. Currently, all traded windows have possibility to control wing opening by put it in several different positions. One of these positions allows unseal window without opening it. It is very important to understand that most causes of CO poisoning are sealed windows, and is not important if window has or not the certificate. The localization of devices with open combustion chamber in rooms with low effectiveness of natural ventilation generate larger air consumption, often much more than minimum air flow volume to building ventilation obtained by regulations. Polish regulations in night period allow to reduce ventilation air to 60%. CO₂ from combustion process can be taking out less efficiently than during day period.

In case of low human activity, person is mostly in standing or sitting position and air flow around them practically in each side what allows to remove gains of CO₂. In case of lying position CO₂ removing from surface of skin is strongly limited or blocked – accumulation of carbon dioxide is take place to concentration higher than acceptable – above 1000 ppm, usually more than 5 – 8 thousands ppm. Human also is breathing through skin and due to it air must flows around person to remove or dilute harmful at such high concentration CO₂. At ineffective working of natural ventilation is almost impossible.

Effectiveness of natural ventilation strongly depends on outside temperature T_z . To intensify of natural ventilation on top of the chimney a ventilation cowl is mounted. Ventilation cowl allows to transform a part of wind energy to active pressure ΔP_H , which is summarized to active pressure of ventilation chimney ΔP_n .

Due to it, the larger level of underpressure is generated in building to make possible infiltrate air through window leakages or special diffusers.

$$\Delta p_W = K \frac{\rho \cdot w_w^3}{2} \quad [Pa] \quad (9)$$

$$\Delta p_n + \Delta p_W = \Delta p_{inf} \quad [Pa] \quad (10)$$

For example, one of the most common cylindrical ventilation cowl has been taken with possibility of wind energy recovery for active pressure $K = 0,4$.

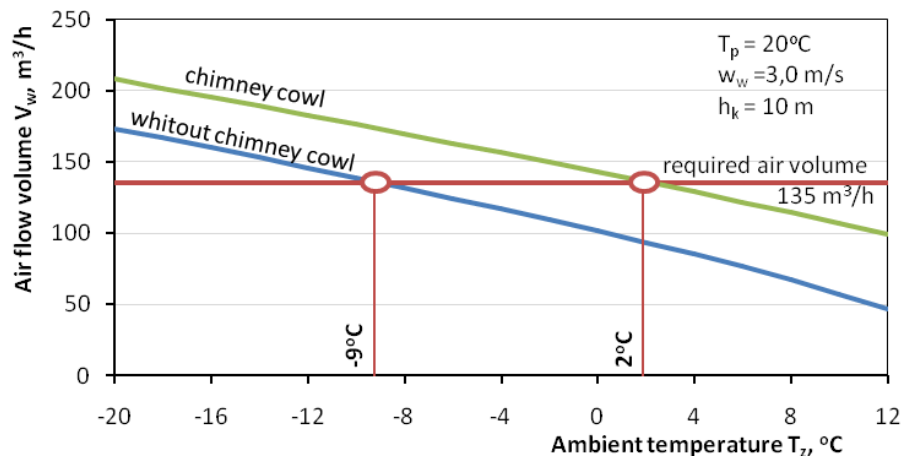


Fig 6 Air flow volume in function of ambient temperature

Rys. 6. Strumień przepływu powietrza w funkcji temperatury zewnętrznej [autor]

Wind velocity was set as $w_w = 3,0$ m/s. Ventilation cowl intensify overall air flow volume in system not more than 10-20% compared to ventilation system without it (building with kitchen 70, bathroom 50 and auxiliary room 15 m³/h, see figure 6).

Efficiently natural ventilation system operates only below temperature $+2^\circ\text{C}$ in case of ventilation cowl mounted on top of the chimney. Without ventilation cowl, temperature below it the air flow volume demand is achieved starts from -9°C . Between $+2$ and -9°C for localization in Rzeszow there are 108 days – this is the difference in time operation between standard system and with ventilation cowl option (based on data from meteorological station Rzeszow-Jasionka). If the 12°C has been taken as a beginning point below which the natural ventilation should works, it will be properly working only 13,5 days in the heating season (all heating season takes 231 days) or a little bit longer in case of ventilation cowl – 106 days. It means that ventilation works properly only in 6% time in season or 46% in case of ventilation cowl. That is way ventilation cowl is so important for prove air flow volume on certain level as long as it is possible.

In analyzed example a hydraulic friction and local losses has been not taken into account. Hence, in the real condition air flow volume can be even less.

3 CONCLUSIONS

Human, during his lifetime approximately 85% of time occurs in closed areas. Effectiveness of natural ventilation operating has significant influence on comfort filling and as well as health itself. Main product of human metabolism as heat, humidity and CO₂ must be remove efficiently out from a skin or dilute to health safety level. At ineffective ventilation it becomes impossible. Effective ventilation has a great deal of importance in case heating devices with open combustion chamber located inside the building. These devices together with sealed windows carpentry is a main reason of CO poisoning. That is way the windows should not be sealed, needed position in all the time should be kept as unsealed but not open, what provide uninterrupted air flows volume through the building. It allows to avoid many technical and health problems during natural ventilation exploitation.

4 REFERENCES

- [1] PN-83/B-03430/Az3:2000: *Wentylacja w budynkach mieszkalnych, zamieszkania zbiorowego i użyteczności publicznej. Wymagania*
- [2] Rozporządzenie Ministra Infrastruktury z dnia (Dz. U. Nr 75, poz. 690 z 2002 r. ze zmianami Dz. U. Nr 201 poz. 1238 z 06.11.2008 r.): *Warunki techniczne jakim powinny odpowiadać budynki i ich usytuowanie*
- [3] Lambertsen C. J. (1971): *Carbon Dioxide Tolerance and Toxicity*. Environmental Biomedical Stress Data Center, Institute for Environmental Medicine, University of Pennsylvania Medical Center. IFEM (Philadelphia, PA) Report No. 2-71. Retrieved 2008-05-02
- [4] Rozporządzenie Ministra Pracy i Polityki Socjalnej (Dz. U. nr 79/1998) dotyczące najwyższych dopuszczalnych stężeń szkodliwych dla zdrowia w środowisku pracy
- [5] PN-EN 12207:2001: *Okna i drzwi - Przepuszczalność powietrza – Klasyfikacja*
- [6] Opaliński S., Rabczak S. (2002): *Wentylacja grawitacyjna*, Oficyna Wydawnicza Politechniki Rzeszowskiej

STRESZCZENIE

W artykule przedstawiono rolę wentylacji naturalnej w odniesieniu do poziomu koncentracji CO₂ w budynkach mieszkalnych. Omówiono główne założenia działania wentylacji w oparciu o obowiązujące przepisy prawne oraz jej oddziaływanie na odczucie komfortu jak i jej wpływ na zdrowie ludzi.

Elżbieta RYBAK-WILUSZ, dr inż.

Zakład Ciepłownictwa i Klimatyzacji
e_mail: elrywi@prz.edu.pl
Politechnika Rzeszowska
al. Powstańców Warszawy 12, 35-959 Rzeszów

Krzysztof PRUC, mgr inż.

“BH-Res” Firma handlowa
e_mail: k.pruc@bh-res.pl
ul. Torowa 3, 35-205 Rzeszów

EFEKTYWNOŚĆ EKONOMICZNA ZWIĘKSZENIA GRUBOŚCI IZOLACJI PRZEWODÓW OGRZEWANIA POWIETRZNEGO

STRESZCZENIE

W artykule przedstawiono ocenę ekonomiczną zwiększenia grubości izolacji cieplnej przewodów ogrzewania powietrznego spowodowanego realizacją wymagań dotyczących poprawy charakterystyki energetycznej budynków. Przeprowadzono również ocenę wzrostu powierzchni i kubatury zajmowanej przez przewody ogrzewania powietrznego o zróżnicowanych grubościach izolacji cieplnej.

1. WPROWADZENIE

W rozporządzeniu [1] z 2008 r. zmieniającym rozporządzenie w sprawie warunków technicznych, jakim powinny odpowiadać budynki i ich usytuowanie, zawarte wymagania dotyczące izolacyjności cieplnej związane z oszczędnością energii, określają minimalną grubość izolacji cieplnej przewodów i komponentów. Dla przewodów ogrzewania powietrznego przy zastosowaniu materiału o współczynniku przewodności cieplnej $\lambda=0,035$ W/(m·K) ułożonych wewnątrz izolacji cieplnej budynku wymagana obecnie grubość izolacji wynosi 40 mm, a ułożonych na zewnątrz izolacji cieplnej budynku 80 mm. Zastosowanie materiału o innej izolacyjności wymaga skorygowania grubości warstwy izolacyjnej. Spowodowało to zasadniczą zmianę w stosunku do poprzednich przepisów, które zalecały projektowania izolacji przewodów tak, by ilość energii cieplnej wymaganej

do użytkowania budynku, zgodnie z jego przeznaczeniem, była utrzymana na racjonalnie niskim poziomie. Dotychczas najczęściej stosowanymi przewodami do przesyłania powietrza i instalacjach ogrzewania powietrznego były kanały wentylacyjne ze standardowo wykonaną izolacją o gr. 20 mm lub 25 mm, tzw. kanały preizolowane.

Przedstawiona w artykule [2,3] analiza wpływu zwiększania grubości izolacji cieplnej przewodów instalacji ogrzewania powietrznego na efektywność cieplną budynku wykazała, że zwiększenie grubości izolacji cieplnej przewodów ogrzewania powietrznego do wartości 40 mm prowadzi pozornie do uzyskania oszczędności eksploatacyjnej budynku. Wyniki obliczeń wskazały, że przy zwiększeniu o 5 mm dotychczas powszechnie stosowanej grubości izolacji wynoszącej 20 mm, udział strat ciepła przewodów w całkowitym zapotrzebowaniu ciepła budynku jest taki sam, a w niektórych przypadkach analizowanych budynków większy, jak przy zwiększeniu grubości izolacji o 15 mm, z 25 mm do wymaganych 40 mm. Udział ten wyniósł ok. 2,0 – 3,5%.

Uzasadnieniem obligatoryjnie przyjmowanej grubości izolacji może stać się ocena efektywności ekonomicznej zwiększenia grubości izolacji cieplnej przewodów, uwzględniając przy tym nowelizację wymagań w zakresie ochrony cieplnej budynków zawartą w Dyrektywie 2010/31/UE w sprawie charakterystyki energetycznej budynków [4]. Wskazano w niej na zagadnienie efektywności ekonomicznej rozwiązań służących zmniejszaniu zużycia energii. W Dyrektywie stwierdza się, między innymi, że minimalne wymagania w zakresie charakterystyki energetycznej budynków i elementów budynków powinny zostać określone w sposób zapewniający osiągnięcie optymalnej pod względem kosztów równowagi między wymaganymi nakładami i kosztami energii zaoszczędzonymi podczas cyklu życia budynku. Jednocześnie pozostawiono państwom członkowskim prawa do określenia minimalnych wymagań, które byłyby efektywniejsze energetycznie niż optymalne po względem kosztów poziomu efektywności energetycznej.

2. OBLICZENIE WZROSTU KOSZTÓW INWESTYCYJNYCH PRZY ZASTOSOWANIU DODATKOWEJ IZOLACJI WYNIKAJĄCEJ Z NOWELIZACJI ROZPORZĄDZENIA

Zastosowanie dodatkowej izolacji wynikającej z rozporządzenia [1] wiąże się ze wzrostem kosztów inwestycyjnych. Analizę kosztów inwestycyjnych przy zastosowaniu dodatkowej izolacji wykonano dla sześciu instalacji ogrzewania powietrznego w czterech różnych budynkach. W budynku jednorodzinnym (I), klubie sportowym (II), budynku 5-cio kondygnacyjnym oraz budynku parterowym. Zestawienie parametrów budynku zawiera tab.1.

Obliczono zużycie materiału izolacyjnego, koszty materiałów i wykonania izolacji przewodów 6 instalacji ogrzewania powietrznego dla trzech rodzajów izolacji:

- a) kanał wentylacyjny preizolowany (ze standardową 20 mm izolacją) z dodatkową izolacją o gr. 20 mm,
- b) kanał z blachy stalowej z izolacją o gr. 40 mm,
- c) kanał z blachy stalowej z izolacją o gr. 20 mm.

Kanał z izolacją o grubości 20 mm przyjęto jako poziom odniesienia wyznaczając wzrost kosztów izolacji przewodów do wymaganej 40 mm grubości.

Obliczenie wzrostu kosztów inwestycyjnych wykonano przy następujących założeniach:

- kanały zostały zaizolowane izolacją [5].

Tab. 1. Zestawienie parametrów obliczeniowych.

Tab. 1. List of evaluation parameters.

L.p.	Nazwa budynku	Kubatura budynku [m ³]	Długość przewodów L_{inst} [m]	Pole powierzchni wew. przewodu P_w [m ²]	Zużycie izolacji [m ²]
I.	Budynek jednorodzinny	511	76	65,4	a - 79,1 b - 77,9 c - 71,5
II.	Klub sportowy	1 921	115	110,3	a - 131,0 b - 128,7 c - 119,5
III.	Budynek 5-cio kondygnacyjny	10 206	376	554,8	a - 622,5 b - 615,0 c - 584,9
IV.	Budynek 5-cio kondygnacyjny	10 206	381	454,2	a - 522,8 b - 515,2 c - 484,7
V.	Budynek parterowy $t_{i0}=26^{\circ}\text{C}$	2 700	200	698,4	a - 734,4 b - 730,4 c - 714,4
VI.	Budynek parterowy $t_{i0}=40^{\circ}\text{C}$	2 700	200	382,4	a - 418,4 b - 414,4 c - 398,4

- ilość roboczogodzin wyznaczono na podstawie KNR 2-16 0103-02. Przyjęto izolację przewodów wełną mineralną luzem, liczba roboczogodzin izolatorów wynosi 0,51 r.g./m², a robotników gr. I 0,87 r.g./m².

Zużycie materiału izolacyjnego wyznaczono w oparciu o zewnętrzne wymiary kanału wg wzorów:

$$U_{izol} = 2(A+2C)+2(B+2C) = 2A+2B+8C, \text{ [m]} \quad (1)$$

gdzie U_{izol} jest to obwód kanału z uwzględnieniem grubości izolacji, [m], A – szerokość kanału, [m], B – wysokość kanału, [m], C – grubość izolacji, [m],

$$P_{izol} = U_{izol} \cdot L_{inst} \text{ [m}^2\text{]} \quad (2)$$

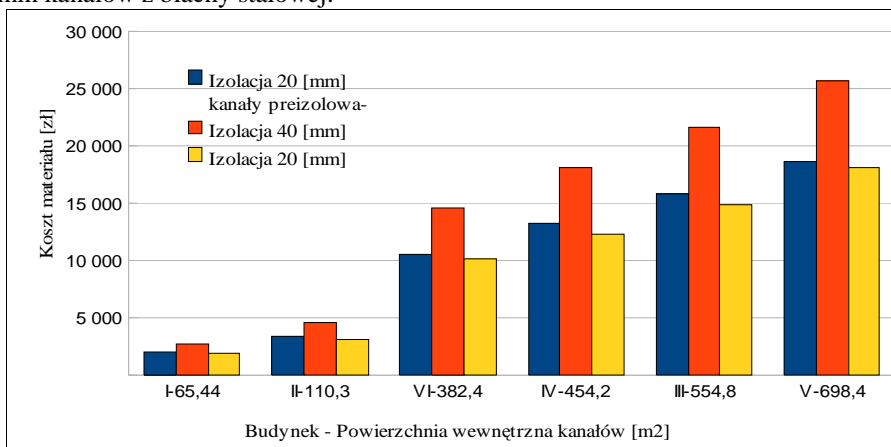
gdzie:

P_{izol} – pole powierzchni izolacji, [m²],

L_{inst} – długość przewodu, [m].

Cena jednostkowa izolacji kanału wentylacyjnego wykonanej z wełny o gr. 20 mm wynosi 25,30 zł/m², natomiast o gr. 40 mm 35,10 zł/m². Przyjęto koszt roboczogodziny 23,0 zł/r.g.

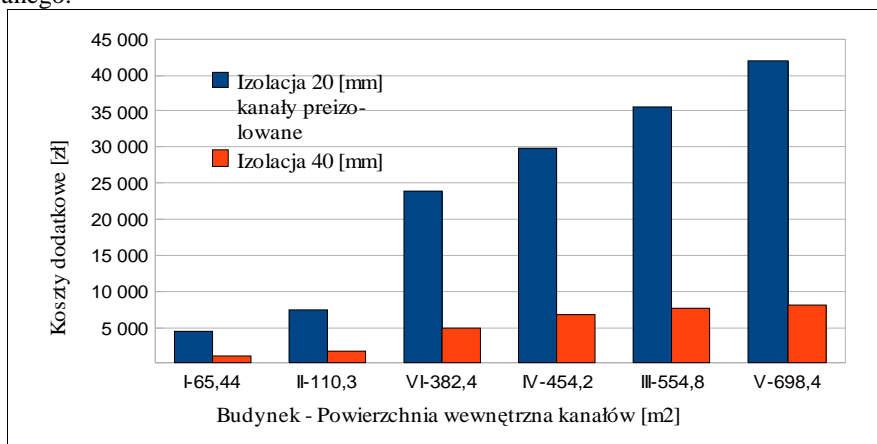
Wyniki obliczeń wzrostu kosztów inwestycyjnych przy zastosowaniu dodatkowej izolacji wynikającej z nowelizacji zawartej w rozporządzeniu [1] przedstawiono na rys. 1, 2 i 3. Najwyższe koszty materiału (rys. 1), wystąpią przy zastosowaniu izolacji o grubości 40 mm kanałów z blachy stalowej.



Rys. 1. Koszt materiału izolacyjnego w zależności od powierzchni wewnętrznej kanału.

Fig.1. The cost of insulating material depending on the surface the internal duct.

Koszty materiału przy izolowaniu kanałów blaszanych i kanałów preizolowanych warstwą materiału izolacyjnego o grubości 20 mm są zbliżone. Nieznaczna różnica między nimi wynika z większej ilości zużytego materiału z powodu większego obwodu kanału preizolowanego.



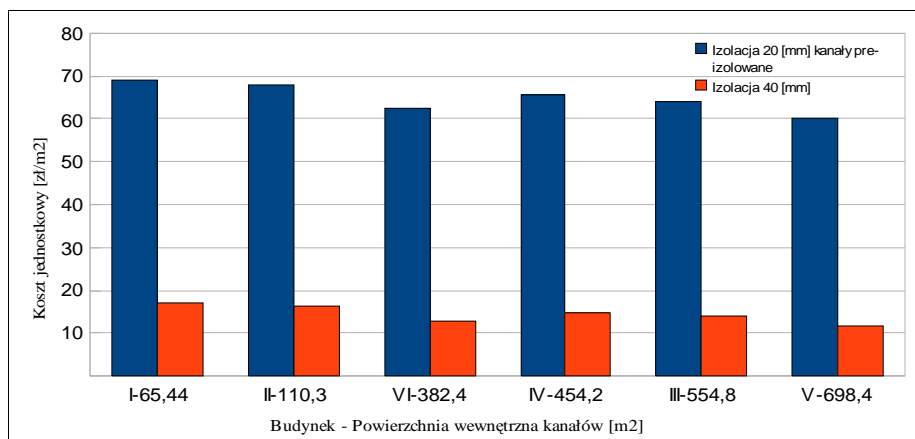
Rys.2. Dodatkowe koszty wykonania izolacji przewodów instalacji ogrzewania powietrznego wynikające ze stosowania nowelizacji rozporządzenia.

Fig.2. The additional costs of implementing the isolation pipes.

Wykonanie dodatkowej izolacji zwiększa koszty materiału izolacyjnego oraz robocizny. Na rys. 2 przedstawiono koszty wykonania dodatkowej izolacji dostosowującej grubość materiału izolacyjnego do wymaganych 40 mm.

Obliczenia wykazały około czterokrotny wzrost kosztów spowodowany zastosowaniem dodatkowej warstwy materiału izolacyjnego na przewodach preizolowanych, w stosunku do kosztów izolowania kanałów z blachy stalowej. Należy zaznaczyć, że kanały preizolowane produkowane i wykorzystywane na całym świecie, posiadają własną, fabrycznie wykonaną izolację termiczną. Zwiększenie kosztów wynika z konieczności zastosowania droższego materiału oraz większej izolowanej powierzchni.

Kanały z blachy stalowej nie wymagają dostosowywania grubości izolacji do obowiązujących wymagań, lecz tylko nałożenia materiału izolacyjnego o określonej grubości. Koszty dodatkowej izolacji kanałów blaszanych są niższe w porównaniu z kosztami dodatkowej izolacji kanałów preizolowanych.



Rys.3. Wzrost kosztów jednostkowych wykonania izolacji przewodów ogrzewania powietrznego wynikający z wprowadzenia nowelizacji do rozporządzenia.

Fig.3. The increase in elementary costs of implementation insulation pipes.

Wzrost kosztów jednostkowych wykonania dodatkowej izolacji kanałów blaszanych (rys.3) wynosi 11,6 zł/m² w dużych instalacjach (budynek parterowy V) i 17,2 zł/m² w małych instalacjach (budynek jednorodzinny I), zaś dla kanałów preizolowanych wynosi odpowiednio 60,0 zł/m² i 69,0 zł/m². Różnice między kosztami w ww. budynkach wskazują, że nowelizacja w znacznym stopniu zwiększa koszty izolacji instalacji ogrzewania powietrznego wykonanych z kanałów preizolowanych.

3. OBLICZENIE WZROSTU POWIERZCHNI I KUBATURY ZAJMOWANEJ PRZEZ PRZEWODY OGRZEWANIA POWIETRZNEGO

W celu obliczenia wzrostu powierzchni i kubatury zajmowanej przez przewody ogrzewania powietrznego wyznaczono pole przekroju poprzecznego zaizolowanego prze-

wodu, po zewnętrznym konturze przewodu, oraz objętość zaizolowanego przewodu, w oparciu o następujące wzory:

$$P = A \cdot B, [\text{m}^2] \quad (3)$$

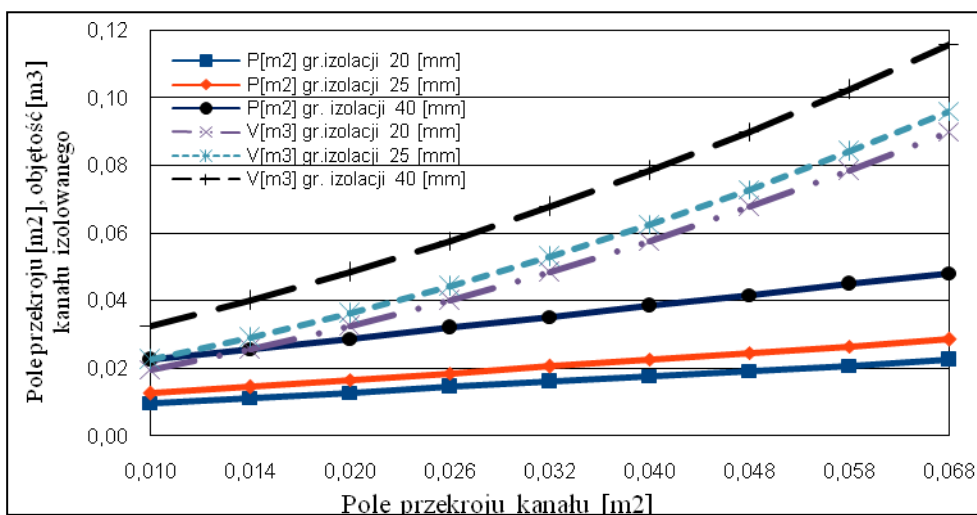
$$P_{20,25,40} = (A + 2 \cdot C) \cdot (B + 2 \cdot C), [\text{m}^2] \quad (4)$$

gdzie P jest to pole przekroju poprzecznego przewodu, $[\text{m}^2]$, $P_{20,25,40}$ - pole przekroju poprzecznego przewodu z izolacją o gr. 20, 25 i 40 mm, $[\text{m}^2]$,

$$V_{20,25,40} = P_{20,25,40} \cdot L_{\text{inst.}}, [\text{m}^3] \quad (5)$$

gdzie $V_{20,25,40}$ jest to objętość przewodu z izolacją o określonej grubości, $[\text{m}^3]$. Pozostałe oznaczenia jak we wzorze 1 i 2.

Wyniki obliczeń wzrostu powierzchni i kubatury zajmowanej przez przewody ogrzewania powietrznego przedstawiono na rys. 4.



Rys.4. Charakterystyka pola przekroju poprzecznego i objętość izolowanego kanału.

Fig.4. Characteristics of the cross-sectional area and volume insulated duct.

Izolacja zwiększa powierzchnię i objętość zajmowaną przez przewody ogrzewania powietrznego. Największy wzrost pola przekroju poprzecznego kanału przy zwiększeniu grubości izolacji występuje przy grubościach 40 mm oraz małych przekrojach kanału.

Pokrycie kanałów warstwą izolacji termicznej o grubości 40 mm powoduje znaczny wzrost przestrzeni budynku zajmowanej przez kanał, w stosunku do grubości izolacji wynoszącej 20 mm i 25 mm. Objętość kanału zaizolowanego wzrasta wraz ze zwiększeniem przekroju poprzecznego kanału.

4. WNIOSKI

Przedstawiona analiza wpływu zwiększania grubości izolacji przewodów instalacji ogrzewania powietrznego na efektywność cieplną budynku [2,3] oraz powyższa analiza kosztów prowadzi do sformułowania następujących wniosków:

- udział strat ciepła przewodów w całkowitym zapotrzebowaniu ciepła budynku przy zwiększeniu grubości izolacji o 5 mm i 15 mm wynosi ok. 2,0 – 3,5% [2,3],
- w przypadku ogrzewania powietrznego, niemożliwy jest zwrot poniesionych kosztów na dodatkową izolację przewodów z oszczędności energii cieplnej, z uwagi na to, że straty ciepła przewodów ogrzewania powietrznego pozostają w budynku, ciepło nie jest tracone,
- zwiększenie grubości izolacji w celu uzyskania wymaganej nowelizacją grubości 40 mm powoduje wzrost kosztów inwestycyjnych. Zastosowanie dodatkowej warstwy materiału izolacyjnego na przewodach preizolowanych powoduje około czterokrotny wzrost kosztów, w stosunku do kosztów dodatkowej izolacji kanałów z blachy stalowej,
- większe zużycie materiałów izolacyjnych w instalacjach zamiast zakładanego zmniejszenia emisji gazów cieplarnianych, na skutek ograniczenia zużycia energii może przyczynić się do jej wzrostu, spowodowanego wzrostem produkcji materiałów izolacyjnych,
- zwiększenie grubości izolacji powoduje również wzrost powierzchni i objętości zajmowanej przez kanały, a więc najczęściej zajęcie przestrzeni technicznych o ewentualnie innym wykorzystaniu, a tym samym przyczyni się do wzrostu ogrzewanej kubatury budynku,
- zwiększenie grubości izolacji cieplnej przewodów ogrzewania powietrznego do wartości 40 mm prowadzi pozornie do uzyskania oszczędności energii w budynku natomiast w znacznym stopniu podnosi koszty inwestycyjne.

5. BIBLIOGRAFIA

- [1] Rozporządzenia Ministra Infrastruktury z dnia 6 listopada 2008 r. *zmieniające rozporządzenie w sprawie warunków technicznych, jakim powinny odpowiadać budynki i ich usytuowanie* (Dz.U. nr 201/2008 poz. 1238).
- [2] Rybak-Wilusz Elżbieta, Pruc Krzysztof: *Izolacja przewodów ogrzewania powietrznego w aspekcie wymagań techniczno-prawnych*. Zeszyty Naukowe Politechniki Rzeszowskiej nr 271. Budownictwo i Inżynieria Środowiska z. 57, nr 4/2010. Oficyna Wydawnicza Politechniki Rzeszowskiej. Rzeszów 2010.
- [3] Rybak-Wilusz Elżbieta, Pruc Krzysztof: *Grubość izolacji przewodów ogrzewania powietrznego w aspekcie wymagań techniczno-prawnych i efektywności cieplnej budynków*. Izolacje. Budownictwo, przemysł, ekologia. Nr 1/2011 (152) Rok XVI. Dom Wydawniczy Medium. Warszawa 2011.
- [4] Dyrektywa Parlamentu Europejskiego i Rady 2010/31/UE z dnia 19 maja 2010 r. *w sprawie charakterystyki energetycznej budynków* (zmieniająca Dyrektywę 2002/91/WE).

- [5] Recknagel H., Schramek E.R. *Kompendium wiedzy. Ogrzewnictwo, klimatyzacja, ciepła woda, chłodnictwo* - Recknagel, Sprenger, Schramek. Wydawnictwo Omni Scala. Wrocław 2008

ECONOMIC EFFICIENCY INCREASE THE THICKNESS OF THE INSULATION FOR THE HOT AIR DUCTS

SUMMARY

This article introduces economic aspects and technical evaluation regarding new requirements for the hot air ducts. In the analysis was conducted economic evaluation of increasing the thickness of thermal insulation for the hot air ducts.

Adam RYBKA, dr hab. inż. arch., prof. PRz.

Magdalena SZPYTMA, mgr inż. arch.

Politechnika Rzeszowska

Zakład Urbanistyki i Architektury

al. Powstańców Warszawy 12, 35-959 Rzeszów

e-mail: akbyr@prz.edu.pl,

e-mail: mszpytma@prz.edu.pl

Cezary SZPYTMA, mgr inż. arch.

Politechnika Rzeszowska

Zakład Projektowania Architektonicznego

al. Powstańców Warszawy 12, 35-959 Rzeszów

e-mail: cszpytma@prz.edu.pl

RÓŻNE SKALE - RÓŻNE METODY. ZRÓWNOWAŻONY ROZWÓJ NA WYBRANYCH PRZYKŁADACH POLSKIEJ ARCHITEKTURY

STRESZCZENIE

Artykuł prezentuje różnorodne środki, które zależnie od skali są odpowiednie do uzyskania optymalnych rozwiązań skupionych wokół idei zrównoważonego rozwoju. Rozwiązania takie stają się w Polsce coraz powszechniejsze. Myślenie o wpływie na środowisko zauważyć można w różnych skalach – od urbanistyki do projektów małych budynków. Zmiany widoczne są jednak przede wszystkim w społecznej świadomości ekologicznej. Bo tak naprawdę właśnie ona gwarantuje poszanowanie środowiska w kontekście wykraczającym daleko w przyszłość i zaprzestanie skupiania się jedynie na zaspokajaniu naszych obecnych, wciąż rosnących potrzeb.

1. WPROWADZENIE

Kwestie ekologiczne są podnoszone coraz częściej i trafiają już nie tylko do architektów, ale przede wszystkim do inwestorów. Wydaje się, że zapoczątkowany proces zmian w myśleniu potrwa jeszcze jednak dość długo, zanim na dobre zadomowi się w świadomości polskiego społeczeństwa, z natury konserwatywnego i przeciwnego zmianom, kojarzącego ekologię z fanaberiami generującymi dodatkowe koszty i nieprzynoszącymi realnych

zysków. Chociaż zapewnienie ochrony środowiska w zgodzie z zasadami zrównoważonego rozwoju od dawna wpisane jest do Polskiej konstytucji, to dopiero od stosunkowo krótkiego czasu temat ten zaczyna być traktowany z należytą mu uwagą. Do tej pory dość krótkowzrocznie pojmowane kwestie ekonomiczne przeważały nad długofalową oceną wpływu budynków na środowisko. Niżej przytoczone przykłady pokazują, że ekologia może być zyskowa, a jej oblicza różnorodne i dopasowane do skali budynku. Przykłady te są dowodem na to, że pomysły pro-ekologiczne mają możliwość zaistnienia i głębszy sens użytkowy w polskich warunkach.

Pojęcie zrównoważonego rozwoju jest pojęciem zdecydowanie interdyscyplinarnym. Niemożliwe jest wręcz w krótkiej formie artykułów przedstawić dogłębnie jego istotę, dlatego pole badawcze na potrzeby tej pracy zostało zawężone do trzech przykładów prezentujących pojęcie w różnych skalach. Zrównoważony rozwój potraktowany został jako podstawowa determinanta ewolucji współczesnej architektury.

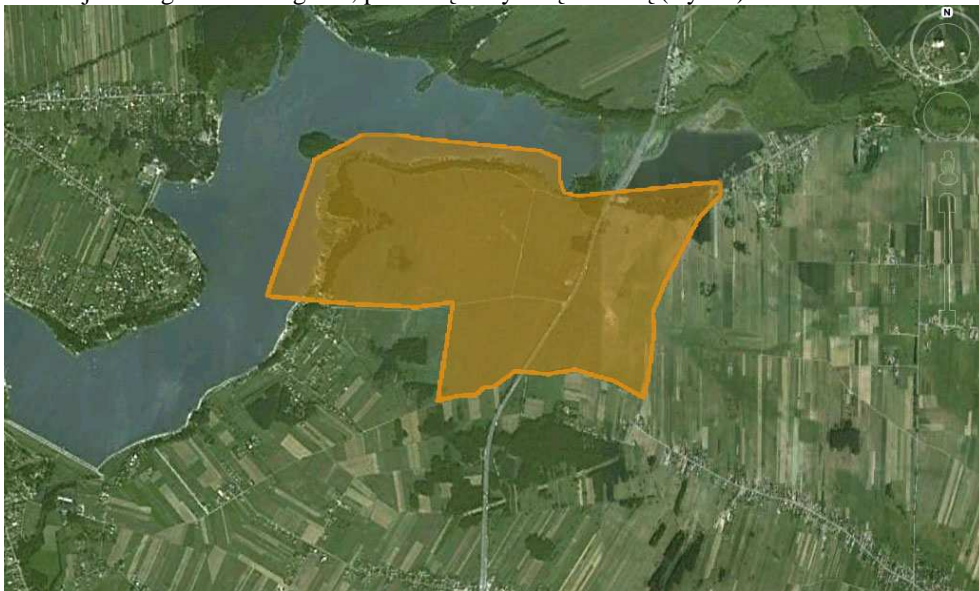
2. ZRÓWNOWAŻONY ROZWÓJ W KONTEKŚCIE MIASTA

Pierwszy przykład odnosi się do działań długofalowych przewidzianych na co najmniej kilkanaście lat i potwierdza, że problematyka wpływu inwestycji na środowisko i zasad zrównoważonego rozwoju adaptowana jest również w urbanistyce. Znaczącym wydaje się być fakt powstania od podstaw założenia mieszkaniowego, które nie dostosowuje się do obecnych pro-ekologicznych trendów, lecz ma u swych podstaw idee zrównoważonego rozwoju. Stanowi to zupełnie nowa jakość i otwiera nowe możliwości dla zdecydowanie bardziej optymalnych rozwiązań. Zawraca też uwagę planowany nacisk kładziony na edukację przyszłych mieszkańców. Bez wątpienia jest to elementem kluczowym dla ewentualnego sukcesu całego projektu w kontekście ekologii. Jeśli przedsięwzięcie odniesie sukces, będzie to niewątpliwie ogromne osiągnięcie, które - co bardzo prawdopodobne - może się stać punktem odniesienia dla kolejnych realizacji urbanistycznych opartych na podobnych założeniach.

Projekt ma powstać niedaleko Katowic, w gminie Siewierz jako pierwsze w Polsce budowane od podstaw ekologiczne miasteczko. Teren inwestycji zajmuje powierzchnię 120 ha w bezpośrednim sąsiedztwie zalewu Przeczycko-Siewierskiego. Ze względu na bardzo dobre skomunikowanie z aglomeracją śląską, teren ma ogromny potencjał aby stać się idealnym miejscem do mieszkania dla ludzi ceniących sobie kontakt z przyrodą i jednocześnie aktywnych zawodowo. Projekt miasteczka opiera się na zasadach zrównoważonego rozwoju łącząc szacunek do środowiska, potrzeby społeczne, i efektywność ekonomiczną. Nad projektem pracowała ekipa międzynarodowych urbanistów, pod kierownictwem Macieja Mycielskiego. Zorganizowane zostały dwutygodniowe warsztaty z udziałem ekspertów, lokalnej społeczności, przedstawicieli Urzędu Miasta i Gminy Siewierz oraz przedstawicieli inwestora, w czasie których dyskutowano nad kształtem przyszłej inwestycji [1].

Podstawową koncepcją projektową było uszanowanie istniejącego krajobrazu i zachowanie jego wartości. Koncepcja eko-miasteczka nawiązuje do założeń miastogrodu, charakteryzującego się niską zabudową i znacznym udziałem zielonych terenów rekreacyjnych. Urbanistyka miasteczka podporządkowana jest przede wszystkim topografii terenu. Jest ona zresztą bardzo cennym atutem założenia. Pagórkowate ukształtowanie oraz

spadek w kierunku jeziora wpływają na atrakcyjność krajobrazową miejsca. Dodatkowym atutem jest długa linia brzegowa, porośnięta wysoką zielenią (Rys. 1).



Rys. 1. Eko-miasteczko Siewierz –obszar inwestycji. Opracowanie własne.

Fig. 1. Eco town Siewierz – the area of investment. Illustration by authors.

Obszar podzielono na kilka jednostek mieszkalnych, różniących się charakterem i skalą zabudowy, zlokalizowanych wokół placów miejskich. Oprócz funkcji mieszkaniowej: domów jednorodzinnych wolnostojących, bliźniaczych, szeregowych i wielorodzinnych willi miejskich, przewidziana jest strefa biznesowa z certyfikowanymi biurowcami, przestrzenią usługową, hotelem i centrum konferencyjnym. Funkcję kulturotwórczą tradycyjnie pełni rynek. Z rynkiem łączy się park z siecią stawów i oczek wodnych, zajmując centralnie położoną dolinę. Naturalnie ukształtowana linia brzegowa, wzbogacona o molo, mały port dla żaglówek, amfiteatr i plażę tworzy idealną przestrzeń dla rekreacji mieszkańców.

Przy współpracy ze specjalistami z branży ochrony środowiska, nowoczesnych technologii oraz zrównoważonej urbanistyki opracowano szczegółowe rozwiązania zapewniające oszczędne gospodarowanie energią w skali miasta, jak również w skali poszczególnych obiektów. Planowane jest wdrożenie nowoczesnych rozwiązań, które zagwarantują wysoką efektywność energetyczną, ograniczenie emisji dwutlenku węgla oraz racjonalne gospodarowanie zasobami wodnymi. Dla uzyskania zakładanych efektów planowana jest budowa elektrociepłowni ze źródłem kogeneracyjnym, wykorzystująca gaz ziemny do produkcji energii elektrycznej i ciepła w efekcie umożliwiającą uzyskanie tańszej energii oraz centralne ogrzanie kompleksu biurowego i zabudowy wielorodzinnej. Nowoczesne metody uzyskiwania energii cieplnej, m.in pompy ciepła, ograniczą emisję CO₂ i pozwolą

na oszczędności finansowe w czasie eksploatacji. Duży areal terenów zielonych będzie nawadniany dzięki odzyskiwaniu wody deszczowej.

Poszczególne jednostki mieszkalne będą samowystarczalne, dzięki własnej produkcji energii elektrycznej i ciepłej oraz z częściowo własną gospodarką wodno-ściekową. Źródłem prądu będą ogniwa fotowoltaiczne, elektrownie wiatrowe oraz agregaty prądotwórcze napędzane biopaliwem. Do produkcji ciepłej wody wykorzystane zostaną kolektory słoneczne i dodatkowo instalacja kominkowa, służąca celom grzewczym budynków. Zbiorniki na wody opadowe, filtry roślinne, przepompownie umożliwią racjonalne gospodarowanie zasobami wodnymi.

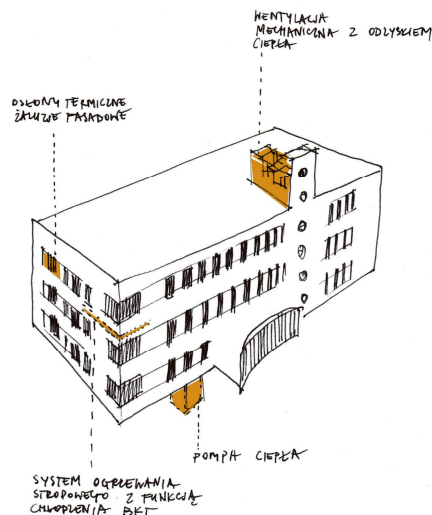
Powołane zostanie biuro sprzedaży, gdzie będzie można uzyskać informacje od eksperta ds. ekologii i zrównoważonego rozwoju. Każdemu z klientów udzielony zostanie eko- instruktaż, jak urządzić i użytkować mieszkanie, aby było to w pełni ekologiczne [2] [3].

3. ZRÓWNOWAŻONY ROZWÓJ W KONTEKŚCIE BUDYNKU

Dobrym i aktualnym przykładem dużego budynku publicznego wpisującego się w nurt zrównoważonego rozwoju jest powstający na terenie Euro-Centrum Parku Naukowo-Technologicznego w Katowicach w pełni pasywny biurowiec o powierzchni 6335 m². W budynku planowane jest zastosowanie licznych zaawansowanych technologii proekologicznych. Budowę rozpoczęto w sierpniu 2011r. w ramach projektu „Utworzenie Parku Naukowo-Technologicznego Euro-Centrum - rozwój i zastosowanie nowych technologii w obszarze poszanowania energii i jej odnawialnych źródeł”. Działalność Parku jest całkowicie skoncentrowana na kwestii poszanowania energii w budynkach oraz rozwoju technologii energooszczędnych. W przeważającej części składa się z nowoczesnej infrastruktury biznesowo-badawczej, łącząc w kompleksowy sposób sferę biznesu z działalnością naukową. Poprzez zaplecze laboratoryjne, wsparcie finansowe oraz szybki dostęp do wiedzy i wyników najnowszych badań branżowych tworzy dobre warunki dla lokalizacji firm technologicznych. Współpraca z ośrodkami naukowo – badawczymi zapewnia doskonałe zaplecze naukowe i bazę wymiany informacji. Nowopowstający biurowiec ma służyć rozbudowie infrastruktury technicznej Parku oraz utworzeniu pierwszych na Śląsku laboratoriów do rozwoju technologii energooszczędnych i odnawialnych źródeł energii.

Projekt biurowca wykonała pracownia architektoniczna Projekt Grupa Sławomir Kostur. Budynek przeznaczony będzie dla firm technologicznych zajmujących się działalnością badawczą, rozwojową i innowacyjną, zwłaszcza z branży odnawialnych źródeł energii. Opierając się na ekologicznych i energooszczędnych rozwiązaniach biurowiec spełniać będzie wszystkie wymogi budynku pasywnego. Proponowane technologie pozwolą zaoszczędzić 2/3 standardowo zużywanej energii. „Mózgiem” budynku będzie system zarządzania BMS, odpowiedzialny za sterowanie urządzeniami. Za pomocą czujników kontrolować będzie temperaturę i decydować o dodatkowym grzaniu lub chłodzeniu. Po godzinach pracy budynku zamykane będą wszystkie elementy wentylacji, oszczędzając tym samym zakumulowane wewnątrz budynku ciepło. Za ogrzanie budynku odpowiadać będzie pompa ciepła. Za pomocą studni geotermalnych ciepło uzyskane z głębi ziemi ogrzewa wodę, która obsługuje system BKT. Wykorzystuje on zasadę akumulacji ciepła. Latem przegrody absorbują nadmiar ciepła, a zimą izolują. Wewnątrz stropów o grubości 30 cm

zatopione są rury, przez które przepływa woda grzejna bądź chłodząca. System BKT wspomagać będzie wentylacja mechaniczna z odzyskiem ciepła. Przy pomocy zamontowanego na dachu rekuperatora zimną udą się odzyskać 75% energii cieplnej z wywiewanego powietrza. W lecie gorące powietrze czerpane z zewnątrz schładza agregat wody lodowej. Żaluzje fasadowe wyposażone w czujniki nasłonecznienia oraz własny system zarządzania, w zależności od warunków atmosferycznych, stopnia nasłonecznienia, składają się lub otwierają. Zainstalowane na dachu kolektory słoneczne posłużą do konwersji promieniowania słonecznego na ciepło, którego nośnikiem może być gaz lub ciecz. Energia elektryczna pozyskiwana będzie dodatkowo dzięki ogniwoom fotowoltaicznym. Wszystkie zastosowane technologie pozwolą obniżyć zapotrzebowanie na energię potrzebną do ogrzania wnętrza z 120 kWh/m²/rok (w budynku konwencjonalnym) na 15 kWh/m²/rok (Rys. 2).



Rys. 2. Biurowiec energooszczędny. Zasada działania. Opracowanie własne.

Fig. 2. Energy-efficient office building. Principle of operation. Illustration by authors.

W ramach tego samego projektu („Utworzenie Parku Naukowo-Technologicznego Euro-Centrum - rozwój i zastosowanie nowych technologii w obszarze poszanowania energii i jej odnawialnych źródeł”), rewitalizacji poddany został i inny budynek o powierzchni przeszło 738 m². Stanie się on siedzibą Centrum Testowania Systemów Solarnych oraz Centrum Szkoleniowego Nowoczesnych Technik Grzewczych. Wykorzystując wszystkie najnowsze technologie pozwalające oszczędnie gospodarować energią, posłuży do rozwoju nowych technik. Specjalistyczne laboratoria pozwolą na testowanie kolektorów i systemów słonecznych (tzw. sztuczne słońce). Będzie w nich badana odporność urządzeń na wstrząsy cieplne i ich wodoszczelność. Organizowane mają być specjalistyczne szkolenia, dla instalatorów kolektorów słonecznych, pomp ciepła, systemów wentylacji i kotłów na paliwa stałe [4].

Zasady zrównoważonego rozwoju mają dla Parku znaczenie kluczowe. (Funkcja Parku jest z nimi nierozdzielnie związana.) Ale będąc podstawą powstawania realnych elementów całego założenia czyli budynków, stają się niejako wizytówką całej idei i elementem głębszej filozofii, opierającej się na praktycznym wdrażaniu w życie prowadzonych badań. Służyć to ma oczywiście również budowaniu w oparciu o hasła ekologii marki całego założenia. Idea jest jednak na tyle szczytna, że nie umniejsza jej wartości nawet wykorzystanie jej dla celów marketingowych.

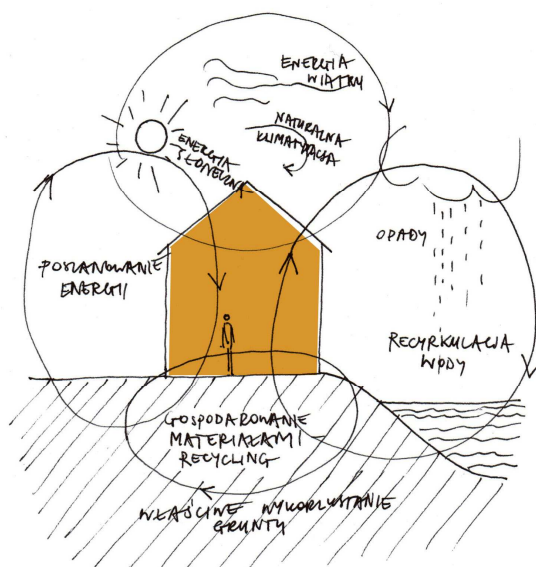
4. ZRÓWNOWAŻONY ROZWÓJ A ŚWIADOMOŚĆ SPOŁECZNA

Najmniejsza architektoniczna skala wymaga innych rozwiązań. Wydaje się, że podstawą sukcesu takiego projektu jest szczególnie głęboka świadomość i odpowiedzialność społeczna inwestorów. W prezentowanym przykładzie domu jednorodzinnego inwestorzy skłonni byli do ograniczenia swoich potrzeb i niejako podporządkowania się naturze. Projekt ten pokazuje, że kwestia samouświadomienia sobie prawdziwej skali własnych potrzeb jest sprawą bardzo ważną.

Powstał w 2000 roku we wsi Jartypory i został utrzymany w konwencji low-tech. Ograniczono się do zminimalizowania kosztów powstania i utrzymywania budynku, bez stosowania zaawansowanej technologii (wciąż stosunkowo drogiej). Odwołano się również do tradycji budowlanych, istniejących w tym niezamierzonym rejonie kraju.

Dom jest mały (nieco ponad 100m² powierzchni), kompaktowy w formie, z jednym skromnym węzłem sanitarnym. Zużycie energii cieplnej zostało ograniczone poprzez odpowiednie rozplanowanie rzutu: pokoje są otwarte na południe, wschód i zachód, od północy dom osłonięty jest skarpą chroniącą od wiatru. Pozwoliło to w łatwy sposób ograniczyć straty ciepła i zyskać na pasywnym ogrzewaniu słonecznym. Zastosowano też rozwiązanie o charakterze buforowym, zapobiegające nadmiernej wymianie powietrza.

Budynek zbudowany został z prostych materiałów, niewymagających na etapie produkcji dużych nakładów energetycznych, co jest to elementem myślenia pro-ekologicznego w skali ogólnej. Dom zbudowany został z cegły wapienno-gipsowej, gipsu i ocieplony wełną celulozową, produkowaną z makulatury. Wzniesiony został na terenie nieprzydatnym dla rolnictwa, ale działka i tak niemal w całości jest biologicznie czynna (całości dopełnia zielony dach). Woda deszczowa jest odzyskiwana dla celów gospodarczych, a pitna oczyszczana w niskotechnologicznej oczyszczalni korzeniowej działającej na zasadzie naturalnego bagna. Wszelkie nieczystości są zagospodarowywane w obrębie działki. Zużycie energii potrzebnej na oświetlenie zostało ograniczone do minimum, poprzez zapewnienie dostępu światła dziennego. Energię potrzebną do potrzeb klimatyzacji zredukowano stosując w całym budynku wentylację grawitacyjną. Jednym z niewielu zaawansowanych technologicznie elementów wyposażenia jest katalizator spalin dwufunkcyjnego pieca na naturalny opał drzewny (Rys. 3), [5].



Rys. 3. Idea low-tech. Opracowanie własne.
Fig. 3. Low-tech idea. Illustration by authors.

Ekologiczność w projekcie została potraktowana w sposób szerszy. Nie ograniczyła się jedynie do architektury. Widoczna jest w podejściu i stylu życia właścicieli, którzy nawet część pracy zawodowej zdecydowali się wykonywać w domu, chcąc wpłynąć na redukcję emisji spalin i poprawę jakości powietrza w skali makro...

5. PODSUMOWANIE

Zrównoważony rozwój jest dla przyszłości kraju sprawą podstawową i nie budzącą dzisiaj żadnych kontrowersji co do swej zasadności. To czy w Polsce zaistnieje on realnie, będzie kluczowe dla naszego rozwoju i czynnikiem, który może przybliżyć nas do poziomu krajów Europy zachodniej. Przedstawione w artykule projekty i realizacje pokazują, że zaczynamy zmierzać w dobrym kierunku. Jednocześnie obnażają one braki w systemowym podejściu do tematu. Przytoczone przykłady dotyczą przecież budynków i obszarów wciąż jeszcze bardzo unikalnych w skali kraju. Mimo tego, dają one podstawy do wyszczególnienia pewnej systematyki rozwiązań proekologicznych, adekwatnych do skali budynku i zależnych od budżetu projektu.

Na podstawie prezentowanych przykładów można wyodrębnić dwa podejścia do tematu projektowania ekologicznego - high-tech i low-tech. High-tech skupia się na wykorzystywaniu najnowszych rozwiązań technologicznych - tego typu rozwiązania stosowane są często w nowoprojektowanych budynkach komercyjnych. Dobrze pokazuje to przykład biurowego budynku pasywnego w Katowicach, realizującego doskonale ideę budynku o zminimalizowanym zapotrzebowaniu na energię i tym samym o znacznie obniżonym wpływie na środowisko. Budynku, który – co bardzo ważne – ma stać się pierwszym ele-

mentem proekologicznej infrastruktury całego parku, a ten z kolei prototypem dla przyszłych rozwiązań w tej skali.

Low-tech – czyli druga metoda podejścia do tematu - stosowane jest najczęściej w budynkach o małej skali, skupia się na wykorzystaniu niedrogich, tradycyjnych technologii i codziennego świadomego gospodarowania zasobami naturalnymi. Zaprezentowany przykład domu jednorodzinnego w czytelny sposób ukazuje, że wszystko zaczyna się od zmiany myślenia - dopiero pełna świadomość odpowiedzialności za środowisko przed przyszłymi pokoleniami jest kluczem do zmian.

Reasumując, wydaje się jednak, że to myślenie o wpływie na środowisko i zasadach zrównoważonego rozwoju w skali urbanistycznej jest podstawą długofalowego rozwoju kraju (który wydaje się być w Polsce osiągalny). Choć oczywiście wpływ jednostkowych rozwiązań na sprawy ekologii jest sprawą istotną, to właśnie skala miast jest tym, co może globalnie zmienić nasze oddziaływanie na środowisko. Miasta kształtowane tak jak eko-miasteczko w gminie Siewierz mogą rozpocząć nowy rozdział polskiej urbanistyki.

6. LITERATURA

- [1] http://tvs.pl/24039,siewierz_powstaje_ekomiasteczko.html, 22. 03. 2012
- [2] <http://ekomiasteczko.pl>, 22. 03. 2012
- [3] Czyżewski P., http://koalicjaklimatyczna.org/lang/pl/page/materialy_konferencyjne/id/8/file/37/option/save, 22.03.2012
- [4] <http://euro-centrum.com.pl/park-naukowo-technologiczny>, 22. 03. 2012
- [5] Śmiechowski D., *Architektura proekologiczna z zastosowaniem podejścia niskotechnologicznego (low-tech)*, Architektura 4(187)/2010
- [6] Konstytucja Rzeczypospolitej Polskiej z dnia 2 kwietnia 1997 r.
- [7] Rybka A., Christiaen L.,: *Several definitions of zero-energy buildings depending on calculation procedure and boundary conditions*, Zeszyty Naukowe Politechniki Rzeszowskiej, z. 53, s. 33 - 38, Rzeszów 2009,
- [8] Rybka A., Vande Castele Y. *Main goal - how to achieve a zero-energy building* Zeszyty Naukowe Politechniki Rzeszowskiej, Seria: Budownictwo i Inżynieria Środowiska, z. 53, 38 - 46, 2009

DIFFERENT SCALES – DIFFERENT APPROACHES. SUSTAINABLE DEVELOPMENT ON SELECTED EXAMPLES OF POLISH ARCHITECTURE.

SUMMARY

This article presents a range of measures which, depending on the scale is appropriate to obtain optimal solutions centered around the idea of sustainable development. Such solutions are becoming increasingly common in Poland. Thinking about the environmental impact can be observed at different scales - from urban to small building projects. The changes are visible, however, especially in social environmental awareness. It is the real guarantee of respect for the environment in the context of going far into the future and stop focusing only on meeting our current, ever-growing needs.

Alicja SIUTA-OLCHA, dr inż.

Politechnika Lubelska
Zakład Inżynierii Środowiska Wewnętrznego
ul. Nadbystrzycka 40 B, 20-618 Lublin
e-mail: a.siuta-olcha@pollub.pl

EFEKTYWNOŚĆ ENERGETYCZNA EKSPERYMENTALNEJ INSTALACJI SŁONECZNEJ CIEPŁEJ WODY UŻYTKOWEJ

STRESZCZENIE

Przedstawiono wyniki badań eksperymentalnych słonecznej instalacji ciepłej wody użytkowej, zlokalizowanej w Lublinie. Instalacja słoneczna składa się z próżniowego kolektora słonecznego o powierzchni $3,9 \text{ m}^2$, który współpracuje z wodnym zbiornikiem magazynującym o pojemności 350 dm^3 . Na podstawie bazy danych pomiarowych wyznaczono ilość energii użytecznej dostarczanej z kolektora energii promieniowania słonecznego do magazynu ciepła oraz ilość energii zmagazynowanej. Określono sprawności chwilowe kolektora słonecznego oraz sprawności akumulacji ciepła w instalacji badawczej. Przedstawiono dobowe rozkłady temperatury wody w zbiorniku akumulacyjnym oraz oceniono stopień stratyfikacji termicznej wody w zbiorniku.

1. WPROWADZENIE

Wykorzystanie odnawialnych źródeł energii do pokrycia potrzeb energetycznych budynku powoli staje się koniecznością. Obecnie projektanci i inwestorzy powinni rozważać możliwość zastosowania instalacji kolektorów energii promieniowania słonecznego, na przykład do wspomagania podgrzewu ciepłej wody użytkowej, jako rozwiązania energooszczędnego i ekologicznego. Do oceny spodziewanych uzysków energetycznych w danym systemie słonecznym, biorąc pod uwagę daną lokalizację, można posłużyć się albo symulacjami komputerowymi albo wynikami badań eksperymentalnych konkretnej instalacji, działającej w warunkach rzeczywistych.

2. OPIS BADAWCZEJ INSTALACJI SŁONECZNEJ PRZYGOTOWANIA CIEPŁEJ WODY UŻYTKOWEJ

Eksperymentalna instalacja słoneczna ciepłej wody użytkowej znajduje się w Lublinie, w budynku Wydziału Inżynierii Środowiska Politechniki Lubelskiej. Głównym jej elementem jest próżniowy kolektor słoneczny Solarglas SG1800/24-rurowy o wymiarach zewnętrznych: 2040×1994×157 mm i powierzchni brutto 3,9 m². Kolektor ten zamontowany jest na specjalnym stelażu pod kątem 38° względem poziomu, na południowo-wschodniej elewacji budynku (rys. 1). Kolektor słoneczny współpracuje z podgrzewaczem pojemnościowym o pojemności około 350 dm³, wewnątrz którego, w dolnej jego części, znajduje się wymiennik ciepła w postaci spiralnej wężownicy o średnicy 26,9×2,3 mm i o długości 18 m. Zbiornik został zaizolowany cieplnie wełną mineralną o grubości 10 cm (rys. 2). Szczegółowy opis stanowiska badawczego oraz układu pomiarowego instalacji został zamieszczony w [1].



Rys. 1. Kolektor słoneczny próżniowy
Fig. 1. Vacuum tube solar collector



Rys. 2. Podgrzewacz pojemnościowy
Fig. 2. DHW cylinder

3. METODYKA BADAŃ

Analizę efektywności energetycznej słonecznej instalacji ciepłej wody użytkowej przeprowadzono na podstawie zgromadzonych danych pomiarowych, rejestrowanych co 5 minut. Pomiarami objęto odpowiednie parametry meteorologiczne oraz parametry instalacji badawczej w charakterystycznych jej punktach. Ilość energii zaabsorbowanej przez kolektor słoneczny wyznaczono na podstawie wzoru (1):

$$E_{sl} = DDN \cdot \eta_{kol} \cdot A_{kol} \quad (1)$$

gdzie: DDN – dobowa dawka nasłonecznienia [J/m²], η_{kol} – sprawność kolektora słonecznego [%], A_{kol} – powierzchnia kolektora słonecznego [m²].

Chwilową sprawność kolektora słonecznego uzyskano ze wzoru (2):

$$\eta_{kol} = \frac{\dot{m}_{kol} \cdot c_{p, glik} (T_{33} - T_{32})}{I_{sl} \cdot A_{kol}} \quad (2)$$

gdzie: \dot{m}_{kol} – przepływ masowy czynnika roboczego w obiegu kolektorowym [kg/s], $c_{p,gl}$ – ciepło właściwe roztworu wodnego glikolu [J/(kg·K)], T_{33} – temperatura czynnika roboczego opuszczającego kolektor słoneczny [K], T_{32} – temperatura czynnika roboczego zasilającego kolektor słoneczny [K], I_{sl} – natężenie promieniowania słonecznego [W/m²].

Ilość energii zakumulowanej w zbiorniku dla każdego dnia obliczono zgodnie ze wzorem (3):

$$E_p = m_w \cdot c_w (T_{max} - T_{pocz}) \quad (3)$$

gdzie: m_w – masa wody w zbiorniku [kg], c_w – ciepło właściwe wody [J/(kg·K)], T_{max} – temperatura maksymalna wody w zbiorniku [K], T_{pocz} – temperatura początkowa wody w zbiorniku [K].

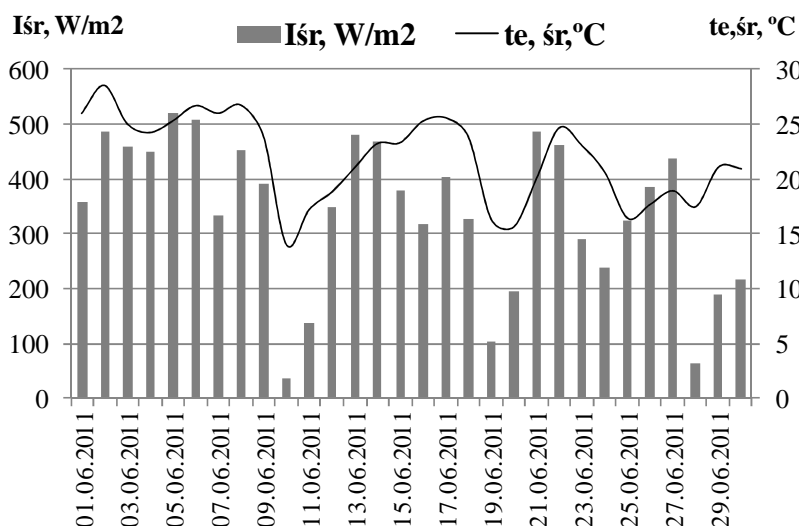
Sprawność akumulowania energii w badanej instalacji słonecznej wyznaczono ze wzoru (4):

$$\eta_{ak} = \frac{E_p}{DDN \cdot A_{kol}} \quad (4)$$

Stopień stratyfikacji termicznej ustalono jako różnicę między maksymalną temperaturą wody w zbiorniku a jej temperaturą minimalną w danej godzinie doby.

4. ANALIZA WYNIKÓW BADAŃ

Efekty energetyczne instalacji słonecznej zależą przede wszystkim od warunków pogodowych, głównie od natężenia promieniowania słonecznego oraz od temperatury powietrza zewnętrznego. Na rys. 3 przedstawiono zmienność tych parametrów dla poszczególnych dni czerwca 2011 roku.

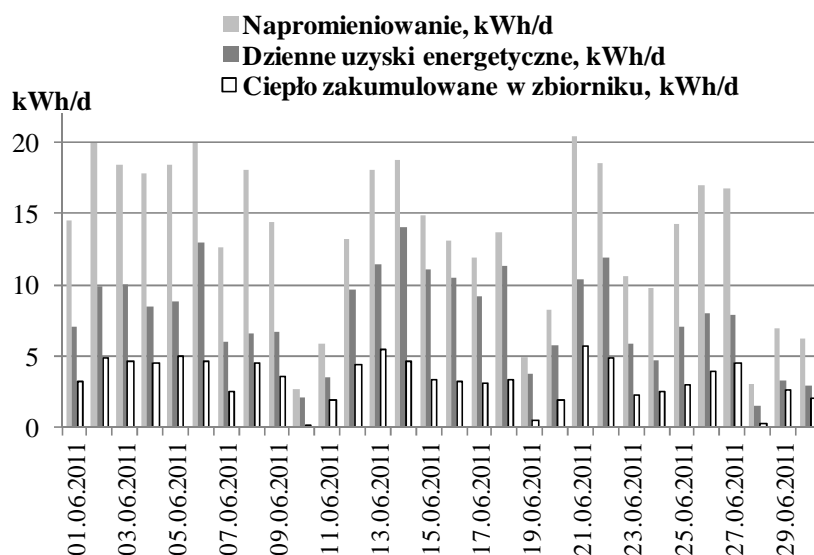


Rys. 3. Zmienność średnich dobowych parametrów pogodowych w miesiącu czerwcu 2011

Fig. 3. Variability of average 24-hours weather parameters in June 2011

Są to wartości uśrednione, ustalone dla godzin z zakresu 6:00÷18:00. Najniższą wartość średniego natężenia promieniowania słonecznego odnotowano 10 czerwca, to jest tylko 36 W/m^2 , a w dniu 5 czerwca wartość najwyższą - $520,37 \text{ W/m}^2$. Najwyższą średnią temperaturę powietrza zewnętrznego zanotowano 2 czerwca - $28,55^\circ\text{C}$, a najniższą 10 czerwca - $14,08^\circ\text{C}$. Średnie miesięczne natężenie promieniowania słonecznego ustalono na poziomie $336,7 \text{ W/m}^2$. Średnia dzienna dawka napromieniowania dla rozważanego miesiąca wyniosła $3,44 \text{ kW}\cdot\text{h/m}^2$, a dla poszczególnych dni mieściła się w zakresie od $0,68 \text{ kW}\cdot\text{h/m}^2$ (dla 10.06.2011) do $5,22 \text{ kW}\cdot\text{h/m}^2$ (dla 21.06.2011).

Na rys. 4 pokazano zestawienie: wielkości napromieniowania słonecznego padającego w ciągu dnia na kolektor słoneczny, dobowych wydajności instalacji słonecznej oraz ciepła zmagazynowanego w instalacji. Miesięczny uzysk energetyczny instalacji wyniósł $232,6 \text{ kW}\cdot\text{h}$. W ciągu miesiąca zmagazynowano w zbiorniku $101,6 \text{ kW}\cdot\text{h}$ energii cieplnej. W czerwcu realizowane były codziennie cztery pobory ciepłej wody ze zbiornika w ilości po 50 dm^3 o godzinach: 9:00, 12:00, 15:00 i 19:00.

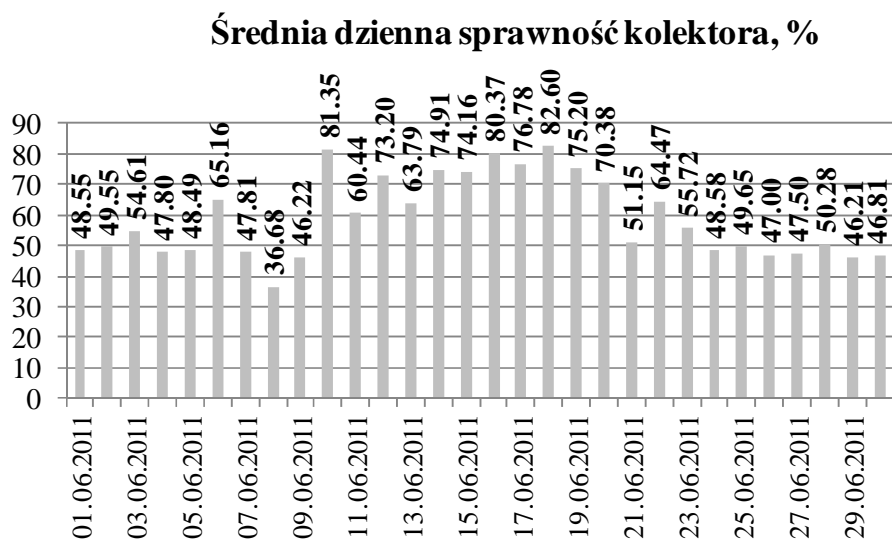


Rys. 4. Efektywność energetyczna badawczej instalacji słonecznej

Fig. 4. Energy efficiency of the experimental solar installation

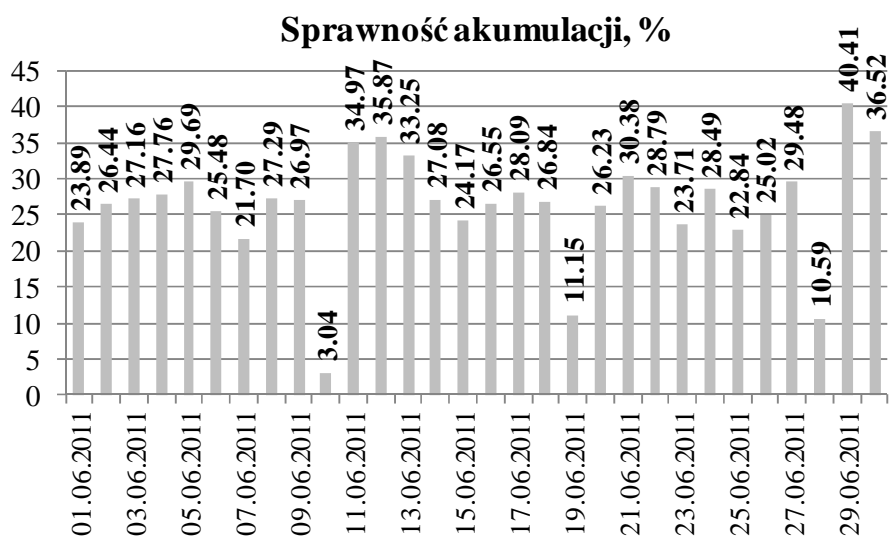
Średnią sprawność cieplną kolektora słonecznego w miesiącu czerwcu 2011 określono na poziomie $58,85\%$. Na rys. 5 przedstawiono średnie dzienne sprawności zamontowanego kolektora, które zostały ustalone dla godzin doby z zakresu 6:00÷17:00.

Średnia sprawność akumulacji energii cieplnej dla analizowanego miesiąca była na poziomie $26,33\%$. Maksymalną sprawność akumulacji w instalacji słonecznej $40,41\%$ uzyskano 29 czerwca, a minimalną sprawność akumulacji 10 czerwca i wyniosła ona tylko $3,04\%$. Szczegółowe zestawienie sprawności akumulacji ciepła w instalacji słonecznej pokazano na rys. 6.



Rys. 5. Średnia dzienna sprawność cieplna kolektora słonecznego

Fig. 5. Average daily thermal efficiency of the solar collector



Rys. 6. Sprawność akumulacji ciepła w instalacji słonecznej

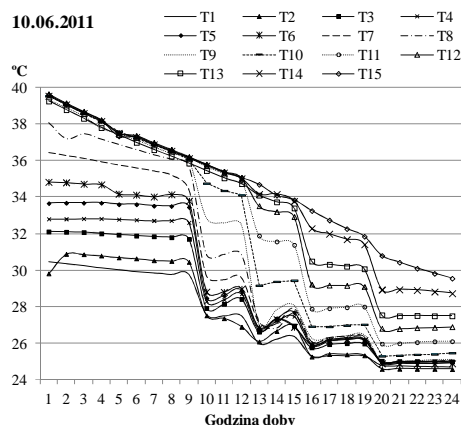
Fig. 6. Energy accumulation efficiency in the solar system

Na efektywność energetyczną instalacji słonecznej ma wpływ rozwarstwienie termiczne wody w zbiorniku magazynującym [2-3]. Układ ze zbiornikiem, w którym wystę-

puje zjawisko stratyfikacji termicznej posiada sprawność większą niż układ ze zbiornikiem o jednakowej temperaturze magazynowanej wody w całej objętości [4].

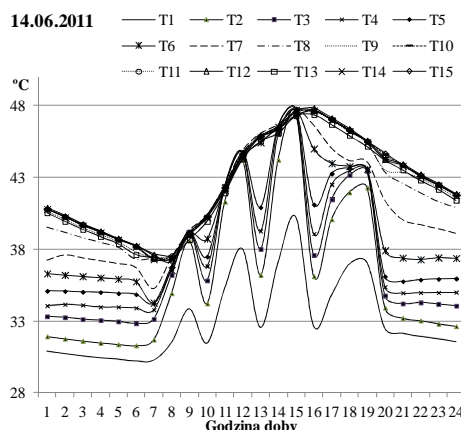
W celu określenia rozkładu temperatury wody w pionowym zbiorniku magazynującym, zamontowano w nim zanurzeniowe czujniki temperatury Pt500. Zastosowano 15 czujników T1÷T15 (poczynając od dołu zbiornika) rozmieszczonych co 10 cm, o średnicy osłony 6 mm i jej długości 50 mm. Na rys. 7÷8 zaprezentowano zmiany temperatury wody w zbiorniku zarejestrowane przez czujniki T1÷T15.

10 czerwiec był dniem o bardzo niekorzystnych warunkach pogodowych. Temperatura wody w zbiorniku systematycznie obniżała się, zachowując rozwarstwienie (rys. 7). Na początku doby uzyskano większe różnice temperatury w dolnej części zbiornika. W ciągu kolejnych godzin sytuacja uległa zmianie. Po poborze wody cieplej o godzinie 12:00 pojawiło się wyraźniejsze zróżnicowanie temperaturowe w górnej części zbiornika. Stopień stratyfikacji jednak uległ wyraźnemu zmniejszeniu. W pierwszej godzinie doby średni godzinowy stopień stratyfikacji termicznej wynosił 9,8°C, a pod koniec doby tylko 5°C. Średnia temperatura wody w zbiorniku o godzinie 12:00 osiągnęła poziom 31,4°C.



Rys. 7. Rozkład temperatury wody w zbiorniku 10 czerwca

Fig. 7. Water temperature distribution in the storage tank on 10 June

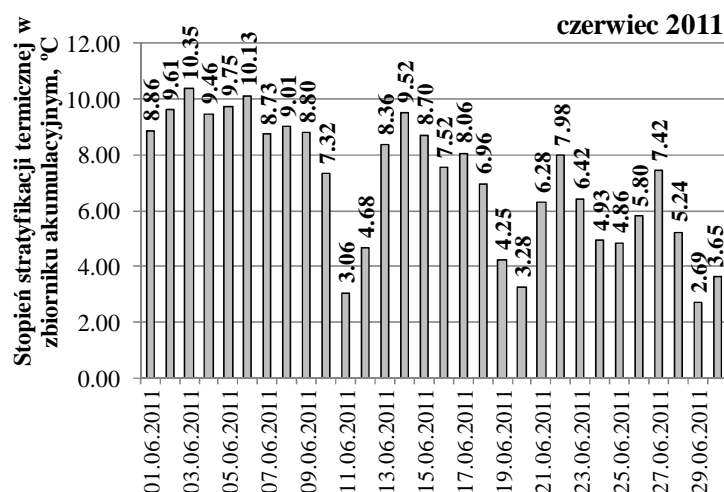


Rys. 8. Rozkład temperatury wody w zbiorniku 14 czerwca

Fig. 8. Water temperature distribution in the storage tank on 14 June

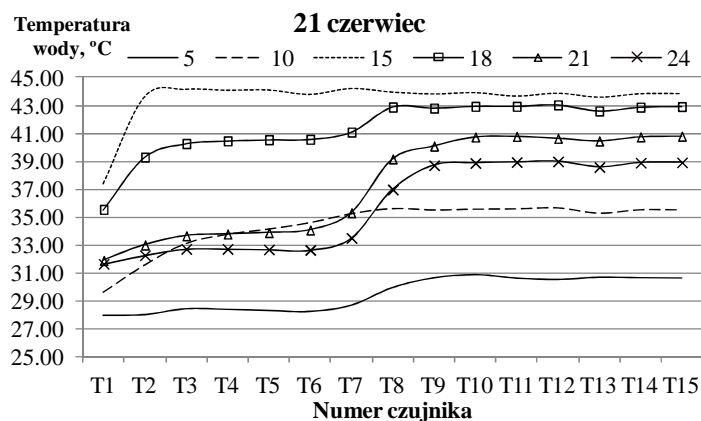
14 czerwiec należał do dni o sprzyjających warunkach meteorologicznych. Średnia wartość natężenia promieniowania słonecznego wyniosła 467 W/m², a średnia temperatura powietrza zewnętrznego 23,3°C. Analizując rozkład temperatury wody w zbiorniku, przedstawiony na rys. 8, można zauważyć silny wpływ poborów ciepłej wody na zmiany temperatury. W godzinach z dobrym nasłonecznieniem temperatura wody w górnej części zbiornika, to jest nad wężownicą, prawie jest wyrównana. Średnia temperatura wody w zbiorniku o godzinie 12:00 osiągnęła poziom 44,1°C. Średnia godzinowa stratyfikacja w tym dniu w godzinach rannych i wieczornych kształtowała się w granicach 8°C÷12°C.

Dla większości przypadków stwierdzono, że zróżnicowanie temperatury wody w zbiorniku wystąpiło głównie w godzinach nocnych, rano oraz w godzinach wieczornych po ostatnim poborze ciepłej wody o godzinie 19:00. Średni dobowy stopień stratyfikacji termicznej wody w zbiorniku w miesiącu czerwcu uzyskano z zakresu 2,7÷10,3°C (rys. 9). Średni stopień stratyfikacji termicznej wody w zbiorniku w miesiącu czerwcu 2011 wyniósł 7,1°C.



Rys. 9. Średni dobowy stopień stratyfikacji termicznej w zbiorniku magazynującym
Fig. 9. Average 24-hours degree of thermal stratification in the storage tank

Na rys. 10 przedstawiono rozkład temperatury wody w zbiorniku dla sześciu wybranych godzin doby w dniu 21 czerwca 2011.



Rys. 10. Chwilowe zmiany temperatury wody w zbiorniku w dniu 21 czerwca
Fig. 10. Instantaneous changes of water temperature in the tank on June 21

O godzinie 5:00 można wyróżnić dwie strefy: dolną o temperaturze wody około 28,3°C oraz górną o prawie wyrównanej temperaturze równej 30,6°C. O godzinie 15:00 prawie wzdłuż całej wysokości zbiornika temperatura wody była wyrównana i wynosiła średnio 43,9°C. W godzinach wieczornych, a przede wszystkim po ostatnim poborze ciepłej wody ze zbiornika, wyraźnie zaznaczają się dwie warstwy o prawie wyrównanych temperaturach wody, które przedzielone są warstwą przejściową, zwaną termokliną.

5. PODSUMOWANIE

Uzyski energetyczne w słonecznej instalacji ciepłej wody użytkowej zależą od warunków nasłonecznienia oraz od sprawności cieplnej kolektora słonecznego. Harmonogram poboru ciepłej wody ma wpływ na ilość ciepła zmagazynowanego w instalacji oraz na rozkład temperatury wody w zbiorniku.

6. LITERATURA

- [1] Siuta – Olcha A., Cholewa T.; Badania eksperymentalne słonecznej instalacji ciepłej wody użytkowej w warunkach klimatycznych Lublina. Część 1. Ocena rzeczywistych efektów energetycznych, Ciepłownictwo, Ogrzewnictwo Wentylacja, 42/9, 2011,
- [2] Han Y. M., Wang R. Z., Dai Y. J.; Thermal stratification within the water tank, Renewable and Sustainable Energy Reviews, 13, 2009,
- [3] Kenjo L., Inard C., Caccavelli D.; Experimental and numerical study of thermal stratification in a mantle tank of a solar domestic hot water system, Applied Thermal Engineering, 27, 2007,
- [4] Jordan U., Vajen K.; Influence of the DHW load profile on the fractional energy savings: a case study of solar combi-system with TRNSYS simulations, Solar Energy, 69, 2000.

ENERGY EFFICIENCY OF THE EXPERIMENTAL SOLAR DOMESTIC HOT-WATER SYSTEM

SUMMARY

Results of experimental investigations of the solar domestic hot-water system located in Lublin were presented. This system consists of the solar vacuum collector with a surface of 3.9 m² and the water storage tank with a capacity of 350 dm³. On the basis of measurement's data base quantity of useful energy delivered from the solar collector to the storage tank and quantity of storage energy were determined. Solar collector efficiency and energy accumulation efficiency in the experimental installation were calculated. Twenty-four hours distributions of water temperature in the storage tank were showed. Degree of thermal stratification in the water tank was estimated.

Alicja SIUTA-OLCHA, dr inż.

Politechnika Lubelska
Zakład Inżynierii Środowiska Wewnętrznego
ul. Nadbystrzycka 40 B, 20-618 Lublin
e-mail: a.siuta-olcha@pollub.pl

POTENCJAŁ ENERGII PROMIENIOWANIA SŁONECZNEGO W WOJEWÓDZTWIE LUBELSKIM

STRESZCZENIE

Określono potencjał energii promieniowania słonecznego na terenie województwa lubelskiego. Podano miesięczne oraz roczne sumy napromieniowania całkowitego dla czterech lokalizacji. Oszacowano miesięczne i roczne uzyski energetyczne instalacji słonecznych w odniesieniu do 1m^2 powierzchni kolektora. Przedstawiono perspektywy rozwoju energetyki słonecznej na Lubelszczyźnie.

1. WPROWADZENIE

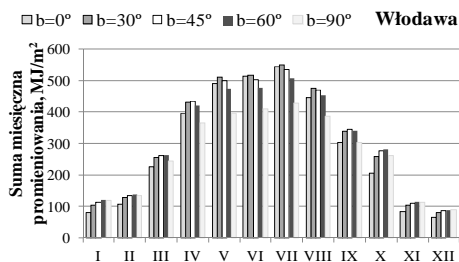
Fototermiczna konwersja energii promieniowania słonecznego wykorzystywana jest przede wszystkim w aktywnych instalacjach słonecznych: przygotowania ciepłej wody użytkowej, wody basenowej oraz do wspomagania instalacji centralnego ogrzewania w indywidualnych gospodarstwach domowych. Na podstawie długoterminowych badań ustalono dla obszaru Polski wartość średniego rocznego napromieniowania słonecznego z zakresu $3240\div 3960\text{ MJ}/(\text{m}^2\cdot\text{a})$. Średnie uśłonecznienie na terenie kraju obejmuje 1580 h/a [1]. Zastosowanie kolektorów energii promieniowania słonecznego pozwala na uzyskanie energii cieplnej w ilości szacowanej na $400\div 600\text{ kW}\cdot\text{h}/(\text{m}^2\cdot\text{a})$. Liczba instalacji słonecznych zainstalowanych w kraju systematycznie zwiększa się. W roku 2000 zamontowanych było 21000 m^2 powierzchni kolektorów słonecznych, a w roku 2010 liczba ta wzrosła do 655800 m^2 [2]. Z najnowszych badań Instytutu Energetyki Odnawialnej w 2011 roku łączna powierzchnia zainstalowanych kolektorów słonecznych osiągnęła wartość 904000 m^2 , co odpowiada 633 MW mocy cieplnej. Prognozuje się, że w 2020 roku powierzchnia kolektorów słonecznych powinna osiągnąć około 15 mln m^2 .

2. ZASOBY HELIOENERGETYCZNE LUBELSZCZYZNY

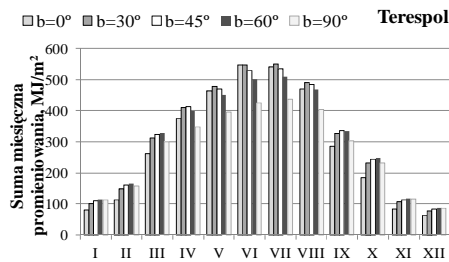
Obszar Polski został podzielony na 11 regionów, z uwagi na warunki wykorzystania energii promieniowania słonecznego [1]. Rejon podlasko-lubelski, jest pod tym względem uprzywilejowany i znajduje się na miejscu drugim.

Analizę zasobów helioenergetycznych Lubelszczyzny przeprowadzono na podstawie bazy danych klimatycznych udostępnionych przez Ministerstwo Infrastruktury [3]. Do rozważań przyjęto dane pogodowe dla następujących stacji meteorologicznych: Włodawa, Terespol, Lublin-Radawiec (dane uśrednione za lata 1971÷2000) oraz Zamość (dane uśrednione za lata 1971÷1999).

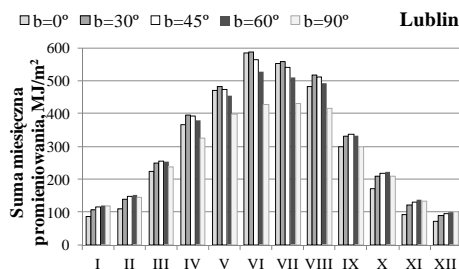
Jedną z wielkości charakteryzujących promieniowanie słoneczne jest napromienianie całkowite, obejmujące sumy napromieniania bezpośredniego, rozproszonego i odbitego. Określa ono energię padającą na jednostkę powierzchni w ciągu przyjętego okresu czasu. Znajomość tego parametru jest konieczna przy projektowaniu grzewczych instalacji słonecznych.



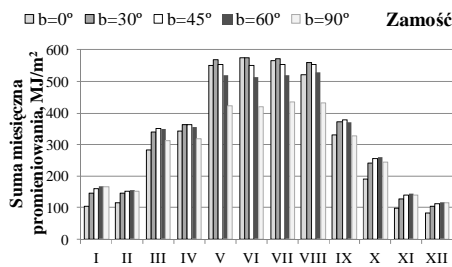
Rys. 1. Sumy miesięczne promieniowania słonecznego całkowitego dla Włodawy
Fig. 1. Monthly global solar irradiation for Włodawa



Rys. 2. Sumy miesięczne promieniowania słonecznego całkowitego dla Terespolu
Fig. 2. Monthly global solar irradiation for Terespol



Rys. 3. Sumy miesięczne promieniowania słonecznego całkowitego dla Lublina
Fig. 3. Monthly global solar irradiation for Lublin



Rys. 4. Sumy miesięczne promieniowania słonecznego całkowitego dla Zamościa
Fig. 4. Monthly global solar irradiation for Zamość

Na rys. 1÷4 przedstawiono miesięczne sumy promieniowania słonecznego całkowitego w zależności od kąta nachylenia powierzchni względem poziomu dla wyróżnionych lokalizacji i dla orientacji południowej.

Dla Lublina i Zamościa najkorzystniejsze warunki napromieniowania występują w miesiącu czerwcu. Biorąc pod uwagę powierzchnię nachyloną pod kątem 30° średnie sumy promieniowania kształtują się odpowiednio na poziomie: 587,46 MJ/(m²·m-c) oraz 574,16 MJ/(m²·m-c). Dla Włodawy i Terespoła najwyższe wartości napromieniowania dla powierzchni nachylonej pod kątem 30° wystąpiły w lipcu i wynoszą one odpowiednio: 550,44 MJ/(m²·m-c), 548,07 MJ/(m²·m-c).

W tabeli 1 zestawiono średnie sumy promieniowania słonecznego w ciągu roku padającego na powierzchnię o różnym kącie nachylenia względem poziomu, zorientowaną w kierunku południowym.

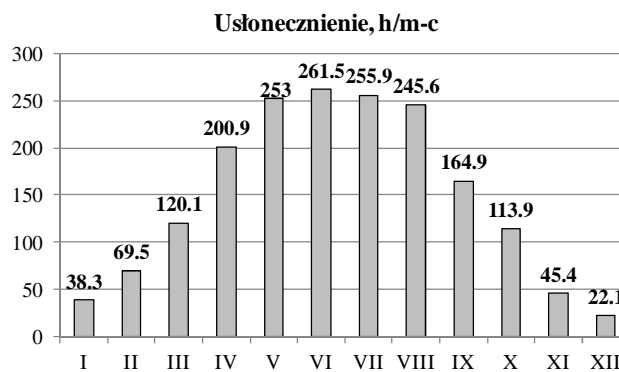
Tabela 1. Roczne sumy napromieniowania słonecznego całkowitego

Table 1. Annual global solar irradiation

Stacja meteorologiczna	Napromieniowanie całkowite, MJ/m ²				
	b=0°	b=30°	b=45°	b=60°	b=90°
Włodawa	3455,76	3753,57	3760,18	3669,67	3242,82
Terespol	3461,87	3775,80	3793,13	3714,55	3309,46
Lublin	3509,14	3785,14	3779,37	3676,03	3235,11
Zamość	3761,38	4114,63	4118,26	4003,91	3485,26

Ustalono, że udział promieniowania słonecznego rozproszonego w całkowitym jest wysoki i wynosi średnio w roku na całym terenie województwa lubelskiego 69,9%.

Drugim ważnym parametrem charakteryzującym promieniowanie słoneczne jest usłonecznienie, które zależy od: długości dnia, zachmurzenia, przejrzystości atmosfery [4]. Przyjmując dane pogodowe dla Lublina za lata 2000÷2010 [5], ustalono średnią liczbę godzin słonecznych na poziomie 5,8 h/d. Usłonecznienie miesięczne pokazano na rys. 5.

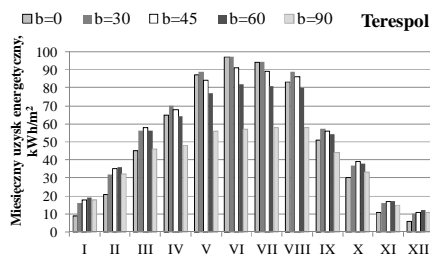


Rys. 5. Średnie miesięczne usłonecznienie dla Lublina

Fig. 5. Accumulated sunshine hours for Lublin

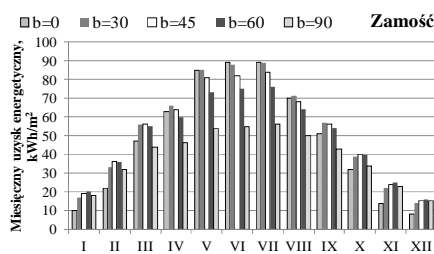
3. WYDAJNOŚĆ ENERGETYCZNA SŁONECZNYCH INSTALACJI GRZEWczych W WARUNKACH KLIMATYCZNYCH LUBELSZCZYŹNY

Uzyski energetyczne w słonecznych instalacjach grzewczych zależą nie tylko od warunków geograficznych czy klimatycznych, ale również od parametrów konstrukcyjno-materiałowych kolektorów słonecznych i od warunków eksploatacyjnych instalacji. Na wydajność energetyczną ma zasadniczy wpływ chwilowa sprawność cieplna kolektorów słonecznych. Na podstawie przeprowadzonych symulacji komputerowych (w programie GetSolar) określono ilość ciepła użytecznego pozyskiwanego w płaskim kolektorze słonecznym w poszczególnych miesiącach dla dwóch lokalizacji: Terespol i Zamość. Do obliczeń przyjęto orientację południową. Wyniki symulacji przedstawiono na rys. 6÷7.



Rys. 6. Miesięczne uzyski energetyczne - Terespol

Fig. 6. Monthly useful energy - Terespol



Rys. 7. Miesięczne uzyski energetyczne - Zamość

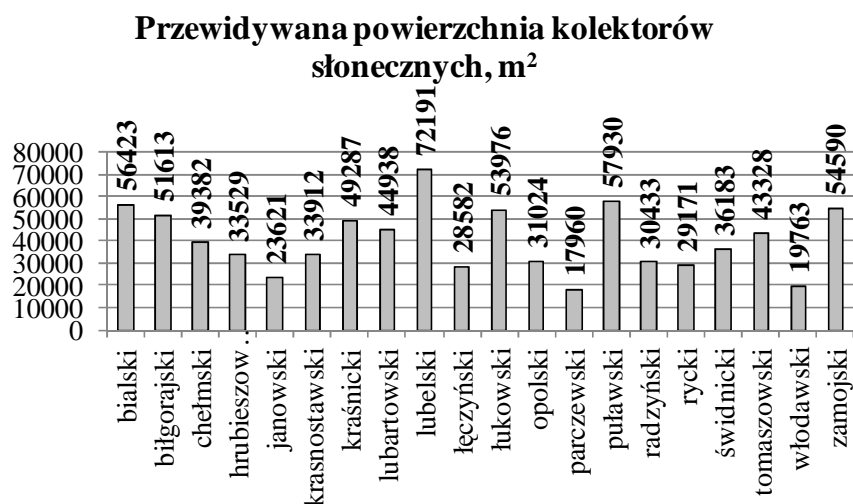
Fig. 7. Monthly useful energy - Zamosc

Oszacowano roczne uzyski energii cieplnej w kolektorze słonecznym, uwzględniając całkowite roczne napromieniowanie na płaszczyznę kolektora o nachyleniu 30°. Dla Terespolu uzyskano 663 kW·h/(m²·a), a dla Zamościa 637 kW·h/(m²·a).

4. PERSPEKTYWY WYKORZYSTANIA FOTOTERMICZNEJ KONWERSJI ENERGII PROMIENIOWANIA SŁONECZNEGO W POWIATACH WOJEWÓDZTWA LUBELSKIEGO

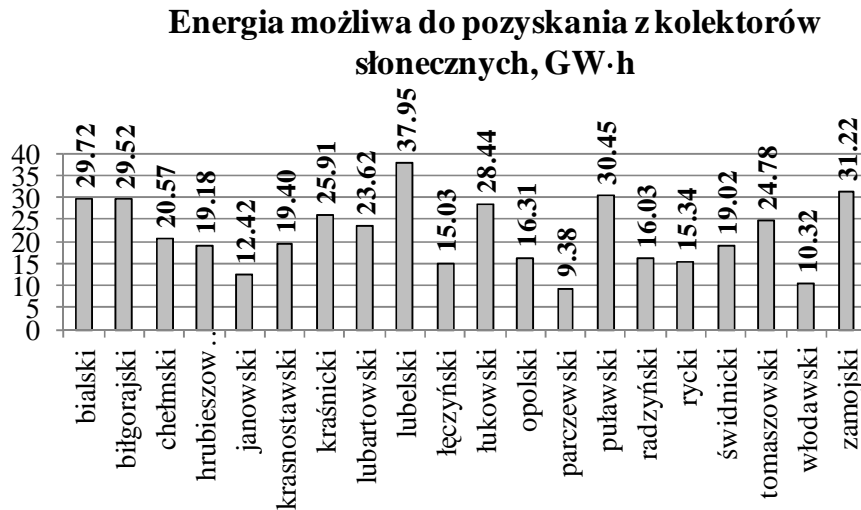
Na terenie województwa lubelskiego od kilku lat obserwuje się wzrost liczby inwestycji związanych z instalacją kolektorów słonecznych. Udział województwa w krajowym rynku kolektorów słonecznych w roku 2008 wynosił 3,5%, w roku 2009 - 4,3%, a w roku 2010 - 8,4% [2]. Zgodnie z zaleceniami Europejskiego Stowarzyszenia Energetyki Słonecznej, do roku 2020 na jednego mieszkańca powinno przypadać 0,5÷1,0 m² powierzchni kolektora słonecznego. Dlatego też, w celu określenia minimalnej wymaganej powierzchni kolektorów słonecznych, założono wskaźnik na poziomie 0,5 m²/osobę. Liczbę osób zamieszkujących poszczególne powiaty województwa lubelskiego ustalono na podstawie danych Głównego Urzędu Statystycznego za rok 2009. Do obliczeń przyjęto średnioroczną sprawność kolektora słonecznego równą 50%. Dla 20 powiatów ziemskich województwa lubelskiego ustalono prognozowaną powierzchnię kolektorów słonecznych (rys. 8). Łączna powierzchnia zainstalowanych kolektorów powinna wynosić 807836 m². Spodziewany uzysk energii cieplnej osiągnąłby poziom 434,62 GW·h. Rys. 9 przedstawia

możliwe do pozyskania ilości ciepła w instalacjach słonecznych zlokalizowanych w poszczególnych powiatach.



Rys. 8. Prognozowana powierzchnia kolektorów słonecznych

Fig. 8. Forecasted surface of solar collectors



Rys. 9. Energia możliwa do pozyskania w kolektorach słonecznych w województwie lubelskim

Fig. 9. Forecasted useful energy output of collectors in the Lublin voivodeship

5. PODSUMOWANIE

Na terenie województwa lubelskiego występują sprzyjające warunki do wykorzystania termicznej konwersji energii promieniowania słonecznego. Na podstawie danych klimatycznych dla lat 2000–2010, uzyskano średnią wartość usłonecznienia dla Lublina na poziomie 1791,1 h/a, co przekracza średnią wartość usłonecznienia ustaloną dla całego obszaru Polski. Z uwagi na duży udział promieniowania rozproszonego w większości powinny być stosowane płaskie kolektory słoneczne. Roczne uzyski energii cieplnej w kolektorach słonecznych zlokalizowanych na Lubelszczyźnie są wyższe od wartości średnich, ustalonych dla kraju. Szczegółowe informacje odnośnie potencjału energii promieniowania słonecznego na Lubelszczyźnie zawarte są w [6].

6. LITERATURA

- [1] Gogół i in.; Konwersja termiczna energii promieniowania słonecznego w warunkach krajowych. Ekspertyza PAN, Oficyna Wydawnicza Politechniki Warszawskiej, Warszawa 1993,
- [2] Instytut Energetyki Odnawialnej, Raport: Rynek kolektorów słonecznych w Polsce w 2010 r., 2011,
- [3] www.mi.gov.pl,
- [4] Pluta Z.; Podstawy teoretyczne fototermicznej konwersji energii słonecznej, Oficyna Wydawnicza Politechniki Warszawskiej, Warszawa, 2000,
- [5] www.weatheronline.pl,
- [6] Kościk B., Olchowik J.M., Kowalczyk-Juśko A., Siuta-Oлча A., Kościk K.; Analiza potencjału odnawialnych źródeł energii w powiatach województwa lubelskiego, Lublin, 2011.

POTENTIAL OF SOLAR ENERGY IN THE LUBLIN VOIVODESHIP

SUMMARY

Potential of solar energy in the Lublin voivodeship was determined. Monthly and annual total solar irradiation for four localizations were established. Monthly and annual useful energy per 1 m² of solar collector obtained in solar installations were estimated. Development prospects of solar power engineering in the Lublin voivodeship were presented.

Agata SIWIŃSKA, dr inż.
Halina GARBALIŃSKA, dr hab. inż., prof. nadzw. ZUT

Zachodniopomorski Uniwersytet Technologiczny w Szczecinie
Wydział Budownictwa i Architektury
al. Piastów 50, 70-311 Szczecin
e-mail: Halina.Garbalinska@zut.edu.pl, siwinska@zut.edu.pl

WPLYW ZAWILGOCENIA NA CIEPLNE PARAMETRY MATERIAŁÓW BUDOWLANYCH

STRESZCZENIE

Referat dotyczy analizy wyników badań cieplnych parametrów wybranych materiałów budowlanych przeprowadzonych techniką niestacjonarną. Badania zrealizowano na próbkach w dwóch stanach: suchym i nasyconym. W pomiarach wykorzystano aparat ISOMET2104 z sondą przylgową. Oceniano wpływ zawilgocenia próbek na podstawowe parametry cieplne.

1. WPROWADZENIE

Racjonalne wykorzystywanie energii w budownictwie wiąże się między innymi z właściwym doбором materiałów budowlanych stosowanych do wznoszenia przegród zewnętrznych. Oprócz parametrów ekonomicznych i wytrzymałościowych projektanci i wykonawcy biorą pod uwagę również parametry cieplne materiałów budowlanych, takie jak współczynnik przewodzenia ciepła, czy pojemność cieplna. Dobór odpowiednich materiałów ze względu na izolacyjność cieplną przegród, czy ich późniejszą akumulacyjność cieplną odbywa się już na etapie projektowania. Jednak w trakcie eksploatacji dochodzi niekiedy do zawilgocenia przegród. Przyjmowane do analiz parametry, takie jak współczynnik przewodzenia ciepła, czy ciepło właściwe, ulegają wówczas radykalnej zmianie.

Poniżej zaprezentowano wyniki badań wspomnianych parametrów przeprowadzone na materiałach budowlanych w stanie suchym i nasączonym. Przedstawiono skalę zmian parametrów cieplnych pod wpływem ich zawilgocenia [1, 2, 4, 5].

2. PRÓBKİ DO BADAŃ

Wytypowane materiały obejmowały dwie grupy popularnych materiałów budowlanych pochodzenia mineralnego, najczęściej stosowanych do wykonywania przegród w budownictwie mieszkaniowym.

Pierwszą grupę stanowiły materiały konstrukcyjne, przeznaczone do wznoszenia ścian. Eksperyment realizowany w ramach niniejszej pracy objął w tym zakresie: cegłę ceramiczną CC, cegłę silikatową CS, beton komórkowy BK.

Drugą grupę stanowiły zaprawy przeznaczone do wyprawiania i murowania ww. elementów drobnowymiarowych. Do badań wytypowano:

- zaprawę cementową ZC,
- zaprawę modyfikowaną włóknami polipropylenowymi ZM,
- zaprawę cementowo-wapienną ZCW.

Próbki zapraw, w przeliczeniu na 1 dm³, sporządzono według następujących receptur [5]:

- zaprawa cementowa (ZC): cement 490 g, woda 270 g, piasek 1519 g, w/c=0,55,
- zaprawa modyfikowana (ZM): cement 490 g, woda 270 g, piasek 1519 g, włókna fibermix dł. 3 mm 0,9 g, w/c=0,55,
- zaprawa cementowo-wapienna (ZCW): cement 194 g, wapno 194 g, woda 336 g, piasek 1164 g, w/c=1,73, w/s=0,87.

Do przygotowania wszystkich zapraw zastosowano cement portlandzki CEM I 42,5 R.

Próbki zapraw po rozformowaniu poddano wielomiesięcznemu kondycjonowaniu w kąpeli wodnej. Następnie próbki wszystkich materiałów wysuszono do stałej masy w temperaturze 105°C, po czym określono ich gęstość objętościową. Uzyskane wyniki zamieszczono w Tabeli 1. Po wykonaniu badań na próbkach suchych, poddano je nasączeniu. Dane dotyczące wilgotności w stanie nasycenia podano w Tabeli 1.

Tabela 1. Średnia gęstość w stanie suchym i wilgotność testowanych materiałów w stanie nasycenia

Table 1. Average density in dry state and moisture content of tested materials in saturated state

Materiał	ρ [g/cm ³]	w [%]
Cegła ceramiczna CC	1,543	26,2
Cegła silikatowa CS	1,804	13,8
Beton komórkowy BK	0,603	74,9
Zaprawa cementowa ZC	2,066	8,8
Zaprawa modyfikowana ZM	2,022	9,0
Zaprawa cementowo-wapienna ZCW	1,737	17,7

3. PRZEBIEG BADAŃ

Do badań wykorzystano aparat ISOMET2104, będący przenośnym instrumentem pomiarowym służącym do bezpośredniego pomiaru termicznych właściwości materiałów izotropowych. Zastosowana w przyrządzie dynamiczna metoda pomiaru zmniejsza czas uzyskania odczytu do około 15 minut. ISOMET2104 jest wielofunkcyjnym instrumentem do

pomiaru współczynnika przewodzenia ciepła λ [W/(mK)], dyfuzyjności cieplnej (współczynnika wyrównywania temperatury) a [m²/s], pojemności cieplnej cp [J/(m³K)] oraz temperatury T [°C].

Z uwagi na różnorodność i stopień zawilgocenia testowanych materiałów, do badań wykorzystano trzy sondy przylgowe o różnym zakresie pomiarowym przedstawionym w Tabeli 2, a dane dotyczące dokładności zamieszczono w Tabeli 3.

Tabela 2. Zakres pomiarowy sond

Table 2. Measurement range of probes

Sonda	λ [W/(mK)]	cp [J/(m ³ K)]
Surface Probe API 210411	0,04 do 0,30	$4,0 \times 10^4$ do $1,5 \times 10^6$
Surface Probe API 210412	0,30 do 2,00	$1,5 \times 10^6$ do $4,0 \times 10^6$
Surface Probe API 210413	2,00 do 6,00	$1,5 \times 10^6$ do $4,0 \times 10^6$

Tabela 3. Dokładność sond pomiarowych

Table 3. Accuracy of measuring probes

Mierzona wielkość	Zakres pomiarowy	Dokładność
λ [W/(mK)]	0,050 do 0,70	5 % odczytu + 0,001
	0,70 do 6,00	10 % odczytu
cp [J/(m ³ K)]	$4,0 \times 10^4$ do $4,0 \times 10^6$	15 % odczytu + 1×10^3

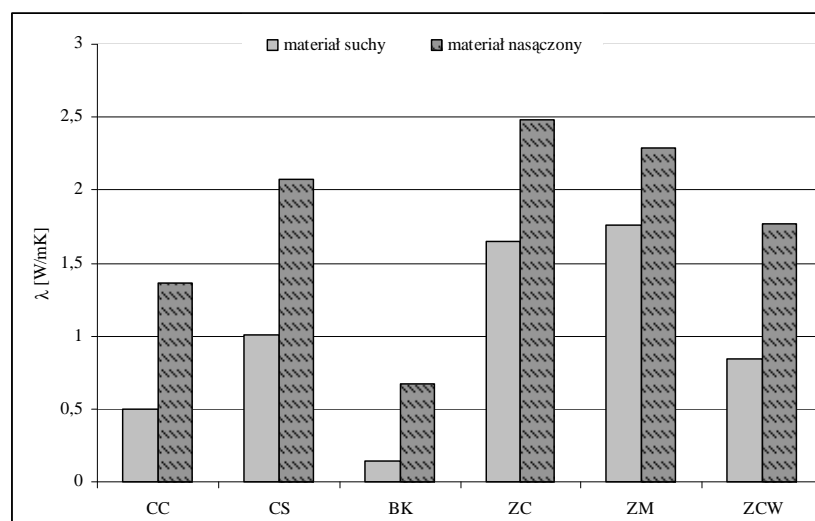
Pomiar aparatem oparty jest na analizie temperaturowej odpowiedzi badanego materiału tj. na okresowych zapisach temperatury w funkcji czasu – pod warunkiem, że propagacja ciepła występuje w nieograniczonym ośrodku. Badania na wytypowanych materiałach wykonywano za każdym razem w jednym punkcie pomiarowym na każdej próbce, a mianowicie w części centralnej. W każdym miejscu pomiarowym wykonano po trzy odczyty.

Uśrednione wyniki badań współczynnika przewodzenia ciepła, dyfuzyjności cieplnej oraz pojemności cieplnej dla obu stanów próbek tj. stanu suchego i nasączonego, zebrano w Tabeli 4, a graficzne zestawienie przedstawiono na Rys. 1, 2, 3.

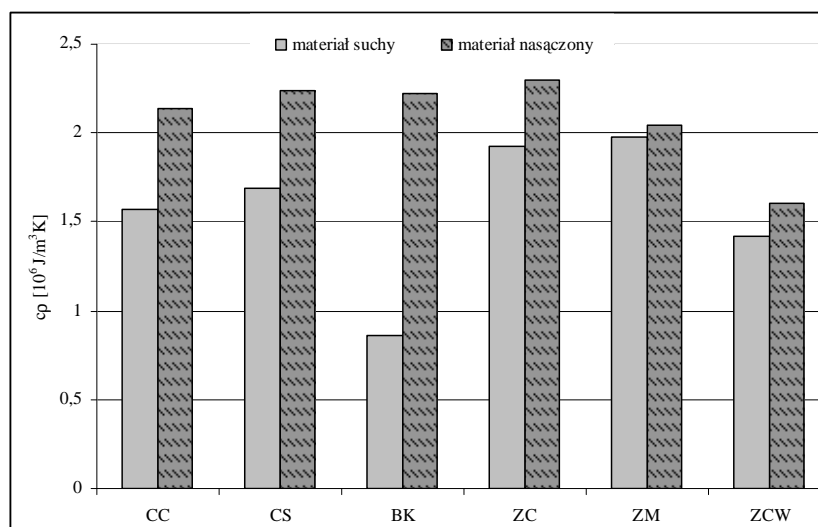
Tabela 4. Wyniki badań aparatem ISOMET2104

Table 4. Results of measurements by ISOMET2104 apparatus

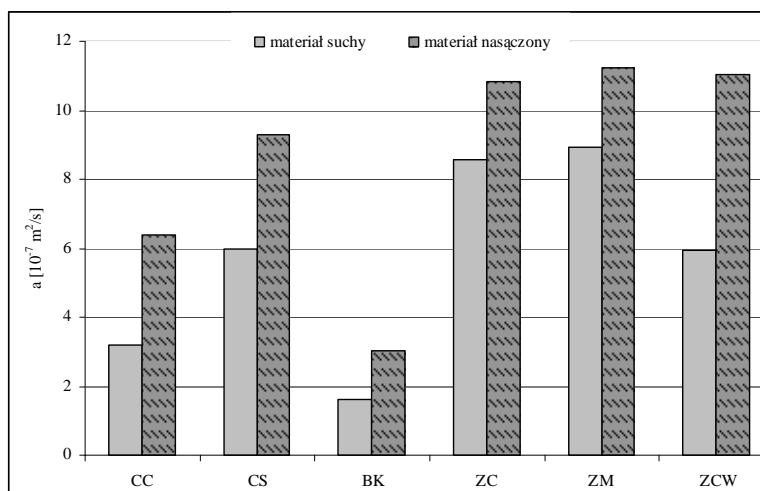
Materiał	Materiał suchy			Materiał nasycony wodą		
	λ [W/mK]	cp [$10^6 \cdot \text{J}/(\text{m}^3 \text{K})$]	a [$10^{-7} \cdot \text{m}^2/\text{s}$]	λ [W/mK]	cp [$10^6 \cdot \text{J}/(\text{m}^3 \text{K})$]	a [$10^{-7} \cdot \text{m}^2/\text{s}$]
CC	0,502	1,573	3,19	1,366	2,135	6,40
CS	1,008	1,690	5,96	2,073	2,235	9,28
BK	0,140	0,865	1,62	0,675	2,225	3,03
ZC	1,650	1,925	8,57	2,484	2,295	10,82
ZM	1,759	1,975	8,91	2,290	2,040	11,23
ZCW	0,842	1,415	5,95	1,774	1,605	11,05



Rys. 1. Zestawienie wyników badań λ
 Fig. 1. Comparison of research results of λ



Rys. 2. Zestawienie wyników badań c_p
 Fig. 2. Comparison of research results of c_p



Rys.3. Zestawienie wyników badań a
 Fig. 3. Comparison of research results of a

4. PODSUMOWANIE

Przeprowadzone pomiary dostarczyły ilościowych danych m.in. na temat zależności współczynnika przewodzenia ciepła od gęstości materiału i jego zawilgocenia. Mianowicie wraz ze wzrostem gęstości wzrastał parametr λ . I tak dla zaprawy cementowej i cementowej modyfikowanej, czyli materiałów o największej gęstości spośród testowanych, parametr ten przekroczył dziesięciokrotnie wartość λ dla betonu komórkowego, czyli materiału o najmniejszej gęstości. Materiał ten (BK) uzyskał też największe zawilgocenie, co przełożyło się niekorzystnie na blisko 5-krotny wzrost λ w porównaniu z λ materiału suchego. Wpłynęła na to duża porowatość betonu komórkowego. Wpływ wilgoci w mniejszym stopniu ujawnił się w przypadku cegieł i zaprawy cementowo-wapiennej powodując wzrost λ rzędu od 2,1 do blisko 3. W przypadku obydwu zapraw cementowych było to około 1,3 (ZM) oraz 1,5 (ZC).

Badania przeprowadzone przy wykorzystaniu aparatu ISOMET2104 pozwoliły również na ocenę wpływu zawilgocenia próbek na wyniki pomiarów pojemności cieplnej. Dla materiałów suchych (wysuszonych do stałej masy w temperaturze 105°C), największą pojemność cieplną uzyskano w przypadku zaprawy cementowej modyfikowanej włóknami polipropylenowymi oraz zaprawy cementowej czystej. Najniższą z kolei dla betonu komórkowego. Na ten parametr, tak jak i na λ , ma wpływ struktura materiału. Najbardziej zwarte materiały, o największej gęstości, cechują się najwyższą akumulacyjnością cieplną. Materiały porowate o najmniejszej gęstości, takie jak beton komórkowy, mają najmniejszą wartość ciepła właściwego w stanie suchym.

Wyniki badań uzyskanych na materiałach nasączonych wodą wykazały zróżnicowany wzrost pojemności cieplnej. W tym przypadku woda posiadająca dużą wartość ciepła właściwego (4,1 kJ/kgK), wypełniając pory materiałów, przełożyła się na wzrost pojemno-

ści cieplnej α . Największy wpływ odnotowano w przypadku betonu komórkowego (o ok. 160%), najmniejszy w przypadku zaprawy cementowej modyfikowanej (rzędu 3%).

W przypadku współczynnika dyfuzyjności cieplnej a zawilgocenie materiału przełożyło się na jego dwukrotny wzrost w przypadku cegły ceramicznej, betonu komórkowego i zaprawy cementowo-wapiennej. Dla zapraw cementowych ZC i ZM był to wzrost wynoszący 1,3, natomiast dla cegły silikatowej około 1,6.

Zbiórce zestawienie wyników uzyskanych przy zastosowaniu aparatu ISO-MET2104 wskazuje, iż zawilgocenie wywiera istotny wpływ na wyniki pomiarów cieplnych parametrów decydujących o przydatności materiałów do wykorzystania w przegrodach. Taka tendencja dla wszystkich testowanych materiałów i mierzonych parametrów warunkuje ich wykorzystanie w późniejszych przegrodach i obliczenia związane z bilansem cieplnym budynku [3].

5. LITERATURA

- [1] Garbalińska H., Siwińska A.: Badania wpływu zawilgocenia materiałów ściennych na ich współczynnik przewodzenia ciepła. Inżynieria i Budownictwo 11/2011, s. 611-615
- [2] Garbalińska H., Siwińska A.: Pojemność cieplna wybranych materiałów ściennych. Materiały Budowlane 02/2012, s. 43-45
- [3] Garbalińska H., Siwińska A.: Zawilgocenie ścian zewnętrznych z betonu komórkowego, cegły ceramicznej i wapienno-piaskowej, a bilans cieplny budynku. Międzynarodowe seminarium ENERGODOM 2006, Czasopismo Techniczne, Budownictwo z. 5-B/2006, s. 555-562
- [4] Siwińska A.: Związek między izotermą sorpcji a współczynnikiem przewodzenia ciepła porowatego materiału budowlanego. Rozprawa doktorska, Szczecin 2008
- [5] Siwińska A., Garbalińska H.: Zależność współczynnika przewodzenia ciepła betonu komórkowego od warunków wilgotnościowych. Inżynieria i Budownictwo 5/2009, s. 283-285

INFLUENCE OF DAMPNESS ON THERMAL PARAMETERS OF BUILDINGS MATERIALS

SUMMARY

The paper concerns analysis of research results of thermal parameters of chosen building materials carried out with non-stationary technique. Research was performed on samples in two conditions: dry and saturated. The ISOMET2104 apparatus with surface probe was used in measurements. The influence of samples' dampness on fundamental thermal parameters was assessed.

Anna SOCHA, mgr

Uniwersytet Marii Curie - Skłodowskiej w Lublinie (UMCS)

Kierunek: kulturoznawstwo, specjalność: etnologia i folklor

Pl. M. Curie Skłodowskiej 5, 20 - 031 Lublin

e-mail: asocha32@gmail.com

JAROSŁAWSKIE BUDYNKI UŻYTECZNOŚCI PUBLICZNEJ XIX WIEKU

STRESZCZENIE

Niniejszy artykuł jest próbą zaprezentowania XIX-wiecznych budynków użyteczności publicznej Jarosławia. Przedstawiono w nim różne obiekty budowlane, które odznaczają się na tle panoramy miasta pod względem walorów architektonicznych. W opracowaniu skupiono się głównie na gmachach, które już w koncepcji swojego powstania były przeznaczone do użytku publicznego. Zostały one uszeregowane według dat budowy poczynając od najstarszych, aż do tych które zagościły na terenie miasta we wczesnym początku XX wieku.

1. WPROWADZENIE

Artykuł zawiera krótki rys historyczny każdego zaprezentowanego w nim obiektu oraz opis wyglądu zewnętrznego poszczególnych gmachów. Specyficzną uwagę poświęcono walorom budowlanym i dekoracjom, jakie posiadają omawiane XIX-wieczne budynki użyteczności publicznej miasta Jarosławia.

Aby dobrze zobrazować poruszany temat, najpierw należy wyjaśnić znaczenie pojęcia - budynek użyteczności publicznej. Najbardziej klarowną definicję tego terminu możemy znaleźć w rozporządzeniu Ministra Infrastruktury (z dnia 12.04.2002 r. w §3 pkt. 6) w sprawie warunków technicznych, jakim powinny odpowiadać budynki i ich usytuowania. Według niej „budynek użyteczności publicznej to budynek przeznaczony na potrzeby administracji publicznej, wymiaru sprawiedliwości, kultury, kultu religijnego, oświaty, szkolnictwa wyższego, nauki, opieki zdrowotnej, opieki społecznej i socjalnej, obsługi bankowej, handlu, gastronomii, usług, turystyki, sportu, obsługi pasażerów

w transporcie kolejowym, drogowym, (...) oraz inny ogólnodostępny budynek przeznaczony do wykonywania podobnych funkcji, w tym także budynek biurowy i socjalny”.¹

W Jarosławiu przy ulicy Opolskiej 12 znajduje się **dawna synagoga**, która w dniu dzisiejszym pełni funkcję budynku użyteczności publicznej. Owa bożnica nosi nazwę Dużej, jest obiektem orientowanym, w kształcie prostokąta o wymiarach 24,5 x 25 metrów.² Miniona świątynia to bezstylowy gmach powstały na wzór koszarowy.³ Inicjatorem oraz fundatorem tej budowy było żydowskie towarzystwo „Szomrim Labojker”, dzięki któremu w 1811 roku bożnica była gotowa do użytku.⁴ Wiadomo, że podczas II wojny światowej owa synagoga uległa dużemu zniszczeniu.⁵ Przez wiele lat stała pusta i zmieniała właścicieli oraz pełniła różne funkcje.⁶ Obecnie w tym budynku usytuowano siedzibę Ogólnokształcącej Szkoły Sztuk Pięknych im. Stanisława Wyspiańskiego.

Kolejny obiekt związany z omawianym tematem znajduje się przy ulicy Jana Pawła II 30. Jest to gmach wzniesiony przed 1844 rokiem na potrzeby szpitala wojskowego. W budynku tym po II wojnie światowej przez pewien czas istniał Państwowy Dom Dziecka, natomiast od 1977 roku funkcjonuje tu **Specjalny Ośrodek Szkolno-Wychowawczy im. Jana Pawła II**. Ze względu na skromną dekorację plastyczno-architektoniczną jest to typowy przykład austriackiego budownictwa koszarowego, podobnie jak wcześniej wspomniana synagoga Duża. Gmach dzisiejszego ośrodka został zbudowany na rzucie prostokąta, posiada ryzalit na osi elewacji frontowej i dobudówkę przy elewacji tylnej. Czołową ścianę budynku rozdzielają profilowane gzymsy międzykondygnacyjne. Omawiany obiekt zwieńcza szczyt, który składa się z dwóch wydłużonych i ustawionych schodkowo prostokątów. Otwory okienne tej dwupiętrowej budowli mają kształt czworoboków i ujmują je płaskie nieprofilowane opaski.⁷

Następny obiekt użyteczności publicznej dotyczący poruszanego tematu został wzniesiony przy ulicy Grunwaldzkiej 9 około połowy XIX wieku. Niegdyś gmach ten pełnił funkcję **kasyna wojskowego**, obecnie mieści się w nim Klub Garnizonowy. Omawiany budynek powstał na planie wydłużonego prostokąta i posiada dwa ryzality od tylnej strony.⁸ W jego wnętrzu znajdowały się niegdyś dwie duże sale, kinoteatr,⁹ restauracja oraz

¹ M. Buczna (red.), Prawo budowlane warunki techniczne i inne aspekty prawne, Stan prawny na 24 marca 2009, wyd. Wolters Kluwer Polska Sp.z.o.o, Warszawa 2009, str. 198-199.

² E. Bergman, J. Jagielski, Zachowane synagogi i domy modlitwy w Polsce. Katalog, wyd. Żydowski Instytut Historyczny, Warszawa 1996, str. 51.

³ J. Frazik, M. Malanek, Katalog zabytków sztuki. Województwo rzeszowskie, powiat jarosławski, wykonany w ramach prac Zespołu Dokumentacji Naukowej przy Katedrze Sztuki Uniwersytetu Jagiellońskiego, Kraków 1956, str.17.

⁴ A. Sroka, Świątynie Jarosławia, wyd. „Multicolor”, Jarosław 2005, str. 125-126.

⁵ M. Michałowicz-Kubał, Powiat jarosławski, wyd. „APLA”, Krosno 2001, str. 39.

⁶ <http://zwiedzaj-polske.pl/Duza-Synagoga-w-Jaroslawiu>, 01.01.2012.

⁷ K. Kieferling, Szpital wojskowy ob. Specjalny Ośrodek Szkolno-Wychowawczy, Wojewódzki Urząd Ochrony Zabytków z siedzibą w Przemyśle, karta ewidencyjna-grudzień 2007.

⁸ T. Piekarczyk, Kasyno Wojskowe-Klub Garnizonowy, Wojewódzki Urząd Ochrony Zabytków z siedzibą w Przemyśle, karta ewidencyjna-styczeń 1996.

czytelnia. Elewacja frontowa minionego kasyna posiada zróżnicowaną dekorację, jego część wschodnia jest symetryczna i flankują ją ryzality o narożach z rustykowanymi boniami. Parter oddzielony został od górnej kondygnacji za pomocą profilowanego gzymsu, który ozdabiają wypukłe bonie. Wejście główne do obiektu akcentuje wnęka wsparta na dwóch filarach, którą poprzedzono schodami. Elewację w górnej części ryzalitów dekorują prostokątne wgłębienia oraz trzy pilastry o jońskich głowicach, nad którymi usytuowano trójkątne nadproże. Fragment środkowy tej ściany przecinają pionowo pilastry i płyciny o profilowanym prostokątnym nadprożu z akantowym zwornikiem. Całość budynku wieńczy gładki gzyms.¹⁰

Przy ulicy 3-go Maja 30 znajduje się obiekt powstały w 1873 roku, który pierwotnie pełnił funkcję **bursy szkolnej im. Mikołaja Kopernika**. Obecnie mieści się w nim Centrum Kształcenia Ustawicznego. Warto wspomnieć, że do dnia dzisiejszego gmach ten zachował z czasów budowy neobarokowy wystrój elewacji frontowej. Omawiany obiekt utworzono na rzucie prostokąta i wyposażono w płytkie ryzality przy elewacji czołowej oraz głębsze przy tylnej. Na dekorację zewnętrzną dzisiejszego CKU składają się bonie w parterze, profilowane gzymsy, płyciny międzyokienne oraz obramowania okien o dwóch typach. Pierwszy z nich jest płaski z uszkami i zwornikiem w ryzalitach bocznych, natomiast drugi profilowany z rozbudowanym gzymsem w nadprożu przy otworach środkowej części piętra. Wejście do tego budynku flankują pilastry, a u ich szczytu widnieje półokrągłe nadproże oparte na zdobionych kroksztynach.¹¹



*Fot. 2 I Liceum Ogólnokształcące
im. Mikołaja Kopernika
Fig. 2 Nicolaus Copernicus High
School number 1*



*Fot. 1 Dawna bursa szkolna im.
Mikołaja Kopernika
Fig. 1 Nicolaus Copernicus' old
residential building*

⁹ K. Gottfried, Jarosław i okolice, wyd. Polskie Towarzystwo Turystyczno-Krajoznawcze, Sport i Turystyka, Warszawa 1959, str. 24.

¹⁰ T. Piekarz, Kasyno..., o.c., styczeń 1996.

¹¹ T. Piekarz, Budynek Internatu Liceum Ogólnokształcącego, Wojewódzki Urząd Ochrony Zabytków z siedzibą w Przemyśle, karta ewidencyjna-grudzień 1991.

W bliskim sąsiedztwie dawnej bursy znajduje się gmach **I Liceum Ogólnokształcącego im. Mikołaja Kopernika**.¹² Opisany obiekt powstał w latach 1874 - 1875, a autorem jego projektu był Stanisław Rutkowski. Ten dwupiętrowy budynek pierwotnie przeznaczony dla Szkoły Realnej usytuowano na rzucie podkowy. Jego elewacja na parterze jest boniowana i dzieli ją rozczłonkowany gzyms międzykondygnacyjny. Gmach liceum posiada cztery rodzaje obramowań okiennych. Na parterze okna flankuje profilowana opaska oparta na cokolikach, którą zdobi rozeta w płycinie okiennej. Piętro wyżej widnieją pilastry o korynckim kapitelu, w podokniu natomiast umieszczono płycinę z dekoracją roślinną, a otwory okienne wieńczy gzyms w ich nadprożu. Ostatnią kondygnację wyróżnia profilowana opaska z uszkami wsparta na wolutowych konsolkach. Oś elewacji budynku akcentuje płytki ryzalit z półokrągłymi otworami w parterze.¹³

Kolejnym obiektem związanym z omawianym tematem jest obecny gmach **Publicznego Gimnazjum nr 2 im. ks. Stanisława Konarskiego** przy ulicy Jana Pała II 26. Wiadomo, że autorem projektu tego budynku był Stanisław Rutkowski i pierwotnie przeznaczono go na koszary wojskowe. Powstał on w 1883 roku, a w 1892 dokonano nadbudowy jego II pięta. Gmach ten został założony na rzucie prostokąta, charakteryzują go ryzality zwieńczone trójkątnymi oraz bezokiennymi szczytami, które dekorują profilowane listwy. Środkowa część parteru tworzy niski cokół obłożony kamieniem, a boniowanie tej partii budynku w górnych kondygnacjach jego ryzalitów przechodzi w pilastry. Obiekt wieńczy gzyms koronujący, który jest bogato profilowany, akcentują go fryzy z podziałami na płyciny oraz tympanony.¹⁴

Następny jarosławski gmach użyteczności publicznej znajduje się przy ulicy Kościuszki 18. Na jego całość składa się zespół budynków, które pierwotnie służyły jako koszary Obrony Krajowej im. Tadeusza Kościuszki.¹⁵ W 1957 roku wszystkie obiekty należące niegdyś do wojska zmieniły swoją rolę użytkową przekształcając się w **Specjalistyczny Psychiatryczny Zespół Opieki Zdrowotnej im. prof. Antoniego Kępińskiego**, który funkcjonuje do dziś.¹⁶ Obecnie w skład zespołu dawnych budynków proaustriackich, które powstały w 1888 roku wchodzi 6 obiektów, jednak nie wszystkie z nich posiadają wartości zabytkowe. Gmach główny dzisiejszego szpitala to budynek o trzech kondygnacjach, utworzono go na kształt litery C. Jego elewacja została podzielona na trzy części i posiada płytki ryzalit pośrodku. Na parterze występuje boniowanie, a na I piętrze otwory

¹² S. Kłos, Jarosław, Radymno, Sieniawa, Pruchnik i okolice. Przewodnik dla turystów i krajoznawców, wyd. PUW „Roksana”, Krosno 1999, str. 67.

¹³ T. Piekarczyk, Gmach Liceum Ogólnokształcącego, Wojewódzki Urząd Ochrony Zabytków z siedzibą w Przemyślu, karta ewidencyjna-październik 2000.

¹⁴ Z. Bieńkowska, Koszary ob. Gimnazjum im. ks. S. Konarskiego, Wojewódzki Urząd Ochrony Zabytków z siedzibą w Przemyślu, karta ewidencyjna-2007.

¹⁵ J. Czechowicz, Katalog zabytków i budownictwa Jarosławia, [w] Rocznik Stowarzyszenia Miłośników Jarosławia 1994-1999, tom XIII, wyd. Stowarzyszenie Miłośników Jarosławia, Jarosław 2000, str. 169.

¹⁶ S. Adamik, 50-lecie Specjalistycznego Psychiatrycznego Zespołu Opieki Zdrowotnej im. prof. Antoniego Kępińskiego w Jarosławiu, [w] Rocznik Stowarzyszenia Miłośników Jarosławia 2002-2004, tom XV, wyd. Stowarzyszenie Miłośników Jarosławia, Jarosław 2004, str. 205-207.

okienne oraz podokienniki zdobi dekoracja geometryczna i ornamenty w postaci wianuszków z wstęgami, które opadają pionowo. Okna II piętra tego ośrodka zdrowia mają gładkie opaski spoczywające na profilowanym gzymsie. Pozostałe budynki wchodzące w skład omawianego zespołu posiadają podobne zdobienia elewacji jak gmach główny szpitala. Stanowią je bonie, rustykowanie, gzymsy, kanelowane pilastry, a nawet trójkątne frontony.¹⁷

Przy ulicy Nad Sanem 48 znajduje się **rzeźnia miejska**, która została wybudowana w 1890 roku. Obecnie jej najstarszą część stanowi budynek stworzony na rzucie prostokąta, który pokrywa dwuspadowy dach zwieńczony wieżyczką. W latach 1906-1907 zaczęto rozbudowywać rzeźnię, dlatego aktualnie jej najbardziej wartościowy pod względem architektonicznym element jest mało czytelny. Zabytkowy fragment tej budowli został usytuowany centralnie, a jego elewacja frontowa widoczna w $\frac{3}{4}$ części posiada fronton zwieńczony łukiem odcinkowym i sterczynami. Przyczółek w górnym jego odcinku odznaczają trzy półokrągłe okna tworzące triforium. Ściany wieży znajdującej się na samym szczycie omawianego obiektu flankują pilastry, które wieńczy profilowany gzyms, natomiast nad nimi w narożach widnieją sterczyny. Wieżę nakrywa hełm w formie dachu mansardowego, który pokrywa blacha w kształcie łuski.¹⁸



Fot.3 Dawna rzeźnia miejska
Fig.3 Old slaughterhouse



Fot.4 Zespół Szkół Ekonomicznych i
Ogólnokształcących im. Marii
Dąbrowskiej
Fig. 4 Maria Dąbrowska's Economic
High School

¹⁷ I. Tokarska, Zespół koszar poaustriackich ob. szpital, Wojewódzki Urząd Ochrony Zabytków z siedzibą w Przemyślu, karta ewidencyjna-październik 1996.

¹⁸ T. Piekarz, Rzeźnia miejska, Wojewódzki Urząd Ochrony Zabytków z siedzibą w Przemyślu, karta ewidencyjna-listopad 1997.

W dawnej siedzibie straży pożarnej miasta Jarosławia¹⁹ aktualnie mieści się **Zespół Szkół Ekonomicznych i Ogólnokształcących im. Marii Dąbrowskiej**. Zawdzięcza on swoje istnienie dzięki inicjatywie dawnego Towarzystwa Szkoły Handlowej, ponieważ rozpoczęło ono działalność edukacyjną właśnie w tym gmachu.²⁰ Omawiany obiekt mieści się przy ulicy Pl. Mickiewicza 13 i został wybudowany na rzucie prostokąta w 1893 roku. Zarówno parter oraz naroża ryzalitów w górnych jego kondygnacjach są boniowane gładko i posiadają rustykowanie. U szczytu półokrągłych otworów okiennych parteru bonie przechodzą ukośnie tworząc na jego środku zwornik o trójkątnym kształcie. Okna na I piętrze tego budynku flankują pilastry z korynckimi kapitelami, a wieńczy je trójkątny naczółek z balustradą tralkową w podokienniku. Otwory okienne wyższej kondygnacji ujmują profilowana opaska, a gzyms podokienny opiera się na konsolkach. Warto dodać że górna część budynku została obłożona cegłą, a całość elewacji wieńczy profilowany gzyms wsparty na kroksztynach z fryzem składającym się z wolic oczek.²¹

Przy ulicy Kraszewskiego 3 mieści się budynek dawnego urzędu skarbowego miasta, w który obecnie funkcjonuje **Zespół Szkół Spożywczych, Chemicznych i Ogólnokształcących im. Marii Curie Skłodowskiej**. Wiadomo, że ta czterokondygnacyjna budowla została oddana do użytku w 1894 roku i wzniesiono ją na rzucie prostokąta. Jej elewacja frontowa posiada ryzalit środkowy oraz ryzality narożne. Parter tego obiektu jest boniowany i oblicowany żółtą cegłą, a poszczególne kondygnacje szkoły rozdziela gzyms. Okna I piętra gmachu otacza opaska z uszkami, którą flankują pilastry podtrzymujące nadokiennik wypełniony ornamentem roślinnym. W ryzalicie otwory okienne zwieńcza załamany tympanon z wazonem pośrodku. Wszystkie podokienniki tej kondygnacji są tralkowane, a na osi środkowej budynku znajduje się balkon z tralkami w balustradzie i portalem nad drzwiami. Okna piętra II otacza opaska z uszkami, którą wieńczy akantowy zwornik, całość flankują pilastry, natomiast osie ryzalitów po bokach okien posiadają dodatkowe dwie pary pilastrów kompozytowych. Nadbudowane ostatnie piętro omawianego obiektu nie współgra z resztą zdobionej elewacji gmachu.²²

Przy ulicy Plac Mickiewicza 12 znajduje się budynek, w którym obecnie mieści się **Miejski Ośrodek Kultury**. Obiekt ten został stworzony przez architekta Teodora Talowskiego dla Towarzystwa Gimnastycznego „Sokół”.²³ Owy budynek wzniesiono

¹⁹ B. i M. Kondracy, Historia i działalność straży pożarnej w Jarosławiu 1884-2000, [w] Rocznik Stowarzyszenia Miłośników Jarosławia 2000-2002, tom XIV, wyd. Stowarzyszenie Miłośników Jarosławia, Jarosław 2002, str. 47.

²⁰ J. Wojtas, 80 lat Szkoły Ekonomicznej w Jarosławiu (1924-2004), [w] Rocznik Stowarzyszenia Miłośników Jarosławia 2002-2004, tom XV, wyd. Stowarzyszenie Miłośników Jarosławia, Jarosław 2004, str. 210.

²¹ T. Piekarczyk, Budynek szkoły-Liceum Ekonomiczne, Wojewódzki Urząd Ochrony Zabytków z siedzibą w Przemyślu, karta ewidencyjna-1995.

²² H. Jurjewicz, Budynek Urzędu Skarbowego C.K. ob. Zespół Szkół Spożywczych, Wojewódzki Urząd Ochrony Zabytków z siedzibą w Przemyślu, karta ewidencyjna-październik 1996.

²³ T. Piekarczyk, Gmach Towarzystwa Gimnastycznego „Sokół” obecnie Miejski Ośrodek Kultury, Wojewódzki Urząd Ochrony Zabytków z siedzibą w Przemyślu, karta ewidencyjna-listopad 1995.

w latach 1899-1900.²⁴ Posiada on urozmaiconą bryłę, a jego elewację wieńczą szczyty, sterczyny, rzeźby, natomiast całość założenia pokrywa dachówka o trzech kolorach, która układa się we wzory. Gmach ten do czasu II wojny światowej służył Towarzystwu Gimnastycznemu „Sokół”, później stworzono w nim kino „Gdynia”, natomiast od lat 70-tych pełni funkcję Domu Kultury. Gmach tego obiektu został założony na rzucie prostokąta, posiada ryzality i wnęki. Jego dolna część elewacji jest tynkowana i charakteryzuje ją żłobienie poziome w kształcie listewek, natomiast górny fragment budynku został wydłużony za pomocą cegły klinkierowej i zdobi go detal wykonany w kamieniu lub tynku. Elewacja wschodnia obecnej siedziby MOK posiada ryzalit w środkowej części obiektu, nad otworem wejściowym do tego gmachu widnieje półokrągłe nadproże, a po dwóch jego stronach znajdują się półokrągłe zakończone okna. Kondygnację wyżej umiejscowiono otwory okienne o takim samym kształcie jak w parterze, jedno z nich posiada podokiennik w formie okapu. Wszystkie okna tej części elewacji otaczają profilowane wgłębione obramienia. Owy ryzalit zdobiony sterczynami z piaskowca zakończony jest szczytem, a w nim widnieje napis: „Polskie Towarzystwo Gimnastyczne „Sokół”. Elewacja północna tego obiektu również posiada ryzalit na osi, a w nim szerokie okna o kształcie półokrągłym, natomiast pozostałe otwory zamyka łuk odcinkowy. Ryzalit w części piętra flankują kamienne kolumny, a zamyka go trójkątny szczyt z wnęką. Architekt budynku ozdobił to wgłębienie płaskorzeźbą, która przedstawia herb Jarosławia trzymany przez dwa gryfy, natomiast nad nimi widnieje orzeł. Wszystkie te dekoracje wykonane są z kamienia, natomiast szczyt tej części elewacji wieńczy uskrzydłona postać²⁵ mężczyzny, który w dłoniach trzyma hantlę i oszczep stanowiące symbol tężyzny fizycznej.²⁶ Trzecia-zachodnia ściana gmachu również posiada ryzalit ze szczytem ozdobionym identycznie jak w elewacji północnej, jednak jego zwieńczenie dekoruje herb „Pogoń” oraz sterczyny kamienne. Na parterze omawianego obiektu widnieje tablica upamiętniająca 20-lecie wymarszu jarosławskiej kampanii legionowej 1914-1931. Ściana południowa tego budynku posiada trzy wysokie okna oraz cztery ceglane przypory w dolnej kondygnacji. Całość tego obiektu użyteczności publicznej wieńczy profilowany gzyms z fryzem arkadkowym.²⁷

Kolejny gmach dotyczący poruszanego tematu znajduje się przy ulicy Kraszewskiego 1, powstał on w 1900 roku. Pierwotnie przeznaczono go na siedzibę dwóch szkół : męskiej oraz żeńskiej, natomiast obecnie funkcjonuje w nim **Szkoła Podstawowa nr 11 z Oddziałami Integracyjnymi im. Adama Mickiewicza**. Ten dwupiętrowy obiekt pokryty dachówką założono na rzucie prostokąta z ryzalitem przy elewacji tylnej. Parter tego obiektu od strony frontu jest tynkowany, natomiast górne kondygnacje szkoły licuje cegła klinkierowa z tynkowanym pasem, a całość dekoracji uzupełnia arkadkowy fryz oraz

²⁴ K. Gottfried, *Ilustrowany przewodnik po Jarosławiu*, wyd. SMJ w Drukarni PAPIRUS, Jarosław 1937, str. 45.

²⁵ T. Piekarz, *Gmach Towarzystwa...*, o.c., listopad 1995.

²⁶ J. Frendo, *Towarzystwo Gimnastyczne „Sokół” w Jarosławiu w latach 1889-1939*, [w] *Rocznik Stowarzyszenia Miłośników Jarosławia 1994-1999*, tom XIII, wyd. Stowarzyszenie Miłośników Jarosławia, Jarosław 2000, str. 68.

²⁷ T. Piekarz, *Gmach Towarzystwa...*, o.c., listopad 1995.

lizeny, które akcentują oś środkową ściany. Budynek wieńczy profilowany gzyms z arkadkami, natomiast otwór wejściowy i okna otaczają łuki odcinkowe.²⁸

Przy ulicy Zamkowej 1 w Jarosławiu mieści się zespół budynków, w których dawniej funkcjonowała gazownia, natomiast aktualnie stanowią one siedzibę **Miejskiego Zakładu Komunikacji**. Owe obiekty utworzono w latach 1900-1902, nad ich powstaniem czuwał Piotr Kopystyński, który być może jest autorem tego rozległego projektu architektonicznego. Omawiany zespół składa się z budynku biurowego, produkcyjnego, magazynów oraz warsztatów. Gmach administracji MZK wykonano z cegły i jest on częściowo tynkowany, posiada ryzality i bryłę w kształcie prostokąta. Parter tego budynku dekoruje żłobkowanie w nadprożach okien przechodzące w formę boniowania. Elewację I piętra biura wykonano z cegły, posiada ona dwa pasy tynkowane powyżej oraz poniżej otworów okiennych i profilowany gzyms. Pomieszczenie hali produkcyjnej omawianej grupy obiektów posiada nietynkowaną elewację i zostało założone na rzucie prostokąta. Z zewnątrz gmach ten zdobią lizeny, sterczyny oraz trójkątny szczyt. Watro dodać, iż ten gmach wyposażono w kwadratową wieżę, którą flankują pilastry, a całość jego bryły wieńczy fryz arkadkowy. Jeśli chodzi o budynek magazynu, to został on wykonany z cegły, otoczono go tynkiem oraz udekorowano profilowanym gzymsem i fryzem kostkowym.²⁹

Następnym przykładem XIX-wiecznej architektury Jarosławia jest gmach **szpitala powszechnego** usytuowany przy ulicy 3-go Maja 72. W 1900 roku władze miasta postanowiły wybudować tego typu obiekt, prace budowlane Zespołu Szpitalnego im. Ciesza Franciszka Józefa zostały zakończone w 1903 roku. Do całości tego kompleksu w owych czasach zaliczał się budynek właściwy szpitala, pawilon chorób zakaźnych oraz gmach administracyjno-gospodarczy. Do dnia dzisiejszego w pierwotnej wersji zachował się jedynie budynek główny omawianego założenia, natomiast reszta obiektów została kompletnie przebudowana. Obecny gmach szpitalny posiada dwie kondygnacje z ryzalitami bocznymi. Elewacja jego parteru jest boniowana, na I piętrze pionowo dzielą ją pilastry, natomiast poziomo przecinają poprzeczne gzymsy.³⁰ Ryzality tej bryły architektonicznej zwieńczone są trójkątnymi szczytami³¹ z półkolistą dekoracją złożoną z płycin i lizen, w części centralnej tych wzniesień umieszczono okna. W osi głównej budynku dodatkowo usytuowano powstania tego gmachu. Jego otwory okienne na I piętrze umieszczono w profilowanych opaskach, w części parteru zauważyć można brak tego typu zdobieci, natomiast podokienniki występują tu w postaci płycin.³²

Przy ulicy Jana Pawła II 17 znajduje się budynek, który podobnie jak szpital przeznaczono do pełnienia funkcji użyteczności publicznej. Został on wybudowany w 1902 roku i utworzono w nim siedzibę **starostwa** Jarosławia. Pierwotnie owy gmach posiadał

²⁸ T. Piekarz, Budynek szkolny, Wojewódzki Urząd Ochrony Zabytków z siedzibą w Przemyślu, karta ewidencyjna-grudzień 1991.

²⁹ T. Piekarz, Zespół Budynków Gazowni obecnie Miejski Zakład Komunikacji, Wojewódzki Urząd Ochrony Zabytków z siedzibą w Przemyślu, karta ewidencyjna-sierpień 1995.

³⁰ H. Jurjewicz, Dom użyteczności publicznej-szpital miejski, Wojewódzki Urząd Ochrony Zabytków z siedzibą w Przemyślu, karta ewidencyjna-lipiec 1998.

³¹ S. Mendelowski, Jarosław, wyd. P.U.W. „ROKSANA”, Krosno 2009, str. 66.

³² H. Jurjewicz, Dom użyteczności..., o.c., lipiec 1998.

eklektyczny i bogaty wystrój elewacji, gdyż stanowił wizytówkę reprezentującą miasto. Budynek ten był nakryty dwuspadowym dachem, elewacje północne jego bocznych skrzydeł zwieńczały trójkątne szczyty z naczółkami i sterczynami, również taki szczyt posiadał ryzalit przy elewacji korpusu głównego. Pod gzymsem wieńczącym całość obiektu znajdowała się niegdyś attyka w formie balustrady z tralkami, a teren przed frontową częścią starostwa, czyli od strony ulicy ogrodzony był za pomocą murowanych słupów oraz metalowych zdobień. Po wojnie sylwetka omawianego gmachu uległa przemianie. Obecnie w budynku tym utworzonym na rzucie w kształcie litery F znajduje się siedziba Starostwa Powiatowego. Jego bryła składa się z korpusu głównego oraz dwóch prostopadłych do niego skrzydeł, omawiany obiekt posiada boniowany parter, gzymsy międzykondygnacyjne oraz profilowany gzyms wieńczący. Okna tej bryły architektonicznej otaczają cztery rodzaje obramowań, na parterze tworzą je ukośne bonie, kondygnację wyżej płyciny, które posiadają podokienniki i pilastry po bokach trzymające gzyms lub trójkątny przerywany naczółek, natomiast na II piętrze występują okna z nadprożem zdobionym wolutami oraz motywem muszli pośrodku. Elewacja północno-zachodnia starostwa jest zryzalitowana, w górnych jej częściach widnieją pilastry o korynckich kapitelach. Na I piętrze znajduje się balkon z ozdobną balustradą oraz wspornikami, natomiast dwa otwory okienne tej kondygnacji posiadają nadproże z gzymsu oraz przerywany trójkątny naczółek z wazonami w centralnej części.³³

Do XIX-wiecznych budynków Jarosławia należy zaliczyć gmach, umiejscowiony przy ulicy Franciszkańskiej 2, w którym aktualnie znajduje się siedziba Państwowej Wyższej Szkoły Techniczno-Ekonomicznej im. ks. Bronisława Markiewicza.³⁴ Pierwotnie obiekt ten został wybudowany dla Stowarzyszenia Rzemieślników i otrzymał nazwę „**Gwiazda**”, pod którą funkcjonuje do dziś.³⁵ Jego powstanie datuje się na 1903 rok, natomiast projektantem tej budowli prawdopodobnie był Stanisław Babinetz - senior. Jest to gmach stworzony na rzucie zbliżonym kształtem do prostokąta, od ulicy Franciszkańskiej jednokondygnacyjny, natomiast od ulicy Tarnowskiego dwukondygnacyjny. Elewacja frontowa „Gwiazdy” jest obniżona na części przedsionka oraz rozczłonkowana. Ścianę nad wejściem głównym wieńczy attyka płycinowa, na której usytuowano szczyt przybierający formę aediculi z figurką św. Antoniego. Wszystkie otwory okienne tego budynku posiadają półkoliste zakończenie.³⁶

W dawnym budynku Stowarzyszenia Rękodzielników Żydowskich „Jad Charuzim”³⁷ w dniu obecnym funkcjonuje siedziba **Biblioteki Miejskiej** oraz **Państwowego Ogniska Baletowego im. Lidii Natrowskiej**.³⁸ Gmach ten powstał w latach 1907-1912,

³³ T. Piekarz, Dawny gmach Starostwa obecnie Urząd Rejonowy, Wojewódzki Urząd Ochrony Zabytków z siedzibą w Przemyśle, karta ewidencyjna-wrzesień 1998.

³⁴ H. Jurjewicz, Dom ul. Franciszkańska 2 d. Budynek Stowarzyszenia Rzemieślników, Wojewódzki Urząd Ochrony Zabytków z siedzibą w Przemyśle, karta ewidencyjna-wrzesień 1993.

³⁵ M. Jasiński, A. Supel, Jarosław magiczna podróż w czasie, wyd. Przedsiębiorstwo Handlowo Usługowe JĘDRUŚ, Andrzej Mikulski, Warszawa 2006, str. 69.

³⁶ H. Jurjewicz, Dom ul. Franciszkańska..., o.c., wrzesień 1993.

³⁷ A. Potocki, Żydzi w Podkarpaciu, wyd. LIBRA, Rzeszów 2004, str. 64.

³⁸ S. Mendelowski, Jarosław..., o.c., str. 88.

według projektu Samuela Kormana.³⁹ Mieści się on przy ulicy Tarnowskiego 1 i prawdopodobnie w przeszłości mógł pełnić funkcję synagogi.⁴⁰ Jego elewacja posiada cechy charakterystyczne dla neoklasycyzmu. Pierwszą kondygnację omawianego obiektu zdobią pilastry o jońskich głowicach natomiast drugą wysokie okna arkadowe, które przeplatają pilastry z korynckimi kapitelami. Szczyty okien wieńczą kwiatowe girlandy, natomiast ich dolną część zdobi tralkowanie. Budynek posiada fryz sztabkowy, a całość jego bryły wieńczy przyczółek.

Przy ulicy 3-go Maja 30 w 1912 roku wybudowano gmach, w jego murach pierwotnie funkcjonowała szkoła i tak zostało do dziś, ponieważ obecnie w budynku tym mieści się **Publiczne Gimnazjum nr 1 im. św. Królowej Jadwigi**. Obiekt ten powstał na rzucie o kształcie litery L i posiada ścięte naroże. Jego elewację zdobią ryzality, które w części parteru akcentują bonie. Górne kondygnacje ścian budynku są rozczłonkowane pionowo lizenami. Okna parteru ujmują proste opaski z podokiennikami pionowo żłobkowanymi. Na I piętrze występuje fryz arkadkowy, a otwory okienne wieńczy półokrągłe obramowanie zakończone płyciną z gzymsem oraz fryzem kostkowym, natomiast podokienniki dekorowane są promieniście. Otwory okienne II piętra nie posiadają obramień, zdobią je fartuchowe podokienniki, a przy górnych narożach występują dekoracje w postaci szarotek. Część narożna tego gmachu jest flankowana boniami i lizenami, całość budynku w elewacji szczytowej zdobi fryz arkadkowy oraz profilowany gzyms. Warto dodać, że pierwotnie budynek ten posiadał wątki zaczerpnięte z zakopiańskiego budownictwa drewnianego, do dnia dzisiejszego zachowały się jedynie ornamenty w postaci szarotek.⁴¹

2. PODSUMOWANIE

W niniejszym artykule zaprezentowano budynki pełniące funkcję obiektów publicznych, które znajdują się w mieście Jarosławiu. Warto dodać, że wszystkie opisane powyżej gmachy już od samego początku swojego powstania przeznaczone były dla użytku publicznego. Na przestrzeni lat często gościły one w swoich murach różne instytucje, organizacje oraz stowarzyszenia, pełniły wielorakie role, ale zawsze służyły dla dobra mieszkańców tego terenu.

W omawianym mieście do dnia dzisiejszego zachowało się wiele budynków pochodzących z XIX wieku. Odnaczają się one od innych obiektów dzięki bogatemu zdobieniu swych elewacji, które obfitują w wymyślne gzymsy, fryzy, lizeny, bonie, podokienniki, pilastry, kapitele oraz wiele innych detali przejawiających się szczególnie w postaci ornamentów.

Śledząc historię jarosławskiego budownictwa XIX wieku natrafiono również na takie gmachy, które pierwotnie stanowiły własność prywatną, a obecnie pełnią funkcję budynków użyteczności publicznej. Do ich grona możemy zaliczyć dawne kamienice mieszkalne, dworki, domy mieszczańskie oraz wille. Na przestrzeni lat w obrębie swoich

³⁹ J. Czechowicz, *Katalog...*, o.c., str. 166.

⁴⁰ W. Litwin, M. Mańko, S. Mańko, *Jarosław-Szlak Chasydzki*, wyd. Fundacja Ochrony Dziedzictwa Żydowskiego, Warszawa 2008, str. 10.

⁴¹ K. Kieferling, *Szkoła-Gimnazjum im. Królowej Jadwigi*, Wojewódzki Urząd Ochrony Zabytków z siedzibą w Przemyślu, karta ewidencyjna 2007.

murów oprócz podstawowych funkcji bytowych często sprawowały one odmienne role. Obecnie służą mieszkańcom miasta jako hotele, domy dziecka, ośrodki wychowawcze, kawiarnie oraz budowle pełniące role administracyjne.

3. LITERATURA

- [1] Adamik S., 50-lecie Specjalistycznego Psychiatrycznego Zespołu Opieki Zdrowotnej im. prof. Antoniego Kępińskiego w Jarosławiu, [w] Rocznik Stowarzyszenia Miłośników Jarosławia 2002-2004, tom XV, wyd. Stowarzyszenie Miłośników Jarosławia, Jarosław 2004,
- [2] Bergman E., Jagielski J., Zachowane synagogi i domy modlitwy w Polsce. Katalog, wyd. Żydowski Instytut Historyczny, Warszawa 1996,
- [3] Bieñkowska Z., Koszary ob. Gimnazjum im. ks. S. Konarskiego, Wojewódzki Urząd Ochrony Zabytków z siedzibą w Przemyśle, karta ewidencyjna-2007,
- [4] Buczna M.(red.), Prawo budowlane warunki techniczne i inne aspekty prawne, Stan prawny na 24 marca 2009, wyd. Wolters Kluwer Polska Sp.z.o.o., Warszawa 2009,
- [5] Czechowicz J., Katalog zabytków i budownictwa Jarosławia, [w] Rocznik Stowarzyszenia Miłośników Jarosławia 1994-1999, tom XIII, wyd. Stowarzyszenie Miłośników Jarosławia, Jarosław 2000,
- [6] Frazik J., Małanek M., Katalog zabytków sztuki. Województwo rzeszowskie, powiat jarosławski, wykonany w ramach prac Zespołu Dokumentacji Naukowej przy Katedrze Sztuki Uniwersytetu Jagiellońskiego, Kraków 1956,
- [7] Frendo J., Towarzystwo Gimnastyczne „Sokół” w Jarosławiu w latach 1889-1939, [w] Rocznik Stowarzyszenia Miłośników Jarosławia 1994-1999, tom XIII, wyd. Stowarzyszenie Miłośników Jarosławia, Jarosław 2000,
- [8] Gottfried K., Ilustrowany przewodnik po Jarosławiu, wyd. SMJ w Drukarni PAPIRUS, Jarosław 1937,
- [9] Gottfried K., Jarosław i okolice, wyd. Polskie Towarzystwo Turystyczno-Krajoznawcze, Sport i Turystyka, Warszawa 1959,
- [10] <http://zwiedzaj-polske.pl/Duza-Synagoga-w-Jaroslawiu>, 01.01.2012,
- [11] Jasiński M., Supel A., Jarosław magiczna podróż w czasie, wyd. Przedsiębiorstwo Handlowo Usługowe JĘDRUŚ, Andrzej Mikulski, Warszawa 2006,
- [12] Jurjewicz H., Budynek Urzędu Skarbowego C.K. ob. Zespół Szkół Spożywczych, Wojewódzki Urząd Ochrony Zabytków z siedzibą w Przemyśle, karta ewidencyjna - październik 1996,
- [13] Jurjewicz H., Dom ul. Franciszkańska 2 d. Budynek Stowarzyszenia Rzemieślników, Wojewódzki Urząd Ochrony Zabytków z siedzibą w Przemyśle, karta ewidencyjna - wrzesień 1993,
- [14] Jurjewicz H., Dom użyteczności publicznej-szpital miejski, Wojewódzki Urząd Ochrony Zabytków z siedzibą w Przemyśle, karta ewidencyjna-lipiec 1998,
- [15] Kieferling K., Szkoła-Gimnazjum im. Królowej Jadwigi, Wojewódzki Urząd Ochrony Zabytków z siedzibą w Przemyśle, karta ewidencyjna 2007,
- [16] Kieferling K., Szpital wojskowy ob. Specjalny Ośrodek Szkolno-Wychowawczy, Wojewódzki Urząd Ochrony Zabytków z siedzibą w Przemyśle, karta ewidencyjna-grudzień 2007,

- [17] Kłos S., Jarosław, Radymno, Sieniawa, Pruchnik i okolice. Przewodnik dla turystów i krajoznawców., wyd. PUW „Roksana”, Krosno 1999,
- [18] Kondraczy B. i M., Historia i działalność straży pożarnej w Jarosławiu 1884-2000, [w] Rocznik Stowarzyszenia Miłośników Jarosławia 2000-2002, tom XIV, wyd. Stowarzyszenie Miłośników Jarosławia, Jarosław 2002,
- [19] Litwin W., Mańko M., Mańko S., Jarosław-Szlak Chasydzki, wyd. Fundacja Ochrony Dziedzictwa Żydowskiego, Warszawa 2008,
- [20] Mendelowski S., Jarosław, wyd. P.U.W. „ROKSANA”, Krosno 2009,
- [21] Michałowicz-Kubal M., Powiat jarosławski, wyd. „APLA”, Krosno 2001,
- [22] Piekarz T., Budynek Internatu Liceum Ogólnokształcącego, Wojewódzki Urząd Ochrony Zabytków z siedzibą w Przemyślu, karta ewidencyjna-grudzień 1991,
- [23] Piekarz T., Budynek szkolny, Wojewódzki Urząd Ochrony Zabytków z siedzibą w Przemyślu, karta ewidencyjna-grudzień 1991,
- [24] Piekarz T., Budynek szkoły-Liceum Ekonomiczne, Wojewódzki Urząd Ochrony Zabytków z siedzibą w Przemyślu, karta ewidencyjna-1995,
- [25] Piekarz T., Dawny gmach Starostwa obecnie Urząd Rejonowy, Wojewódzki Urząd Ochrony Zabytków z siedzibą w Przemyślu, karta ewidencyjna-wrzesień 1998,
- [26] Piekarz T., Gmach Liceum Ogólnokształcącego, Wojewódzki Urząd Ochrony Zabytków z siedzibą w Przemyślu, karta ewidencyjna-październik 2000,
- [27] Piekarz T., Gmach Towarzystwa Gimnastycznego „Sokół” obecnie Miejski Ośrodek Kultury, Wojewódzki Urząd Ochrony Zabytków z siedzibą w Przemyślu, karta ewidencyjna-listopad 1995,
- [28] Piekarz T., Kasyno Wojskowe-Klub Garnizonowy, Wojewódzki Urząd Ochrony Zabytków z siedzibą w Przemyślu, karta ewidencyjna-styczeń 1996,
- [29] Piekarz T., Rzeźnia miejska, Wojewódzki Urząd Ochrony Zabytków z siedzibą w Przemyślu, karta ewidencyjna-listopad 1997,
- [30] Piekarz T., Zespół Budynków Gazowni obecnie Miejski Zakład Komunikacji, Wojewódzki Urząd Ochrony Zabytków z siedzibą w Przemyślu, karta ewidencyjna-sierpień 1995,
- [31] Potocki A., Żydzi w Podkarpackiem, wyd. LIBRA, Rzeszów 2004,
- [32] Sroka A., Świątynie Jarosławia, wyd. „Multicolor”, Jarosław 2005,
- [33] Tokarska I., Zespół koszar poaustriackich ob. szpital, Wojewódzki Urząd Ochrony Zabytków z siedzibą w Przemyślu, karta ewidencyjna-październik 1996,
- [34] Wojtas J., 80 lat Szkoły Ekonomicznej w Jarosławiu (1924-2004), [w] Rocznik Stowarzyszenia Miłośników Jarosławia 2002-2004, tom XV, wyd. Stowarzyszenie Miłośników Jarosławia, Jarosław 2004,

PUBLIC UTILITY BUILDINGS OF THE 19TH CENTURY IN JAROSŁAW

SUMMARY

From the very beginning of the public utility buildings in Jarosław played an important part of its development. The whole complex of buildings is bringing a historic site of significant cultural value. They have many architecture's details so specific for objects for 19th century.

Krzysztof SORNEK, mgr inż.
Michał TOMSKI, mgr inż.
Mariusz FILIPOWICZ, dr hab. inż., prof. nadzw.

AGH Akademia Górniczo-Hutnicza
Wydział Energetyki i Paliw
Katedra Zrównoważonego Rozwoju Energetycznego
al. A. Mickiewicza 30, 30-059 Kraków
e-mail: ksornek@agh.edu.pl, tomski@agh.edu.pl, filipow@agh.edu.pl

WYKORZYSTANIE BIOMASY W NOWOCZESNYCH, DOMOWYCH SYSTEMACH POLIGENERACYJNYCH

STRESZCZENIE

W referacie przedstawiono charakterystykę paliw biomasowych, wraz z oceną możliwości ich zastosowania w tradycyjnych systemach grzewczych oraz nowoczesnych systemach skojarzonych. Dokonany został opis istniejących rozwiązań w zakresie układów micro-CHP (wykorzystujących jako źródło ciepła kotły na biomasę), a także pokazana została koncepcja budowy innowacyjnego systemu poligeneracyjnego, pokrywającego zapotrzebowanie budynku na ciepło, chłód oraz energię elektryczną. Zaprezentowano ponadto fragment wstępnych wyników badań prowadzonych na Wydziale Energetyki i Paliw Akademii Górniczo-Hutniczej im. Stanisława Staszica w Krakowie.

1. WPROWADZENIE

Rosnące ceny energii wytwarzanej w tradycyjnych źródłach, a także coraz wyższe wymagania środowiskowe, są przyczyną wzrostu popularności alternatywnych źródeł ciepła i energii elektrycznej. Zgodnie z Dyrektywą 2010/31/UE w sprawie charakterystyki energetycznej budynków, wszystkie nowe budynki mają być do dnia 31 grudnia 2020 r. budynkami o niemal zerowym zużyciu energii (pojęcie to oznacza budynki o bardzo niskim wskaźniku zużycia energii, dla których niemal zerowa lub bardzo niska ilość wymaganej energii powinna pochodzić w znacznym stopniu z energii ze źródeł odnawialnych, w tym energii ze źródeł odnawialnych wytwarzanej na miejscu lub w pobliżu). W związku z tym, konieczne staje się opracowanie rozwiązań, które z jednej strony spełnią powyższe wymagania, z drugiej – przyniosą wymierne korzyści użytkownikom. Takim rozwiązaniem mogą

być tradycyjne systemy grzewcze, a w dalszej perspektywie systemy kogeneracyjne i poligeneracyjne, wykorzystujące ciepło ze spalania biomasy.

2. MOŻLIWOŚCI ZASTOSOWANIA BIOMASY JAKO PALIWA

Dyrektywa 2001/77/WE definiuje biomasę jako podatne na rozkład biologiczny frakcje produktów, odpady i pozostałości przemysłu rolnego, leśnictwa i związanych z nim gałęzi gospodarki, a także podatne na rozkład biologiczny frakcje odpadów przemysłowych i miejskich. Całkowity realny potencjał ekonomiczny biomasy szacowany jest na 600 PJ, w tym: odpady suche stałe – 166 PJ/rok, biogaz (odpady mokre) – 123 PJ/rok, drewno opałowe – 24 PJ/rok, uprawy energetyczne – 287 PJ/rok. Aktualnie potencjał ten jest wykorzystywany w zaledwie 32%, co daje produkcję energii na poziomie 192 PJ [1].

Do celów energetycznych stosuje się najczęściej drewno i odpady z jego przeróbki, rośliny pochodzące z upraw energetycznych, słomę, a także produkty rolne. Z punktu widzenia praktycznej możliwości zastosowania paliw biomasowych istotne są takie właściwości, jak wartość opałowa (podstawowy parametr termofizyczny), wilgotność, zawartość popiołu i części lotnych oraz gęstość usypowa. Zestawienie podstawowych parametrów najpopularniejszych biopaliw stałych przedstawiono w tabeli 1.

Tabela 1. Podstawowe właściwości typowych paliw biomasowych [2].

Table 1. The basic properties of typical biomass fuels.

Paliwo	Wilgotność %	Wart. opałowa MJ/kg	Gęstość kg/m ³	Zaw. popiołu % s. m.
Drewno kawałkowe	20 – 30	11,0 – 22,0	380 – 640	0,6 – 1,5
Pelety	7 – 12	16,5 – 17,5	650 – 700	0,4 – 1,0
Zrębki	20 – 60	6,0 – 16,0	150 – 400	0,6 – 1,5
Słoma żółta	10 – 20	14,3	90 – 165	4,0
Słoma szara	10 – 20	15,2	90 – 165	3,0
Kora	55 – 65	18,5 – 20,0	250 – 350	1,0 – 3,0

Wartość opałowa paliw biomasowych uzależniona jest w dużym stopniu od ich wilgotności – im paliwo jest bardziej osuszone, tym wyższa jest jego kaloryczność. Należy przy tym pamiętać, iż wilgotność paliwa jest istotna również ze względu na technologię spalania, transport i magazynowanie, a także z uwagi na automatyzację podawania do kotła i warunki jego eksploatacji [3].

W porównaniu do tradycyjnie stosowanych paliw (węgiel kamienny, olej opałowy, gaz ziemny itp.), wartość opałowa biopaliw stałych jest zdecydowanie niższa. Takie aspekty jednak, jak szeroka dostępność paliwa, niewielki koszt wytworzenia ciepła oraz w miarę neutralny wpływ na środowisko naturalne sprawiają, że stosowanie paliw biomasowych staje się coraz bardziej popularne.

Najbardziej korzystne pod względem energetycznym jest spalanie suchego drewna kawałkowego, peletów oraz słomy szarej.

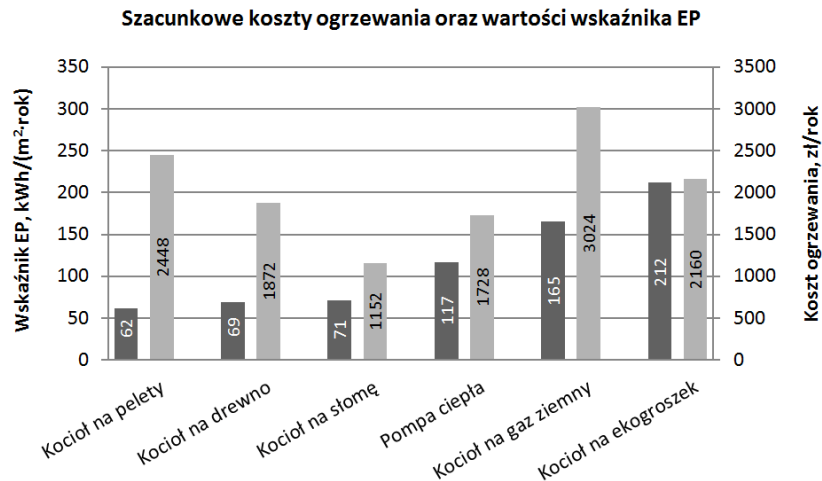
3. BIOMASA W TRADYCYJNYCH INSTALACJACH GRZEWczyCH

W tradycyjnych budynkach, w których ciepło, chłód oraz energia elektryczna dostarczane są przez niezależne od siebie systemy, możliwość zastosowania biopaliw stałych

dotyczy przede wszystkim aspektu wytwarzania ciepła. Do tego celu wykorzystuje się kotły na biomasę, których konstrukcja przystosowana jest do rodzaju spalanego paliwa. W przypadku spalania drewna stosuje się kotły ze spalaniem górnym, dolnym lub zgazowujące, w przypadku peletów – kotły z palnikiem retortowym lub rynnowym (z automatycznym podajnikiem paliwa), a w przypadku spalania słomy – kotły wsadowe lub kotły o ruchu ciągłym. Opis poszczególnych konstrukcji dokonany został w [4].

Inwestycja w kotły na biomasę jest uzasadniona z wielu względów. W porównaniu do innych popularnie stosowanych urządzeń grzewczych, charakteryzują się one z jednej strony niższymi kosztami inwestycyjnymi od pomp ciepła, z drugiej – tańszą i bardziej przyjazną środowisku eksploatacją niż kotły opalane gazem ziemnym (zerowa emisja dwutlenku węgla do atmosfery). Kotły na biomasę pozwalają ponadto osiągnąć wysoką niezależność energetyczną oraz w znaczny sposób obniżyć wartość współczynnika EP w świadectwie charakterystyki energetycznej budynku. Nowsze konstrukcje charakteryzują się niemal bezobsługową pracą (automatyczne rozpalamie, gaszenie, podawanie paliwa itp.), jednak ich wadą jest konieczność okresowego doglądu kotła oraz wymóg magazynowania paliwa.

Potwierdzeniem powyższych słów jest zestawienie rocznych kosztów ogrzewania i przygotowania ciepłej wody użytkowej, a także wartości wskaźnika EP, dla różnych źródeł ciepła, wykonane dla przykładowego budynku o powierzchni 180 m^2 i wskaźniku sezonowego zapotrzebowania na ciepło $E = 90 \text{ kWh}/(\text{m}^2\text{rok})$. Prezentowane na rysunku 1 rezultaty, uwzględniając założenie, iż kolektory słoneczne pokrywają 40% zapotrzebowania na ciepło do przygotowania ciepłej wody użytkowej.



Rys. 1. Porównanie rocznych kosztów ogrzewania oraz wartości wskaźnika EP dla różnych źródeł ciepła w przykładowym budynku

Fig. 1. Comparison of annual heating costs and values of primary energy EP for different heat sources in the example building

4. SYSTEMY MIKROKOGENERACYJNE

Rozwinięciem tradycyjnych systemów grzewczych są układy mikrokogeneracyjne, których istota działania polega na jednoczesnym wytwarzaniu ciepła i energii elektrycznej z dostarczonego nośnika energii pierwotnej (np. biopaliwa). Zaletą tego typu układów jest m.in. uniwersalność stosowania, zmniejszenie zapotrzebowania na energię elektryczną pobieraną z sieci (ograniczenie kosztów eksploatacyjnych budynku), a także możliwość zagospodarowania ciepła odpadowego. Zastosowanie układów micro-CHP jest uzasadnione także ze względu na rosnące wymagania w zakresie jakości energetycznej budynków oraz ich samowystarczalności energetycznej (Dyrektywa 2010/31/UE).

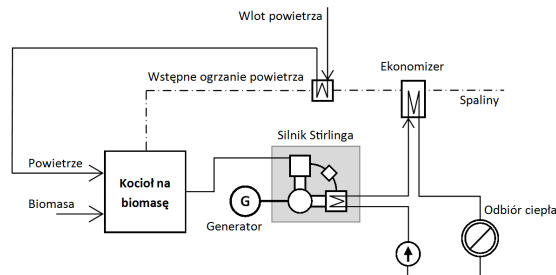
W skład typowego systemu mikrokogeneracyjnego, wykorzystującego jako źródło ciepła kocioł na biomase, wchodzi silnik Stirlinga lub układ ORC (wraz z niezbędnym wyposażeniem) oraz zewnętrzny generator energii elektrycznej. Konstrukcja systemu sprawia, że ciepło oraz energia elektryczna produkowane są równocześnie, przy czym ze względu na różną efektywność obu procesów, ilość wytwarzanego ciepła jest znacznie większa. W związku z tym konieczne jest stosowanie zbiorników buforowych lub innych dodatkowych odbiorników ciepła, który zmagazynują jego nadwyżkę (zwłaszcza w okresie letnim). Z drugiej strony, ze względu na dobową i miesięczną nierównomierność zużycia energii elektrycznej, korzystne jest stosowanie akumulatorów lub sprzedawanie energii do sieci. W tym drugim przypadku, w chwilach, gdy produkcja energii elektrycznej jest większa niż jej chwilowe zużycie, jest ona oddawana do sieci miejskiej, natomiast w momentach, gdy jej zużycie przekracza chwilowe możliwości produkcyjne układu micro-CHP – jest z sieci pobierana. Dzięki temu możliwe jest dobranie mniejszych, a co za tym idzie – tańszych, urządzeń prądowców.

4.1. System micro-CHP z silnikiem Stirlinga

Silnik Stirlinga jest urządzeniem, które przetwarza ciepło na energię mechaniczną bez wybuchowego procesu spalania. Pracuje on w obiegu zamkniętym z dowolnym gazem roboczym (hel, wodór, neon, powietrze itp.) oraz z regeneracją ciepła przy stałej objętości. Typowy silnik składa się z gorącego oraz zimnego tłoka, regeneracyjnego wymiennika ciepła, a także elementów wymiany ciepła pomiędzy czynnikiem roboczym a źródłami zewnętrznymi. Ruch tłoka, wytworzony wskutek przemian termodynamicznych gazu, jest wykorzystywany do napędu wału generatora energii elektrycznej. Teoretyczna sprawność elektryczna generatora stosowanego w silnikach Stirlinga wynosi 35–50% (przy pełnym obciążeniu), sprawność cieplna – 60–70%, a sprawność całkowita – 80–90%. Oczekiwana dyspozycyjność urządzenia jest równa co najmniej 85–90%.

Technologia silników Stirlinga jest bardzo obiecująca – na rynku znajduje się obecnie kilka prototypowych rozwiązań tego typu urządzeń, mogących współpracować z kotłami grzewczymi. Wśród nich wyróżnić można silniki o mocach 0,35, 1 oraz 3 kWe, a w latach 2012–2013 planuje wprowadzić do sprzedaży urządzenia o mocach 5 i 7 kWe. Zgodnie z danymi producenta, wymagana temperatura startowa takich silników wynosi ok. 500°C, natomiast nominalna temperatura pracy – 750°C. Jak pokazują badania prowadzone na Wydziale Energetyki i Paliw, temperatura taka jest standardowo osiągnięta przy spalaniu różnego rodzaju biopaliw stałych.

Schemat przykładowego układu micro-CHP z silnikiem Stirlinga, pokazany został na rysunku 2.



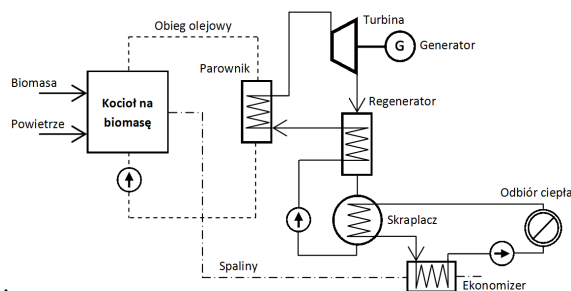
Rys. 2. Schemat systemu micro-CHP z silnikiem Stirlinga
Fig. 2. Diagram of the micro-CHP system including Stirling engine.

4.2. System micro-CHP z układem ORC

Alternatywą dla silnika Stirlinga jest zastosowanie układu ORC (z ang. Organic Rankine Cycle), w którym energia elektryczna wytwarzana jest w generatorze połączonym z turbiną parową. Układ taki zbliżony jest do obiegu konwencjonalnej turbiny parowej, za wyjątkiem czynnika roboczego (n-Butan, izobutan, R124 itp.), umożliwiającego wydajną eksploatację źródeł niskotemperaturowych, w tym kotłów opalanych biomasą. Układy ORC charakteryzują się wysoką wydajnością obiegu i turbiny (dochodzącą do 85%), długą żywotnością, a także cichym działaniem. Sprawność elektryczna wynosi w tym przypadku 11–15%, sprawność cieplna – 50–75%, a sprawność całkowita – 75–85%.

Podobnie, jak w przypadku silników Stirlinga, układy ORC małej mocy znajdują się aktualnie w fazie rozwoju. Wśród dostępnych na rynku rozwiązań, wyróżnić można GreenTurbine oraz InfinityTurbine. Te ostatnie posiadają znamionowe moce elektryczne z zakresu 0,6-10kWe (większe dostępne są dla zastosowań przemysłowych), które osiągają przy różnicy temperatury na parowniku i skraplaczu równej min. 65 K (temperatura oleju termalnego dopływającego do parownika – 80–140°C, temperatura na skraplaczu < 30°C) oraz przepływie czynnika roboczego nie przekraczającym 0,011 kg/s. Energia elektryczna wytwarzana jest w generatorze magnetoelektrycznym (standardowe napięcie to 180 V).

Przykład zastosowania układu micro-ORC, przedstawiony został na rysunku 3.

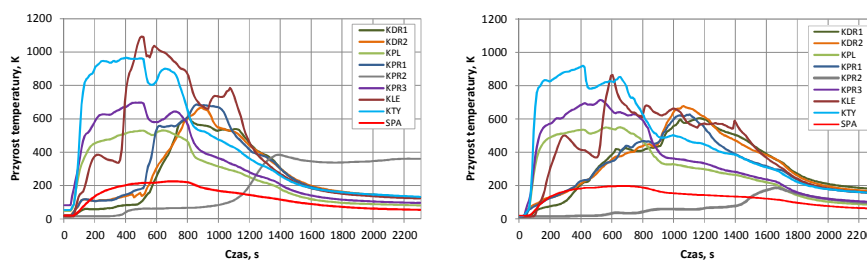


Rys. 3. Schemat systemu micro-CHP z układem ORC.
Fig. 3. Diagram of the micro-CHP system including an ORC system.

6. WYNIKI DOTYCHCZASOWYCH BADAŃ

Dotychczasowe badania prowadzone przez pracowników Wydziału Energetyki i Paliw, skupiały się przede wszystkim na obserwacji wpływu regulacji pracy kotła na przebieg procesu spalania, a także określaniu wpływu rodzaju paliwa i wielkości wsadu na uzyskiwany efekt energetyczny. Otrzymane w trakcie badań wyniki, potwierdzają jednak, iż kotły na biomasę stanowią doskonałe źródło ciepła dla systemów poligeneracyjnych.

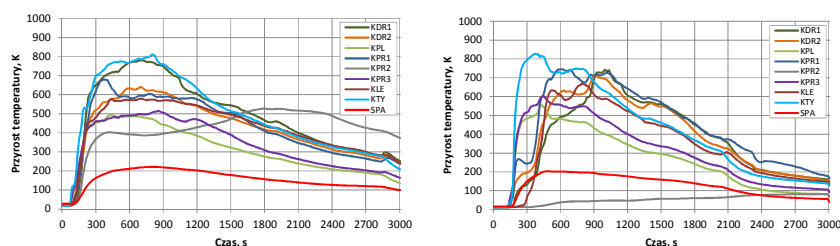
W układach grzewczych wyposażonych w zbiornik buforowy sterowanie pracą kotła może być realizowane przez stację regulacyjną, która kontroluje stopień załadunku bufora i w odpowiednim czasie włącza kocioł. Optymalizacja procesu spalania ogranicza się w takim przypadku do określenia odpowiednich warunków spalania paliwa, na które w dużym stopniu wpływa zadana maksymalna temperatura spalin. W trakcie prowadzonych badań zaobserwowano różną dynamikę zmian temperatury w komorze spalania kotła, która uzależniona była od zaprogramowanej maksymalnej temperatury spalin. Na rysunku 5 pokazane zostały przykładowe przebiegi dla zadanej temperatury spalin 250°C oraz 215°C, które uzyskano przy spalaniu siedmiu balotów słomy o wymiarach 80x40x40 cm. Wartości temperatury, zmierzone na ośmiu czujnikach rozmieszczonych wewnątrz komory spalania pokazują, że w części komory spełnione są warunki umożliwiające zastosowanie silnika Stirlinga (maksymalna temperatura osiąga w tych punktach 900–1100°C, średnia - ponad 700°C). Ponadto, przekaz ciepła z komory spalania do płaszcza wodnego jest na tyle duży, że przy ciągłej pracy kotła osiągnięta zostaje wymagana dla układów micro-ORC oraz chłodziarki absorpcyjnej temperatura oleju termalnego.



Rys. 5. Dynamika procesu spalania słomy w zależności od zadanej maksymalnej temperatury spalin (lewy wykres - 250°C, prawy - 215°C)

Fig. 5. The dynamics biomass combustion for two chosen maximum flue gas temperature (left graph - 250°C, right graph - 215°C)

Także w drugim z rozpatrywanych przypadków, przy spalaniu różnego wolumenu biopaliwa, otrzymane wyniki potwierdzają zasadność budowy układu poligeneracyjnego opartego o kocioł na biomasę. Na rysunku 6 przedstawiona została dynamika procesu spalania drewna oraz mieszanki drewno-słoma-papier przy zadanej maksymalnej wartości temperatury spalin na poziomie 250°C. W tym przypadku, ze względu na mniejszą gęstość usypową paliwa, rozkład temperatury w różnych punktach komory spalania jest bardziej równomierny, przy czym – ze względu na inny charakter spalania mieszanki – wartości maksymalne i średnie temperatury są nieznacznie niższe. Nie zmienia to jednak faktu, iż również w tym przypadku uzasadnione jest zastosowanie układów wytwarzających energię elektryczną i chłód.



Rys. 6. Dynamika procesu spalania słomy w zależności od rodzaju paliwa (lewy wykres - drewno, prawy –mieszanka drewno-słoma-papier)

Fig. 6. The dynamics of the biomass combustion for two chosen fuels (left graph – wood, right graph – wood, straw and paper mix)

7. PODSUMOWANIE

Systemy poligeneracyjne, przystosowane do pracy w budynkach mieszkalnych, powinny być przedmiotem dalszych badań, zmierzających do opracowania kompletnej koncepcji ich budowy oraz optymalizacji poszczególnych parametrów pracy. Układy takie będą istotnym krokiem we wdrażaniu coraz bardziej restrykcyjnych wymagań unijnych w zakresie energooszczędności i efektywności energetycznej budynków, a jednocześnie pozwolą uzyskać całkowitą lub częściową niezależność od rosnących cen tradycyjnych nośników energii. Wyniki przeprowadzonych dotychczas badań, potwierdzają możliwość stosowania tego typu rozwiązań w nowych i istniejących systemach grzewczych.

Praca wykonana w ramach działalności statutowej WEiP, AGH „Badania uwarunkowań zrównoważonego rozwoju energetycznego”

8. LITERATURA

- [1] „BAP Driver - Rozwój krajowych strategii i planów działań na rzecz zrównoważonego, energetycznego wykorzystania biomasy”, Raport KAPE, 2010
- [2] www.biomasa.org, dostęp: luty 2012
- [3] Filipowicz M. i in.; „Monitoring temperatury komory kotła na biomasę oraz instalacji grzewczej”; Ciepłownictwo, ogrzewnictwo, wentylacja; nr 42/7-8 (2011)
- [4] Sornek K., Szubel M., Tomski M., Filipowicz M.; Kotły na biomasę – określenie efektywności ich pracy oraz możliwości sterowania, Energia i Budynek, 2012

POSSIBILITY OF THE USE OF BIOMASS IN MODERN, DOMESTIC POLIGENERATION SYSTEMS

SUMMARY

The paper presents characteristics of the biomass fuels, with discussion about their applicability in traditional heating systems and modern micro-CHP systems. There were described existing solutions of micro-CHP systems, based on the use of biomass boilers as a heat sources, and it was shown the concept of an innovative polygeneration system, which could cover the building's demand on heating, cooling and electricity. The paper also presents preliminary results of research conducted at the Faculty of Energy and Fuels (AGH University of Science and Technology, Cracow).

Mariola STARZOMSKA, mgr inż.
Jerzy Z. PIOTROWSKI, dr hab. inż., prof. PŚk.
Stanisław SZEWCZYK, mgr inż.

Politechnika Świętokrzyska
Katedra Fizyki Budowli i Energii Odnawialnej
al. Tysiąclecia Państwa Polskiego 7, 25-314Kielce
e-mail m.starzomska@tu.kielce.pl, jzpiotr@tu.kielce.pl

INNOWACYJNE WYKORZYSTANIE ENERGII SŁUPA WODY

STRESZCZENIE

W referacie przedstawiono urządzenie pozwalające na skuteczne pozyskiwanie energii z niewielkich cieków wodnych, w których nieopłacalne lub niemożliwe jest zastosowanie typowych turbin wodnych. Przedstawiono ideę działania urządzenia. Porównano wielkość uzyskanej energii dla tradycyjnego sposobu pozyskiwania energii z wody (przy użyciu turbin wodnych) i przy wykorzystaniu zaproponowanego urządzenia.

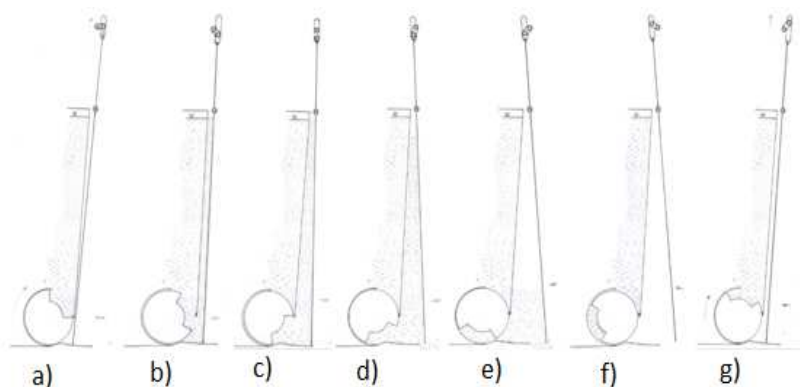
1. WPROWADZENIE

Teoretyczne zasoby wodno energetyczne Polski zostały obliczone w latach 60, w oparciu o metodykę Światowej Rady Energetyki i wynoszą one dla średniego roku energetycznego około 23 TWh/rok ($1\text{TWh}=10^9\text{kWh}$). Natomiast techniczne zasoby energetyczne wszystkich wód płynących wyliczone przez A. Hoffmana i M. Hoffmana oraz J. Tymińskiego [1] wynoszą około 12 TWh/rok, zaś techniczne zasoby MEW (obiekty wodne do 5MW) wynoszą około 2 TWh/rok. Potencjał techniczny polskich rzek wykorzystany jest jedynie w 10-12%, co stawia nas na ostatnim miejscu w Europie. Tradycyjne metody pozyskiwania energii elektrycznej z energii wody wykorzystują turbiny wodne poruszane przez wodę i bezpośrednio połączone z generatorem. Zaproponowane urządzenie pozwala skutecznie pozyskać energię z niewielkich cieków wodnych, w których nieopłacalne lub niemożliwe jest zastosowanie typowych turbin wodnych.

2. URZĄDZENIE DO PRZETWARZANIA ENERGII SŁUPA WODY

Urządzenie do przetwarzania energii słupa wody składa się z czterech segmentów [4], z których każdy ma obudowę w kształcie zbliżonym do wycinka walca, w której osa-

dzona jest wahadłowo płyta robocza. Płyty robocze wszystkich segmentów ułożyskowane są na wspólnej, poziomo usytuowanej osi. Ściana boczna, oporowa, w swej dolnej części posiada kanał doprowadzający wodę, na całej szerokości segmentu, wyposażony w zawór sprzężony z mechanizmem odbioru mocy. Dolna płyta wyprofilowana jest wzdłuż łuku zakreślonego przez dolną krawędź płyty roboczej. Płyta robocza, boki segmentu wraz z płytą dolną tworzą układ szczelny do momentu, gdy dolna krawędź płyty roboczej znajdzie się nad otworami odprowadzającymi. Cykle działania urządzenia przedstawiono na rys. 1.



Rys.1 Pełny cykl działania urządzenia do przetwarzania słupa wody

- a) początek cyklu, płyta robocza przylega do ściany oporowej, zawór doprowadzający wodę zamknięty,
 b))otwarcie zaworu doprowadzającego wodę, napełnianie komory roboczej,
 c) zamknięcie dopływu wody i rozpoczęcie wypływu przez otwory odprowadzające w płycie dolnej,
 d-e) wypływ wody przez otwory w płycie dolnej, zawór doprowadzający wodę zamknięty,
 f)-g) pusta komora robocza, powrót płyty roboczej do punktu początkowego.
- Fig.1 Full cycle of a water processing device.
- a) the beginning of the circle, worktop adheres to the retaining wall, the water inlet valve is closed,
 b)-c)the water inlet valve is opened, filling the working chamber,
 d) closing water inlet, and the water starts to outflow through the hole in the bottom plate,
 e) the water outflows through the hole in the bottom plate, the water inlet valve is closed,
 f)-h) the working chamber is empty, the worktop returns to the starting position.

3. ENERGIA STRUMIENIA WODY

Wielkość możliwej do otrzymania energii uzyskano z porównania tradycyjnego sposobu pozyskiwania energii z wody (przy użyciu turbin wodnych) i z wykorzystaniem zaproponowanego urządzenia, przy następujących założeniach:

- wysokość spadu 1m,
- przepływ $0,1 \text{ m}^3/\text{s}$.

3.1. Pozyskiwanie energii z wody w sposób tradycyjny

Energia pozyskiwana z wody to energia kinetyczna, a zwłaszcza energia potencjalna wody. Aby określić teoretyczną ilość energii E zawartą w płynącej wodzie między punktami 1 i 2 rozpatrywanego odcinka cieku wodnego skorzystano z równania Bernoulliego:

$$\frac{v^2}{2} + g \cdot h + \frac{p}{\rho} = \text{const} \quad (1)$$

gdzie:

v - prędkość wody [m/s],

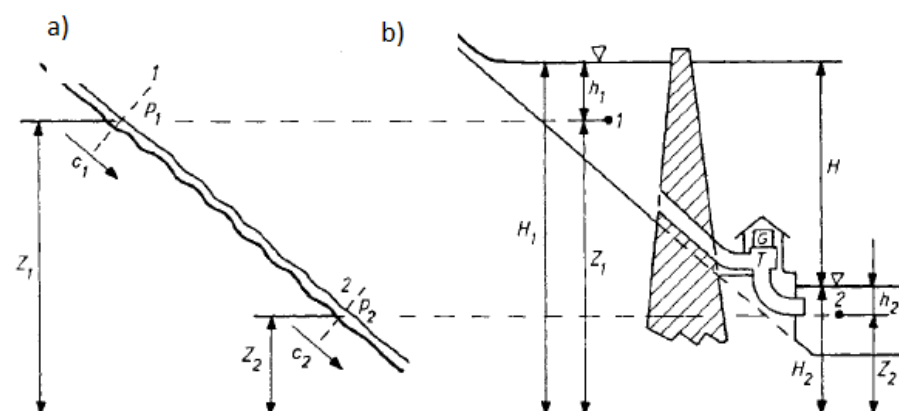
g - przyspieszenie ziemskie [m/s^2],

h - wysokość [m],

p - ciśnienie [Pa],

ρ - gęstość wody [kg/m^3],

oraz przyjmują oznaczenia odpowiednio w dwu wybranych przekrojach (rys 2)



Rys.2 Przekrój koryta rzeki: a) w stanie naturalnym, b) po wybudowaniu zapory [2]

Fig.2 Cross section of River Bed: a) In natural state, b) after construction of dam

Z_1, Z_2 - wzniesienie przekrojów 1 i 2 nad dowolny poziom odniesienia[m],

p_1, p_2 - ciśnienie na poziomie lustra wody [Pa],

v_1, v_2 - średnia prędkość wody [m/s],

V - objętość przepływającej wody [m^3]

Energie w każdym z przekrojów przedstawiają zależności:

$$E_1 = \left[\frac{v_1^2}{2} + g \cdot Z_1 + \frac{p_1}{\rho} \right] \rho \cdot V \quad [J] \quad (2)$$

$$E_2 = \left[\frac{v_2^2}{2} + g \cdot Z_2 + \frac{p_2}{\rho} \right] \rho \cdot V \quad [J] \quad (3)$$

gdzie:

$\frac{\vartheta^2}{2}$ - energia prędkości (kinetyczna),

$g \cdot Z$ - energia położenia (potencjalna)

$\frac{p}{\rho}$ - energia ciśnienia.

Zatem energia rozwijana przez rzekę pomiędzy dwoma przekrojami wynosi [2]:

$$E_{12} = E_1 - E_2 = \left[\frac{\vartheta_1^2 - \vartheta_2^2}{2} + g(Z_1 - Z_2) + \frac{p_1 - p_2}{\rho} \right] \rho \cdot V \quad [J] \quad (4)$$

Wybudowanie zapory umożliwia koncentrację spadku i wykorzystanie energii strumienia wody do napędu turbiny wodnej. Zakładając, że środki ciężkości mas wody na poziomach górnym i dolnym znajdują się na poziomach Z_1 , Z_2 oraz przyjmując następujące oznaczenia:

h_1, h_2 - głębokość położenia środka ciężkości masy wody pod lustrem wody [m],

H_1, H_2 - poziom niwelacyjny lustra wody w stosunku do poziomu odniesienia [m],

H - spad niwelacyjny [m],

uwzględniając zależności:

$$H = H_1 - H_2 \quad (5)$$

$$H_1 = Z_1 + h_1 \quad (6)$$

$$H_2 = Z_2 + h_2 \quad (7)$$

$$p_1 = h_1 \cdot \rho \cdot g \quad (8)$$

$$p_2 = h_2 \cdot \rho \cdot g \quad (9)$$

oraz dokonując przekształcenia wyrażenia (4), otrzymujemy wyrażenie określające wartość energii jaką może przejąć turbina od strumienia wody:

$$E_{12} = \left[\frac{\vartheta_1^2}{2} - \frac{\vartheta_2^2}{2} + g \cdot H + g \sum h_{str} \right] \rho \cdot V \quad [J] \quad (10)$$

gdzie:

$g \cdot H$ - energia potencjalna wody w górnym zbiorniku,

$\frac{\vartheta_1^2}{2}$ - energia kinetyczna związana z ruchem wody w górnym zbiorniku z prędkością ϑ_1 ,

$\frac{\vartheta_2^2}{2}$ - energia kinetyczna odpływającej wody na dolnym poziomie z prędkością ϑ_2 ,

$g \sum h_{str}$ - strata energii związana z oporami przepływu wody w doprowadzeniach i odprowadzeniach z turbiny.

W przypadku gdy cała różnica poziomów wody skoncentrowana jest na niewielkim obszarze, można pominąć spadki ciśnienia w przewodach doprowadzających wodę do turbiny. Prędkości wody przed i za spiętrzeniem są porównywalne, można więc przyjąć,

że $v_1 = v_2$, zatem maksymalna ilość energii do pozyskania z cieku wodnego przy założeniach jak wyżej jest wyrażona wzorem:

$$E_{12} = g \cdot H \cdot \rho \cdot V \quad [J] \quad (11)$$

gdzie:

g - przyspieszenie ziemskie $= 9,81 \text{ m/s}^2$,

ρ – gęstość wody $= 1000 \text{ kg/m}^3$,

V – objętość przepływającej wody $[\text{m}^3]$,

H – wysokość spadu $[\text{m}]$

a uzyskana maksymalna moc (bez uwzględniania sprawności procesu transformacji energii wody na energię elektryczną) jest określona zależnością:

$$P_{\max} = \frac{E_{12}}{t} = g \cdot H \cdot \rho \cdot \frac{V}{t} = g \cdot H \cdot \rho \cdot Q \quad [W] \quad (12)$$

gdzie:

Q - przepływ-objętość strumienia wody przepływającego przez turbinę w ciągu sekundy $[\text{m}^3/\text{s}]$

Uwzględniając założenia jak na wstępie (wysokość spadu $H = 1 \text{ m}$, przepływ $Q = 0,1 \text{ m}^3/\text{s}$) można wyliczyć wartość teoretycznej, maksymalnej możliwej do uzyskania mocy :

$$P_{\max} = 9,81 \frac{\text{m}}{\text{s}^2} \cdot 1 \text{ m} \cdot 1000 \frac{\text{kg}}{\text{m}^3} \cdot 0,1 \frac{\text{m}^3}{\text{s}} = 981 \text{ W} = 0,98 \text{ kW} \quad (13)$$

3.2. Pozyskiwanie energii z cieku wodnego przy użyciu zaproponowanego urządzenia

Zaproponowane urządzenie do działania wykorzystuje parcie hydrostatyczne. Dla łopaty roboczej o kształcie prostokąta parcie hydrostatyczne wynosi [3]:

$$F_h = \gamma \frac{h^2}{2} b = g \rho \frac{h^2}{2} b \quad [N] \quad (14)$$

gdzie:

h – wysokość łopaty $[\text{m}]$

b – szerokość łopaty $[\text{m}]$

g - przyspieszenie ziemskie $= 9,81 \text{ m/s}^2$,

ρ – gęstość wody $= 1000 \text{ kg/m}^3$

Zatem dla łopaty roboczej o wymiarach $1 \times 1 \text{ m}$ parcie hydrostatyczne wynosi:

$$F_h = 9,81 \frac{\text{m}}{\text{s}^2} \cdot 1000 \frac{\text{kg}}{\text{m}^3} \cdot \frac{1^2 \text{ m}^2}{2} \cdot 1 \text{ m} = 4905 \text{ N} \quad (15)$$

Głębokość zanurzenia punktu przyłożenia wypadkowej parcia [3]:

$$r = \frac{1}{3} h \quad [m] \quad (16)$$

$$r = 0,67 \text{ m} \quad (17)$$

Moment obrotowy :

$$M_{obr} = P_h \cdot r \quad [Nm] \quad (18)$$

$$M_{obr} = 3270 \text{ Nm} \quad (19)$$

Uwzględniając założenia wstępne ($H = 1\text{m}$, $Q = 0,1 \text{ m}^3/\text{s}$) oraz kształt i wymiary komory roboczej, która ma postać graniastosłupa o wysokości 1m z podstawą trapezową o wysokości 1m i podstawach: 0,04m oraz 0,1m, przy pojemności komory roboczej:

$$V_{kom} = \frac{0,04\text{m} + 0,1\text{m}}{2} \cdot 1\text{m} \cdot 1\text{m} = 0,07 \text{ m}^3, \quad (20)$$

i po uwzględnieniu ubytków wynikających z nieszczelności układu (przyjmując ilość wody niezbędnej do wypełnienia komory roboczej $0,1\text{m}^3$) cykl pracy wynosi:

$$n = \frac{Q}{V_{kom}} \cdot \frac{60}{4} \quad \left[\frac{\text{obr}}{\text{min}} \right] \quad (21)$$

$$n = 15 \frac{\text{obr}}{\text{min}} \quad (22)$$

Zatem maksymalna możliwa do uzyskania moc wynosi:

$$P_{max} = \frac{M_{obr} \cdot n}{9549,3} \quad [kW] \quad (23)$$

$$P_{max} = \frac{3270 \text{ Nm} \cdot 15 \frac{\text{obr}}{\text{min}}}{9549,3} = 5,13 \text{ kW} \quad (24)$$

4. BADANIA URZĄDZENIA

Obecnie budowany jest model urządzenia do przetwarzania energii słupa wody, który badany będzie zarówno w warunkach laboratoryjnych jak i na naturalnym cieku. Celem badań jest wyznaczenie charakterystyk hydrodynamicznych urządzenia – mocy oraz momentu obrotowego w funkcji prędkości przepływu wody oraz w funkcji wysokości słupa wody.

Wielkościami mierzonymi bezpośrednio będą :

- prędkość obrotowa wału oraz moment obrotowy (wyznaczona będzie moc netto urządzenia, bez uwzględnienia sprawności przeniesienia napędu, na podstawie iloczynu prędkości obrotowej i momentu obrotowego).
- siła nacisku na płytę roboczą przy zmiennej wysokości punktu zwrotnego (w celu określenia wysokości wychylenia wahadła dla uzyskania maksymalnej mocy)

- moc przy różnych długościach ruchu roboczego (w celu optymalizacji w płycie dolnej)
- czas pełnego cyklu, przy zmiennej wysokości słupa cieczy.

Ze względu na niewielkie prędkości obrotowe do współpracy z turbiną wykorzystana będzie prądnica synchroniczna wzbudzana magnesami trwałymi. Brak uzwojenia w wirniku i wirujących elementów elektronicznych powoduje, że prądnica taka charakteryzuje się wyższą sprawnością i niezawodnością w porównaniu z klasycznymi prądnicami. W celu uniknięcia stosowania podwyższających przekładni mechanicznych, multiplikatorów powodujących straty, hałas, zmniejszających niezawodność konstrukcji, planuje się również opracowanie nowej współpracującej z badaną turbiną prądnicy synchronicznej wzbudzonej magnesami trwałymi.

5. PODSUMOWANIE

Zaproponowane urządzenie posiada prostą i lekką budowę. Można go skutecznie wykorzystywać do pozyskiwania energii w strumieniach, w których nieopłacalne jest montowanie typowych turbin. Urządzenie może pracować przy poborze niewielkiej ilości wody. Jedyny warunek to praca na spadzie o wysokości co najmniej 0,5 m. Aby urządzenie mogło generować prąd, natężenie przepływu winno wynosić minimum 0,05 m³/sek. Może więc być wykorzystane w terenach górzystych, na małych strumieniach a nawet w miastach na estakadach itp.

Porównując wyniki pozyskiwania energii, w sposób tradycyjny i przy wykorzystaniu zaproponowanego urządzenia, dla tego samego cieku wodnego nowe rozwiązanie pozyskuje około 5 razy więcej energii obliczeniowej.

"Badania współfinansowane były z Programu Operacyjnego Innowacyjna Gospodarka w ramach Projektu 1. Działanie 1.1 PO IG Poddziałanie 1.1.2, umowa NR POIG 01.01.02-10-106/09-00."

Studentka studiów III stopnia otrzymuje stypendium w roku akademickim 2011/2012 z Programu Operacyjnego Kapitał Ludzki, Priorytet VIII: Regionalne kadry gospodarki, Działanie 8.2. Transfer wiedzy, Poddziałanie 8.2.1. Wsparcie dla współpracy sfery nauki i przedsiębiorstw, realizowany przez Świętokrzyskie Centrum Innowacji i Transferu Technologii Sp. z o.o. i Politechnikę Świętokrzyską w Kielcach na podstawie umowy nr UDA-POKL.08.02.01-26-020/11-00 ze Świętokrzyskim Biurem Rozwoju Regionalnego.

6. LITERATURA

- [1] Hoffman M.: *Prognozy rozwoju energetyki wodnej w Europie i Polsce*, IV Konferencja Naukowo-Techniczna „Mała Energetyka-97” Zakopane Kościelisko,
- [2] Paska J., Staniszewski A.: *Podstawy elektroenergetyki. Metody wytwarzania energii elektrycznej*, Ofic. Wyd. Pol. Warsz., Warszawa 1994.
- [3] Lubczyńska U., „*Hydraulika stosowana*”, Wydawnictwo Politechniki Świętokrzyskiej, Kielce 1996
- [4] Szewczyk S., Piotrowski J., Starzomska M., Zgłoszenie patentowe zarejestrowane pod numerem 2012-02-15 P.398121, *Urządzenie do przetwarzania energii słupa wody*

- [5] Karolewski B., Ligocki P., „Wyznaczanie parametrów małej elektrowni wodnej”, Prace Naukowe Instytutu Maszyn, Napędów i Pomiarów Elektrycznych Politechniki Wrocławskiej nr 56, Wrocław 2004
- [6] M. Starzomska, J. Piotrowski “*Testing a prototype for an innovative water turbine*” TRANSCOM 2011 Section 6 str.187-189

THE INNOVATIVE USAGE OF A STATIC HEAD.

SUMMARY

This article presents a device which allows to extract energy from the streams where it is impossible or uneconomical to use conventional water turbines. Traditional way of obtaining energy from a water courses (using a water turbine) was compared with a method which involves our device. The paper also shows the concept of the device.

Justyna STEFANIAK, mgr inż.
Agnieszka ŻELAZNA, mgr inż.

Politechnika Lubelska
Wydział Inżynierii Środowiska
ul. Nadbystrzycka 40B, 20-618 Lublin
e-mail: j.stefaniak@wis.pol.lublin.pl

ANALIZA ŚRODOWISKOWA WYKORZYSTANIA CHŁODZIARKI ABSORPCYJNEJ ZASILANEJ GAZEM DO WYTWARZANIA WODY LODOWEJ

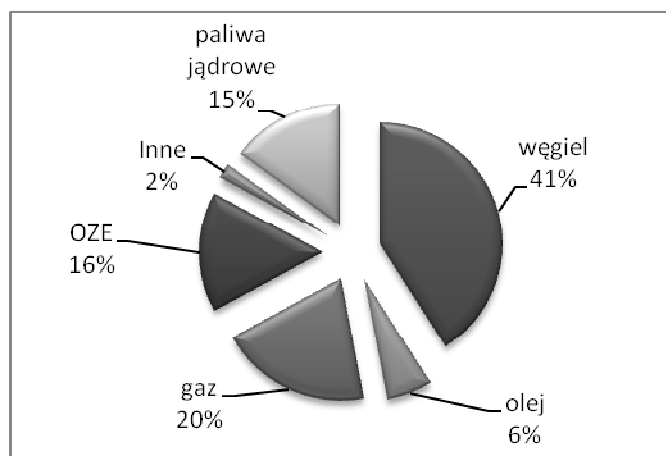
STRESZCZENIE

W artykule przeprowadzono analizę działania chłodziarki absorpcyjnej charakteryzującej się małym zapotrzebowaniem na moc elektryczną. Chłodziarka posiada wbudowane palenisko gazu ziemnego, a cykl chłodniczy realizowany jest dzięki wykorzystaniu energii cieplnej powstałej w procesie spalania gazu. Efekty środowiskowe działania chłodziarki absorpcyjnej zostały porównane z efektami uzyskanymi dla chłodziarki sprężarkowej zasilanej wyłącznie energią elektryczną. Do przeprowadzenia analizy wykorzystano metodologię środowiskowej oceny cyklu życia dla fazy użytkowej systemów. Analiza wykazała, że lepszym rozwiązaniem jest stosowanie chłodziarki absorpcyjnej zasilanej gazem ziemnym.

1. WPROWADZENIE

Produkcja chłodu na potrzeby klimatyzacyjne nieodzownie wiąże się z wykorzystaniem energii. Ponad 95% urządzeń chłodniczych stanowią urządzenia sprężarkowe, które do realizacji obiegu chłodniczego potrzebują energii mechanicznej [13]. Wartości współczynnika wydajności chłodniczej (wyrażającego stosunek uzyskanej mocy chłodniczej do mocy napędowej) tych urządzeń zazwyczaj wahają się w granicach $COP = 2 \div 4$. Jednak pomimo tak dużej sprawności wskazuje się, że rosnące wykorzystanie urządzeń sprężarkowych przyczynia się do wzrostu zapotrzebowania na energię elektryczną [1, 3].

Rocznie około 36% światowej energii wykorzystywanej jest do produkcji 1,4 TW energii elektrycznej [2]. Światowy sektor elektroenergetyczny opiera się w dużej mierze o paliwa kopalne. Procentowy udział tychże paliw zapewnia ponad 65 % całkowitej produkcji elektryczności. Natomiast udział odnawialnych źródeł energii jest stosunkowo niewielki [5]. Na rysunku 1 została przedstawiona geneza światowa produkcja energii elektrycznej.



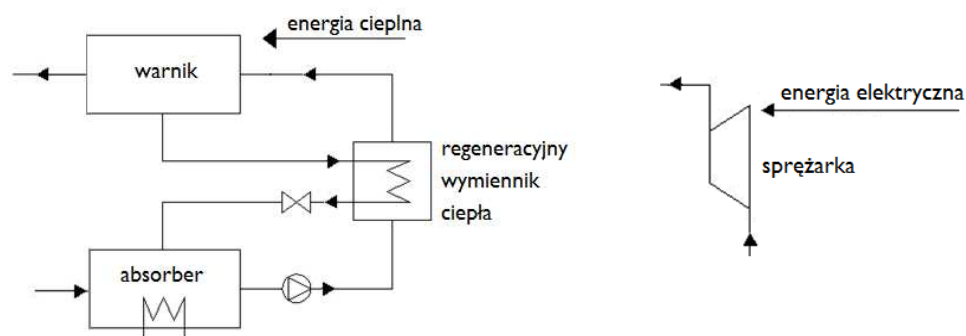
Rys.1. Światowa produkcja energii elektrycznej z poszczególnych paliw[5]
Fig.1. World's electricity generation by fuel [5]

Duże zapotrzebowanie na energię spowodowało, że zasoby nieodnawialnych źródeł energii są eksploatowane w tempie, które przyczyni się do ograniczenia ich dostępności w przyszłych stuleciach [2]. Dodatkowo wykorzystanie paliw kopalnych w sektorze energetycznym przyczynia się do rosnącego antropogenicznego zanieczyszczenia atmosfery spowodowanego przez gazy cieplarniane. Te zjawiska kłócą się z zasadą zrównoważonego rozwoju, według której konieczna jest troska o zapewnienie podstawowych potrzeb zarówno obecnych jak i przyszłych pokoleń. Niezbędne staje się zatem poszukiwanie nowych technologii, które będą charakteryzować się nie tylko dużą wydajnością ale również zmniejszonym zapotrzebowaniem na energię elektryczną. Technologie te powinny również w minimalnym stopniu oddziaływać na środowisko naturalne [7, 8, 9].

2. CHŁODZIARKA ABSORPCYJNA

Chłodziarki absorpcyjne to urządzenia stosowane do wywarzania wody lodowej na potrzeby klimatyzacji i chłodnictwa. Cykl chłodniczy realizowany w chłodziarkach absorpcyjnych jest podobny do tego realizowanego w chłodziarkach sprężarkowych. Różnica polega na zasileniu obydwu urządzeń. Chłodziarka sprężarkowa wykorzystuje energię mechaniczną i zasilana jest energią elektryczną. Chłodziarka absorpcyjna wykorzystuje energię cieplną i zasilana jest ciepłem w różnych postaciach, natomiast zapotrzebowanie na energię elektryczną jest niewielkie.

W chłodziarkach absorpcyjnych sprężarka mechaniczna zastąpiona jest sprężarką termalną, która składa się z absorbera, wężownika, pompy oraz zaworu dławiącego.



Rys2. Schemat sprężarki termalnej(po lewej) i sprężarki mechanicznej (po prawej)
Fig.2. Scheme of thermal compressor (left) and mechanical compressor (right)

Pozostałe elementy są identyczne – tj. skraplacz, element dławiący, parownik [4, 6, 10]. Do realizacji cyklu chłodniczego w urządzeniach absorpcyjnych wykorzystuje się dwie substancje: chłodziwo oraz absorbent (substancję o silnych właściwościach higroskopijnych, która pochłania całą objętością parujące chłodziwo). W chłodnictwie i klimatyzacji najszersze zastosowanie znalazły pary woda-bromek litu oraz amoniak-woda [14].

Chłodziarki mogą być zasilane pośrednio ciepłem dostarczonym przez parę, gazy spalinowe, gorącą wodę lub mogą być zasilane bezpośrednio – opalane gazem. W tabelce 1 przedstawione zostały urządzenia chłodnicze o różnym zasilaniu [11].

Tab.1. Podział chłodziarek absorpcyjnych w zależności od zasilania

Tab. 1. Division of absorption chillers depending on supply

Rodzaj chłodziarki absorpcyjnej		Temp. zasilania [°C]
Zasilanie bezpośrednie	chłodziarka opalana bezpośrednio (np. gazem, LPG, olejem)	1000-1800
Zasilanie pośrednie	dwustopniowa chłodziarka zasilana spalinami	400-600
	jednostopniowa chłodziarka zasilana spalinami	230-350
	dwustopniowa chłodziarka zasilana parą	144-180
	jednostopniowa chłodziarka zasilana parą	103-122
	dwustopniowa chłodziarka zasilana gorącą wodą	140-200
	jednostopniowa chłodziarka zasilana gorącą wodą	75-120

3. ANALIZA ŚRODOWISKOWA

Analiza przeprowadzona została za pomocą metodologii środowiskowej oceny cyklu życia (ang. LCA, Life Cycle Assessment). Do opracowania wykorzystano oprogramowanie SimaPro 7.2 oraz bazy danych inwentaryzacyjnych Ecoinvent 2.2. Analiza została przeprowadzona dla systemu wentylacji wyporowej zaprojektowanej dla kawiarni, zlokalizowanej w II strefie klimatycznej (dla okresu letniego). Łączna kubatura pomieszczeń kawiarni wynosi 480m^3 . W celu zapewnienia odpowiednich parametrów komfortu cieplnego przewidziano doprowadzenie powietrza zewnętrznego w ilości $2,66\text{ kg/s}$, temperaturę powietrza nawiewanego 20°C oraz krotność wymiany powietrza wynoszącą 17 1/h . Zapotrzebowanie na moc chłodniczą występuje od maja do września i wynosi $24\,980\text{ kWh}$ ciągu roku. Woda lodowa na cele wentylacyjne produkowana jest przez agregat absorpcyjny o mocy 35 kW zasilany gazem ziemnym. Rzeczywiste zużycie gazu wynosi $5,3\text{ m}^3/\text{h}$ natomiast zapotrzebowanie na moc elektryczną $1,98\text{ kW}$.

Dla tak przyjętego rozwiązania i zapotrzebowania na moc chłodniczą roczne zapotrzebowanie na gaz wynosi ok. 123 m^3 gazu natomiast zapotrzebowanie na moc elektryczną ok. $3\,300\text{ kW}$.

Wyniki poddano analizie metodą EcoIndicator'99, która pozwala określić wpływy środowiskowe w określonych kategoriach za pomocą jednostki pomocniczej, tzw. Ekopunktu (Pt). Ekopunkt jest jednostką normalizacyjną, przyporządkowującą wagę poszczególnym kategoriom, co umożliwia porównanie uzyskanych wyników. Kategorie szkód uproszczone zostały w tej metodzie do trzech podstawowych: Zdrowie ludzkie, Jakość ekosystemu, Surowce mineralne. Ponadto w metodzie tej wyróżniamy 11 kategorii oddziaływań: Surowce mineralne, Paliwa kopalne, Eksploatacja ziemi, Zakwaszenie/Eutrofizacja, Ekotoksyczność, Dziura ozonowa, Radiacja, Zmiany klimatu, Związki nieorganiczne, Związki organiczne, Związki rakotwórcze. Poszczególne substancje wprowadzane do środowiska oraz zużywane jego zasoby odniesione są więc do pewnych wzorców, przykładowo substancją wzorcową dla kategorii zakwaszenie jest ditlenek siarki, a pozostałe przeliczane są na jego ekwiwalent i oceniane pod kątem powodowanych szkód, np. w tkankach roślinnych.

Wyniki zostały zestawione z rezultatami pracy chłodziarki sprężarkowej zasialnej energią elektryczną, pracującej w takich samych warunkach.

Z przedstawionych w tabeli nr 2. danych wynika, że większy wpływ na środowisko wywiera chłodziarka sprężarkowa. Wiąże się to przede wszystkim z wykorzystaniem paliw kopalnych do produkcji chłodu. Taka sytuacja wynika z faktu, że stosowanie paliw kopalnych w sektorze elektroenergetycznym jest znacznie większe niż wykorzystywanie odnawialnych źródeł energii. Duże wartości przyjmują również wskaźniki zmian klimatu oraz emisji respirabilnych związków nieorganicznych, które także są większe dla chłodziarki sprężarkowej [12, 15, 16].

Tab.2. Wyniki analizy systemów produkcji chłodu metodą EcoIndicator'99 [Pt]

Tab.2.. The analysis results of cooling systems with EcoIndicator'99 method [Pt]

Kategoria wpływu	Chłodziarka sprężarkowa	Chłodziarka absorpcyjna
Wskaźnik całkowity	256,13	131,04
Substancje rakotwórcze	1,11	0,52
Respirabilne związki organiczne	0,02	0,01
Respirabilne związki nieorganiczne	20,14	9,60
Promieniowanie	0,07	0,03
Zmiany klimatu	29,06	14,26
Ekotoksyczność	0,99	0,51
Zakwaszenie/Eutrofizacja	3,69	1,77
Zużycie powierzchni ziemi	5,96	2,76
Surowce mineralne	0,54	0,31
Paliwa kopalne	194,56	101,26

4. PODSUMOWANIE

W przeprowadzonej ocenie znacznie lepiej wypada chłodziarka absorpcyjna zasilana gazem ziemnym. Bezpośrednie wykorzystanie energii z gazu ziemnego oraz zminimalizowane zużycie energii elektrycznej zapewniają jej przewagę nad chłodziarką zasilaną wyłącznie energią elektryczną, pomimo dość znaczącej różnicy we współczynnikach COP charakteryzujących obydwa urządzenia.

Różnica wyników wyrażonych w Ekopunktach wiąże się z wykorzystaniem do analizy danych o produkcji energii elektrycznej z węgla kamiennego; w przypadku scenariusza wykorzystania energii elektrycznej opartej na źródłach odnawialnych wynik oceny uległby zmianie na korzyść urządzeń sprężarkowych. Na uwagę zasługuje jednak fakt, że chłodziarki absorpcyjne mogą być zasilane ciepłem odpadowym lub pochodzącym z OZE, dzięki czemu wpływ ich wykorzystania na środowisko naturalne może znacznie zmaleć.

Prowadzenie oceny cyklu życia dla różnych układów technologicznych wykorzystujących tego rodzaju urządzenia powinno przyczynić się do sprawnego zarządzania ich wyborem i minimalizacji negatywnych oddziaływań środowiskowych.

5. LITERATURA

- [1] American Society of Heating, Refrigerating And Air-Conditioning Engineers: www.ashrae.org
- [2] Fay J.A., Golomb D.S.; Energy and the Environment. Scientific and technological Principles, Oxford University Press, 2012
- [3] Grignon-Massé L., Rivière P., Adnot J., Strategies for reducing the environmental impacts of room airconditioners in Europe, Energy Policy, 2010
- [4] Gutkowski K.M., Butrymowicz D.J.; Chłodnictwo i klimatyzacja, Wydawnictwo Naukowo-Techniczne WTN, 2008

- [5] International Energy Agency (IEA): www.iea.org
- [6] Jones W.P.: Klimatyzacja. Arkady, Warszawa 2001
- [7] Pawłowski A.: Rozwój zrównoważony a inżynieria środowiska. W: Dudzińska M., Pawłowski L. (red.): Polska inżynieria środowiska pięć lat po wstąpieniu do Unii Europejskiej. Monografie Komitetu Inżynierii Środowiska PAN. Komitet Inżynierii Środowiska, Lublin 2009
- [8] Pawłowski A.; Sustainable energy as a sine qua non condition for the achievement of sustainable development, Problemy Ekorozwoju/Problems of Sustainable Development, Nr 2, Tom 4, 2009
- [9] Pawłowski A.; Sustainable development vs Environmental Engineering: Energy issues, w: Nathwani J., Ng A.(red.) Paths to Sustainable Energy. InTech, str. 13-28, Rijeka 2010. <http://www.intechopen.com/articles/show/title/sustainable-development-vs-environmental-engineering-energy-issues>
- [10] Pelech A.; Wentylacja i klimatyzacja - podstawy, Oficyna Wydawnicza Politechniki Wrocławskiej, 2008
- [11] Pongsid S., Satha A., Supachart C.; A review of absorption refrigeration technologies, Renewable and Sustainable Energy Reviews, 2001
- [12] Robur: <http://www.roburcorp.com/>
- [13] Rusowicz A.; Tendencje rozwojowe urządzeń chłodniczych absorpcyjnych. XXXIX Konferencja Naukowo-Techniczna „Dni Chłodnictwa”, 2007
- [14] Sun J., Fu L., Zhang S. ; A review of working fluids of absorption cycles, Renewable and Sustainable Energy Reviews, 2012
- [15] Żelazna A.: Ocena kosztów środowiskowych termomodernizacji na przykładzie budynku jednorodzinnego. W: Rocznik Ochrona Środowiska. Środkowo-Pomorskie Towarzystwo Naukowe Ochrony Środowiska, 2012
- [16] Żelazna A., Pawłowski A.; The environmental analysis of insulation materials in the context of sustainable buildings. Selected papers of 8th International Conference Environmental Engineering. Energy for Buildings, 2011

ENVIRONMENTAL ANALYSIS OF GAS FIRED ABSORPTION CHILLER USED FOR CHILLED WATER PRODUCTION

SUMMARY

In this paper an analysis of absorption chiller performance, characterized by a low demand for electric power, is presented. The absorption chiller is equipped with built-in natural gas combustor. The refrigerant cycle is realized by utilizing thermal energy generated during gas combustion. Environmental effects of absorption chillers performance were compared with the effects obtained for compression refrigerator powered by electricity. For the conducted operation analysis a methodology of environmental life cycle assessment was used. The analysis proved, that better solution is using gas fired absorption chiller.

Jadwiga STĘCHŁY, mgr historii sztuki

Urząd Miasta Jarosławia
ul. Rynek 1, 37-500 Jarosław
e-mail: jagagrzegorz@wp.pl

STOLARKA DRZWIOWA W JAROSŁAWIU Z LAT 1850-1939. Cz. I

STRESZCZENIE

Tematem artykułu jest jarosławska stolarka drzwiowa z lat 1850-1939 w budynkach świeckich. Stanowi ona bogaty zespół obiektów rzemiosła artystycznego, który pod względem rozwiązań konstrukcyjnych, stylistycznych i zdobniczych potwierdza uniwersalizm form architektonicznych i plastycznych stosowanych na obszarze monarchii austro-węgierskiej. Pomimo stosowania ogólnych wzorców, jarosławskie drzwi wyróżnia pewien indywidualizm wynikający z upodobań projektantów, zleceńodawców jak i z możliwości lokalnych warsztatów rzemieślniczych.

1. WPROWADZENIE

Integralną częścią obiektu architektonicznego są drzwi – żadna świątynia, kamienica, budynek użyteczności publicznej, dom, chata, czy zabudowa gospodarcza nie funkcjonują bez nich. Stanowią one zawsze przejście (wejście, wyjście) na drugą stronę, są granicą pomiędzy „dwoma światami” i już od czasów starożytnych posiadały niezwykle bogatą symbolikę. Drzwi były zwykle indywidualnie projektowane i dostosowywane do obiektu, zarówno pod względem materiału, formy, stylu, motywów ozdobnych i kolorystyki, jak też panujących trendów. Poza podstawową funkcją, zabezpieczeniem wnętrza, odgrywały ważną rolę w kompozycji elewacji i ozdobie budynku.¹

2. DRZWI NEOSTYLOWE i EKLEKTYCZNE

Zasoby XIX-wiecznej stolarki drzwiowej w Jarosławiu, a zwłaszcza z przełomu XIX i XX wieku, z uwagi na niezwykle różnorodność ich rozwiązań formalno-plastycz-

¹ Niniejszy artykuł jest wynikiem prowadzonych badań nad zabytkową stolarką drzwiową w Jarosławiu z okresu od 2 poł. XVII w. do 1939 r. zarówno w budynkach świeckich, jak i sakralnych. Pełna dokumentacja fotograficzna pozostaje w zbiorach autorki.

nych, konstrukcyjnych i zdobniczych, przedstawiają się bardzo okazale. Wiele spośród zachowanych drzwi ma związek z intensywnym rozwojem przestrzennym i architektonicznym miasta w omawianym okresie. W 1854 roku Jarosław otrzymał status miasta wolnego, a w 1867 roku własny samorząd. Doprowadzenie kolei, a przede wszystkim uznanie Jarosławia za zaplecze wojskowe twierdzy Przemyśl, wiążące się licznymi inwestycjami wojskowymi (fortecznymi) jak i koszarowo-magazynowymi, zdecydowało o randze miasta.² Jarosław stał się czwartym co do wielkości ośrodkiem garnizonowym w Galicji. Znaczne powiększenie załogi wojskowej pociągnęło za sobą budowę budynków użyteczności publicznej, domów dla rodzin wojskowych oraz całego zaplecza w postaci hoteli, restauracji i sklepów dla przybyłych tak licznie konsumentów. Jarosław w szybkim tempie przekształcił się z małego miasteczka w prężny ośrodek miejski południowo-wschodniej Galicji.

Konstrukcja drzwi

Jarosławskie drzwi neostylowe i eklektyczne są wykonane głównie z drewna dębowego lub sosnowego i osadzone za pomocą ościeżnicy lub krosnowych odrzwi. Otwory drzwiowe najczęściej prostokątne i półkoliste, rzadko zamknięte są łukiem odcinkowym³, a wyjątkowo dwuramiennym o wklęsłych przyłuczach (Kraszewskiego 37). Jeżeli pełnią funkcję wrót w sieni przejazdowej przeważnie zamknięte są łukiem półkolistym. Są to drzwi dwuskrzydłowe, zdecydowanie rzadziej jednoskrzydłowe, albo pełne z nadświetlem, albo z prześwitem i nadświetlem, umożliwiającymi doprowadzenie większej ilości światła do wnętrza. Spotkać można również drzwi-wrota dwuskrzydłowe z furtkami, pełne lub z prześwitem, albo z jedną furtką prawą⁴, albo z dwoma⁵.

Najbardziej reprezentatywny zespół stanowią drzwi konstrukcji ramowo-płycinowej. Są to najczęściej skrzydła dwudzielne, rzadziej trójdzielne⁶. Często też środkową płycinę, zwykle węższą, zastępuje fragment gzymsu, naczółek, lub inny dekoracyjny motyw snycerski.⁷ Górną partię wielokrotnie zajmuje prześwit. Jedyne drzwi wielopłycinowe występują w budynku ratusza (Rynek 1). Płyciny drzwiowe nie rzadko ujęte są prętowinami, zdobione motywami boni, rautów, kaneli, guzów lub dekoracją ornamentalną. Bywają płyciny ujęte pilastrami lub półkolumnkami, dźwigającymi trójkątne lub półokrągłe naczółki. Niejednokrotnie wpisane są one w większe profilowane obramienia, obramienia z uszakami, podwieszonymi fartuszkami, zwieńczone różnorodnymi pod względem formy naczółkami. W omawianych drzwiach występuje cały repertuar form ornamentalnych zaczerpnięty z architektury renesansu i manieryzmu jak wspomniane już bonie i rauty, a także

² M. Baczkowski, *Austro-Węgierskie fortyfikacje w Jarosławiu (w:) Studia Historyczne*, z. 4, Kraków 2001, s.627.

³ Kraszewskiego 1 – drzwi od podwórza, Kraszewskiego 13, Lisińskiego 13, Raclawicka 28, Sikorskiego 5, Słowackiego 10.

⁴ Grunwaldzka 13, Jana Pawła II 37, Kraszewskiego 25, 27; 3 Maja 6, Słowackiego 3, 11.

⁵ Kilińskiego 7, Kraszewskiego 4, 6, 12, 13, 29, Słowackiego 10, 31.

⁶ Grodzka 2, Grunwaldzka 26, Jana Pawła II 12, Kilińskiego 11, Kraszewskiego 1 – od podwórza, 13, Lisińskiego 13, Opolska 1, Słowackiego 3, Węgierska 1, Zamkowa 24.

⁷ Grodzka 5, Kraszewskiego 8,22,25, 43, Sobieskiego 8a, Spytka 9, Sikorskiego 5.

gzymsy kostkowe, naczółki na kształt tympanonów, ornamenty z liśćmi akantu i palmety, które przenikają się z barokowymi już esownicami, wolutami, girlandami owocowymi, motywami muszlowymi, snycerskimi detalami liściastymi, kwiatowymi, zoomorficznymi. W całym zespole stolarskim wyróżnia się stosunkowo wąska grupa drzwi o bogatej plastyce, głęboko profilowanych prętawinach, gzymsach i naczółkach oraz płycinach z motywami rautów i mocno wyeksponowanych charakterystycznych guzów.⁸

Listwy przemysłowe przybijane na styku skrzydeł dla uzyskania szczelności są albo proste, albo profilowane na krawędziach. Spotkać można listwy w formie pilasterka z wyodrębnioną partią cokołową⁹ i głowicą¹⁰, lub zwieńczeniem w kształcie snycerskiego ozdobnego elementu¹¹. Ich trzony bywają kanelowane¹² lub zdobione ciągłymi ornamentami¹³.



Fot. 1 Jarosław, drzwi eklektyczne z k. XIX w. przy ulicach: Kraszewskiego 12, Kasztelańska 1 i Kraszewskiego 13, fot. J. Stęchły
Photo 1. Jarosław, eclectic doors at the end of the nineteenth century at the streets: Kraszewskiego 12, Kasztelańska 1 and Kraszewskiego 13, photo by J. Stęchły

Nadświetla oddzielone są od skrzydeł najczęściej prostym ślaniem zdobionym różnego typu profilami. Występują nadświetla prostokątne i półkoliste. Ich okna umocowane są nieruchomo w obokniu lub jako skrzydła otwierane (rzadziej), rozdzielone szpro-

⁸ Grodzka 5, Kraszewskiego 11, 29, Rynek 1, Sikorskiego 5, Węgierska 1, Zamkowa 24.

⁹ Grunwaldzka 14, Kościuszki 17, Kraszewskiego 25, Lisińskiego 11

¹⁰ Grunwaldzka 2, Tarnowskiego 12, Lubelska 19, Kilińskiego 11, Rybacka 4

¹¹ Dominikańska 11, Kraszewskiego 43, Szytka 9, Sikorskiego 5

¹² Kościuszki 17, Grunwaldzka 14, Raławicka 28

¹³ Kilińskiego 11, Kraszewskiego 4, 13, 22, Rynek 1

sami w różnych układach. W nadświetlach najczęściej występują **przeszklenia** szybą białą przeźroczystą (często niestety wtórną), a niekiedy ornamentalną (białą, ugrową lub zieloną)¹⁴. Zdarzają się przeszklenia wielobarwne, w formie zestawionych ze sobą prostokątnych lub wielokątnych małych szybek barwionych w masie, w tonacji kobaltu, czerwieni, żółci kadmowej i zieleni, a nawet fioleto.¹⁵ Występują w nadświetlach szyby matowe – trawione, z pięknymi motywami ornamentalnymi, roślinnymi, zoomorficznymi, figuralnymi i geometrycznymi, jednakże tylko w drzwiach wewnętrznych – sieniach i holach jarosławskich kamienic.

Prześwity skrzydeł drzwiowych oszkłone są najczęściej szybami białymi przeźroczystymi, osadzonymi za pomocą kitu szklarskiego we wrębach wyciętych w ramiakach i szczelinach. Znajdujemy też zabezpieczenia prześwitów szybą na kit, w ramie przylgowej, otwieranej, nasuniętej na ramę skrzydła od strony rewersu jak np. przy ul. Lubelskiej 2 i Pl. Mickiewicza 8. Przeszklenia w ramach przylgowych pełniły i pełnią istotną funkcję w wentylacji obiektu. Prześwity i nadświetla w jarosławskich drzwiach przysłonięte są często kutymi kratami.



Fot. 2 Kraty w prześwitach jarosławskich drzwi z XIX/XX w. przy ulicach: Lubelska 19, Kraszewskiego 13 i Grunwaldzka 3, fot. J. Stęchły

Photo 2 The bars in the clearances Jarosław doors of the nineteenth and twentieth century at the streets: Lubelska 19, Kraszewskiego 13 and Grunwaldzka 3, photo by J. Stęchły

Poza podstawową funkcją zabezpieczającą przeszkłone otwory, stanowią one niejednokrotnie niezwykle dekoracyjny detal plastyczny. Fantazyjne wzory roślinne lub geometryczne, ornamenty o motywach stylistycznie powiązanych ze zdobniczymi detalami architektonicznymi elewacji, wzbogacają walory zabytkowe drzwi. Do najciekawszych należą kraty z inicjałami właścicieli kamienic. Taką artystyczną realizację prezentują drzwi w kamienicy przy ul. Kraszewskiego 12 z inicjałami „WJ” należącymi do jej właściciela – Władysława Jahla – doktora praw, adwokata i wiceburmistrza Jarosławia.¹⁶ Podobne pod

¹⁴ Kraszewskiego 37, Słowackiego 32, Spyka 6, 9.

¹⁵ Kraszewskiego 12, 13, 37, Lubelska 3.

¹⁶ Z. Kostka Bienkowska, Honorowi obywatele miasta Jarosławia, Jarosław 2000, s. 53

względem formalnym i stylistycznym są drzwi główne w kamienicy przy ul. Kraszewskiego 13 z inicjałami „KU” należącymi do Karola Ungehenera – jarosławskiego cieśli, którego działalność w Jarosławiu przy wielu budynkach użyteczności publicznej potwierdzają protokoły Rady Miasta Jarosławia. Umieszczenie monogramu na kracie przez cieślę, stanowi swoistą nobilitację. Warto zwrócić uwagę na jedyną zachowaną w Jarosławiu drewnianą witrynę w kamienicy Rynek 8 należącej, w czasie kiedy powstała, do aptekarza Józefa Juliusza Rohma¹⁷. Projekt jej wykonał Kazimierz Kotłowski, koncesjonowany budowniczy miejski w 1900 r.¹⁸

3. DRZWI SECESYJNE

Już w pierwszym dziesięcioleciu XX wieku zaczyna pojawiać się w Jarosławiu zabudowa kształtowana w myśl zasad nowego stylu.¹⁹ Odcina się ona powoli i odbiega od powielanych i powtarzanych historyzujących wzorców. Widać to głównie w ciągach zabudowy ulic Poniatowskiego, Słowackiego, Kilińskiego, Głowackiego, Raclawickiej i Kościuszki, czyli w obrębie dawnej Lachmanówki i północnej części Przedmieścia Krakowskiego.



Fot. 3 Jarosław, drzwi secesyjne z ok. 1910 r. przy ulicach: Dominikańska 13, Poniatowskiego 31 i Kilińskiego 8, fot. J. Stęchły

Photo 3 Jarosław, the doors of the Art Nouveau about 1910 at the streets: Dominikańska 13, Poniatowskiego 31 and Kilińskiego 8, photo by J. Stęchły

¹⁷ Z. Zięba, Apteka „Pod czarnym orłem” (w:) Rocznik Stowarzyszenia Miłośników Jarosławia, T. XVII, 2008, s.44; Z. Zięba, Jarosławskie cmentarze, Jarosław, 2008, s. 292-293

¹⁸ Plan portalu drewnianego przed apteką „pod czarnym orłem” l. sp. 54m w Jarosławiu zatwierdzony przez Magistrat miasta Jarosławia w dniu 10 maja 1900 pod liczbą 3151, kopia w zb. Arch. Muzeum Kamienica Orsettich w Jarosławiu

¹⁹ B. Gutkowski, M. Gutkowski, Architektura secesyjna Galicji, Warszawa 2001

Powstają tam budynki, których architekci wyraźnie wykorzystują secesyjne już zasady kompozycji fasad i motywy zdobnicze. Przekłada się to także na detal architektoniczny w postaci stolarki drzwiowej.²⁰ Jarosławskie drzwi secesyjne powtarzają pod względem konstrukcyjnym wykorzystywane dotychczas rozwiązania. Są to drzwi konstrukcji ramowo-płycinowej. Ich twórcy korzystają z nowego zasobu form plastycznych w postaci stylizowanej ornamentyki roślinnej, krzywolinijskich i geometrycznych detali, zwielokrotnionych motywów pasowych i listew. Otwory drzwiowe najczęściej są prostokątne, wyjątkowo zamknięte łukiem odcinkowym (Dominikańska 13; 3 Maja 24), spłaszczonym (Przemyska 7), albo podwyższonym ściętym (Poniatowskiego 31). Zwykle występują drzwi dwuskrzydłowe, wyjątkowo jednoskrzydłowe (Kasztelańska 2), albo pełne z nadświetlem²¹, albo z prześwitem i nadświetlem²². Tylko do wiaty miejskiej, zwanej potocznie halą targową, prowadzą podwójne drzwi dwuskrzydłowe z wydłużonym mocno nadświetlem. Prześwity i nadświetla dzielone są najczęściej profilowanymi listwami o różnych kształtach dostosowanych do formy prześwitu: prostych, krzywolinijskich, owalnych lub romboidalnych. Rzadko zabezpieczane są kratami.²³ Przeszkłone są najczęściej szkłem białym, ale zachowały się także przeszklenia ze szkła ornamentalnego barwionego w tonacji zieleni chromowej i kobaltu.²⁴ Płyciny skrzydeł drzwiowych zdobione są płasko-rzeźbionymi i rytymi detalami ornamentalnymi zwykle o motywach roślinnych w postaci stylizowanych kwiatów, wianków, podwieszonych girland²⁵ albo nakładanymi listwami w formach opisanych powyżej.²⁶ Ślemiona i listwy przemysłowe są proste lub zdobione żłobieniami, nieraz z motywem ornamentalnym w partii głowicy.²⁷

4. DRZWI MODERNISTYCZNE

Nowy okres ożywienia gospodarczego i zarazem rozwoju urbanistycznego Jarosławia przypada na 2 ćw. XX wieku. W północnej części miasta wzdłuż ulic Czarnieckiego, Sienkiewicza, Kasprowicza i Narutowicza, powstają ciągi nowej modernistycznej zabudowy mieszkaniowej. Ponadto w latach 30. XX wieku zostają wzniesione pojedyncze plomby uzupełniające zabudowę kamienic czynszowych (m.in. Jana Pawła II 6, 7, Kraszewskiego 7, Lisińskiego 9, 3 Maja 13, Sobieskiego 20). Z tego właśnie okresu zachował się w Jarosławiu spory zespół stolarki drzwiowej.

Modernistyczne drzwi są najczęściej dębowe lub sosnowe. Występują w naturalnym kolorze drewna lub drewna podbarwionego w odcieniach dębu, mahoni lub

²⁰ Należy zauważyć, że secesyjne realizacje architektoniczne są w Jarosławiu dość skromne, dlatego też nie wiele jest przykładów stolarki drzwiowej czysto secesyjnej. Często przeplatają się w jej zdobieniach motywy historyzujące i te wszystkie drzwi zostały zaliczone do stolarki eklektycznej.

²¹ Grodzka 1, Poniatowskiego 31, Przyrynek 5, Raławicka 26.

²² Dominikańska 13, Kasztelańska 2, Kilińskiego 8, 13, Kraszewskiego 20, 35; 3 Maja 24, Przemyska 7

²³ Kraszewskiego 35, Przemyska 7

²⁴ Poniatowskiego 31, Przyrynek 5

²⁵ Dominikańska 13, Kilińskiego 8, 13, Kraszewskiego 20, 35

²⁶ Grodzka 1, Kasztelańska 2; 3 Maja 24, Przyrynek 5, Poniatowskiego 31, Raławicka 26

²⁷ Kraszewskiego 20, 35, Raławicka 26, Poniatowskiego 31

orzechu. Osadzone są wyłącznie w prostokątnych otworach drzwiowych, za pomocą ościeżnicowych odrzwi. Projektanci drzwi modernistycznych korzystają z typowego dla stylu zestawu form, dostosowując je do skromnego wystroju elewacji. Drzwi wyróżniają się geometrycznymi surowymi podziałami, w różnorodnych proporcjach i układach. Zwykle są dwuskrzydłowe (jednoskrzydłowe w domach jednorodzinnych), konstrukcji ramowo płycinowej, często z nadświetłem²⁸. Płyciny i przeszklenia w drzwiach modernistycznych występują w jednym lub kilku poziomach (do pięciu). Wyraźnie dostrzega się tendencję do maksymalnego doświetlania wnętrza, dlatego występuje więcej przeszkolonych prześwitów niż płycin. Jeżeli nie są to prześwity na całości skrzydła²⁹ drzwiowego, to zwykle w partii przyziemia występuje płycina, a powyżej w kilku poziomach prześwity³⁰.

Przeszklenia ze szła, zwykle białego, zabezpieczone bywają kratami o geometrycznych kształtach nawiązujących do podziałów architektonicznych elewacji.



Fot. 4 Jarosław, drzwi modernistyczne z ok. 1930 r. przy ul. Jana Pawła II 7, Pl. Mickiewicza 2 i ul. Kraszewskiego 7, fot. J. Stęchły

Photo 4 Jarosław, the modernist doors from about 1930 at the streets: Jana Pawła II 7, Mickiewicza 2 and Kraszewskiego 7, photo by J. Stęchły

²⁸ Chopina 3,5, Czarnieckiego 5,7,9, Jana Pawła II 7, Kościuszki 1,3, Kraszewskiego 7, 28; 3 Maja 13, Mickiewicza 2 (główne i boczne) Słowackiego 5, Sienkiewicza 4, Sobieskiego 20

²⁹ Chopina 3,5, Jana Pawła 7, Sienkiewicza 4, 5, Kraszewskiego 26

³⁰ Czarnieckiego 9,13, Kościuszki 1,2,3, Kraszewskiego 7, 26, 28, 3 Maja 13, Mączyńskiego 3, Mickiewicza 2 (główne i boczne), Sienkiewicza 13

Występują również przeszklenia ze szkła kryształowego. Takie drzwi zachowały się w najbardziej reprezentatywnym budynku z okresu modernizmu – gmachu Komunalnej Kasy Oszczędności na Pl. Mickiewicza 2 (ob. Bank PKO SA). Budynek został wzniesiony w 1933 roku według projektu arch. Tadeusza Broniewskiego. Niestety w innych budynkach użyteczności publicznej z tego okresu zewnętrzna stolarka drzwiowa się nie zachowała.

5. PODSUMOWANIE

Podobne do jarosławskich drzwi w budynkach użyteczności publicznej, mieszczańskich kamienicach i domach z lat 1850-1939 spotkamy także w innych miastach Galicji, pobliskim Przemyślu, Krakowie, Lwowie i dalej Budapeszcie, Wiedniu, a nawet Sarajewie. Pod względem konstrukcji, proporcji, stosowanych motywów ornamentalnych niewiele się różnią. Potwierdzają tym samych uniwersalizm form architektonicznych i plastycznych na całym obszarze monarchii austro-węgierskiej. Jednakże jarosławską stolarkę wyróżnia pewien indywidualizm wynikający z upodobań projektantów, lokalnej społeczności i możliwości lokalnych warsztatów rzemieślniczych. Jej formy plastyczne świadczą o inwencji i fantazji zamawiających i rzemieślników. Służą one nie tylko zaspokojeniu potrzeby zabezpieczenia wnętrza, ale i potrzebom wyższym: estetycznym, a nawet społecznym.

6. LITERATURA

- [1] Baczkowski M., Austro-Węgierskie fortyfikacje w Jarosławiu (w:) *Studia Historyczne*, z. 4, Kraków 2001
- [2] Gutkowski B., Gutkowski M., *Architektura secesyjna Galicji*, Warszawa 2001
- [3] Kieferling K., *Krótką opowieść o mieście Jarosławiu w województwie podkarpackim* leżącym, Jarosław 2011
- [4] Kostka Bieńkowska Z., *Honorowi obywatele miasta Jarosławia*, Jarosław 2000
- [5] Krawczyk J., Charakterystyczne cechy zabytkowej stolarki drzwiowej i jej problematyka konserwatorska (w:) *Zabytkowe budowle drewniane i stolarka architektoniczna wobec współczesnych zagrożeń* pod. red. E. Okonia, Toruń 2005, s. 251-267
- [6] Tajchman J., Drewniane drzwi zabytkowe na terenie Polski (systematyka i problematyka konserwatorska), „Ochrona zabytków”, nr 4: 1991, s. 269-277.
- [7] Zięba Z., Apteka „Pod czarnym orłem” (w:) *Rocznik Stowarzyszenia Miłośników Jarosławia*, T. XVII, 2008, s. 39-49
- [8] Z. Zięba, *Jarosławskie cmentarze*, Jarosław, 2008

THE DOOR WOODWORK IN JAROSLAW, 1850-1939. PART I.

SUMMARY

The topic of article is door joinery in secular buildings from Jaroslaw from the years 1850-1939. It provides a wide set of crafted objects, which in this respect of design solutions, stylistic and ornamental, confirms the universality of architectural and artistic forms used across the Austro-Hungarian monarchy. Despite the use of general practice, Jaroslaw doors stand individualism which is the result preferences of designers, contractors and local capacity building workshops.

Jadwiga STĘCHŁY, mgr historii sztuki

Urząd Miasta Jarosławia
ul. Rynek 1, 37-500 Jarosław
e-mail:jagagrzegorz@wp.pl

PROBLEMY OCHRONY KONSERWATORSKIEJ STOLARKI DRZWIOWEJ W JAROSŁAWIU Z LAT 1850-1939. Cz. II.

STRESZCZENIE

Dawna stolarka drzwiowa, jak każdy zabytek, podlega ochronie konserwatorskiej. Ochrona ta jest niezbędna nie tylko z uwagi na związaną z upływem czasu destrukcję materiału, ale też ze względu na nasilające się tendencje wymiany starej stolarki na nową. Nowe drzwi, często wykonane z tworzyw sztucznych i niedostosowane do kompozycji elewacji, powodują nieodwracalną utratę substancji zabytkowej, wartości artystycznych, historycznych i naukowych obiektu architektonicznego oraz określonego krajobrazu kulturowego miasta.

1. WPROWADZENIE

Stolarka drzwiowa w Jarosławiu z lat 1850-1939 to interesujący zespół obiektów sztuki użytkowej ze względów konstrukcyjnych, stylowych, historycznych i artystycznych. Prezentuje ona różny stopień zachowania, począwszy od bardzo dobrego, jaki przedstawiają drzwi poddane właściwej konserwacji do katastrofalnego, jaki obrazują niemal całkowicie zdestruowane obiekty, które mimo tego funkcjonują w wielu jarosławskich kamienicach. Przyczyn takiego stanu jest wiele. Pierwszy nieunikniony i oczywisty to naturalny proces niszczenia drewna – osłabienia w wyniku działania czynników biologicznych (atmosferycznych) i fizyko-chemicznych. Kolejny to wynik działania czynników mechanicznych, dowodem których są liczne ubytki listew, progów, krat etc., będące nie rzadko pokłosiem dewastacji celowych. Najbardziej widocznym jednak w ostatniej dekadzie jest galopujący proces wymiany starej stolarki na nową. Utrata wielu znakomitych dzieł rzemiosła artystycznego skłania do podjęcia analizy problematyki konserwatorskiej zabytkowej stolarki drzwiowej w Jarosławiu oraz sformułowania wniosków konserwatorskich w tym zakresie.

2. PROBLEMY OCHRONY KONSERWATORSKIEJ

Drzwi pochodzące z czasu budowy obiektu stanowią z nim zawsze spójną całość. Bardzo często powiązane są z wystrojem elewacji poprzez zastosowanie opasek, uszaków,

nadproży, czy portali. Ich podstawowe elementy to skrzydła, niekiedy nadświetle, ościeże, odrzwia a także okucia: zawiasy, dzwonki, listowniki, klamki. Te ostatnie wskazane elementy należą do rzadkości, ponieważ były w ostatnich latach i są wymieniane z powodu zakładania domofonów.



Fot. 1. Jarosław, zniszczone drzwi eklektyczne przy ulicach: Św. Ducha 4 i Kraszewskiego 6 oraz modernistyczne przy ul. Węgierskiej 3, fot. J. Stęchły
Photo 1. Jarosław, damaged eclectic doors at the streets: Św. Ducha 4, Kraszewskiego 6 and modernist door at Węgierska 3, photo by J. Stęchły

W związku ze złym stanem zachowania drzwi, ich podstawowa funkcja jaką jest zabezpieczenie wnętrza obiektu budowlanego zostaje częściowo zatracona. Zły stan zachowania nie oznacza jednak wykluczenia z użytkowania. Współczesne metody konserwacji dają możliwość przywrócenia drzwiom ich podstawowej funkcji, a także pierwotnych walorów plastyczno-estetycznych. Taka forma ochrony stolarki drzwiowej stosowana jest w Jarosławiu jednak bardzo rzadko. Konserwacja stolarki miała miejsce w niewielu budynkach, m. in. w kamienicach przy ul. Grunwaldzkiej 2, Lisińskiego 13, Raclawickiej 30, Rynku 8 i budynku ratusza.

Dla większości właścicieli jarosławskich domów łatwiejszą wydaje się rekonstrukcja drzwi niż pełna ich konserwacja.



Fot. 2. Jarosław, eklektyczne drzwi po konserwacji w kamienicy Rynek 8, w budynku ratusza i domu przy ul. Lisińskiego 13, fot. J. Stęchły

Photo 2. Jaroslaw, eclectic doors in the tenement house after conservation at Rynek 8, in the city hall and the house at Lisińskiego 13 street, photo by J. Stęchły

Niestety przy rekonstrukcjach, mimo dość wiernie odtworzonej formy plastycznej, zatracona zostaje technika i technologia wykonania oraz pierwotna estetyka. Nowe technologie odbiegają od ręcznego rzemiosła artystycznego, a obecna moda na drewno zabezpieczone lakierobejcami preferuje wstawianie drzwi pozbawionych warstwy malarskiej.



Fot. 3. Zrekonstruowane drzwi eklektyczne w kamienicach przy Rynku 26 i Pl. Mickiewicza 14 oraz modernistyczne przy ul. Sienkiewicza 7

Photo 3. Reconstructed eclectic doors in the tenement house at Rynek 26 and Mickiewicza 14 and modernist door at Sienkiewicza 7 street

Praktyka ta jest niezgodna z regułami właściwego postępowania konserwatorskiego.¹ Przykładem omawianych rekonstrukcji są drzwi m. in. w kamienicach przy Pl. Mickiewicza 14, Pl. Św. Michała 1, Rynek 1 (drzwi boczne), Rynek 26, Sienkiewicza 7, Poniatowskiego 49.

Wszystkie rekonstruowane drzwi niewątpliwie zapewniają harmonię i ład w kompozycji architektonicznej obiektu, nie naruszają wartości artystycznej elewacji budynku, ale niestety całkowicie niszczą wartość historyczną, a jednocześnie dokumentalną, zarówno detalu architektonicznego jak i fasady.

W Jarosławiu inną stosowaną metodą są też rekonstrukcje, które mają na celu dostosowanie nowych drzwi do standardów użytkowania i wymogów stawianych obecnie lokalom użytkowemu. Pomimo pozornie zachowanej formy widać wyraźnie zmianę proporcji, podziałów architektonicznych i uproszczenie motywów zdobniczych. Przykładem są drzwi m.in. przy ul. Grodzkiej 21, Wąskiej 1, Opolskiej 6, Grunwaldzkiej 11, 24.



Fot. 4. Jarosław, zrekonstruowane drzwi w kamienicach przy ulicach: Grodzka 21, Grunwaldzka 11 i 24, fot. J. Stęchły

Photo 4. Jarosław, reconstructed doors in the tenement house at the streets: Grodzka 21, Grunwaldzka 11 and 24, photo by J. Stęchły

Utrata historycznej substancji poprzez rekonstrukcję nie stanowi jednak tak drastycznej deprecjacji wartości obiektu architektonicznego, jak stosowana w Jarosławiu wymiana drzwi na nowe wykonane z PCW lub aluminium.

¹ Warstwa malarska na drzwiach była stosowana niemal zawsze, aż do czasu modernizmu. Drzwi zabezpieczano powłoką malarską. Drewno gruntowano cienko kredą zarobioną z wodą klejową, a następnie malowano farbą, do której dla uzyskania blasku dodawano sproszkowanego talku lub szkła wodnego. Kolor dobierany był w tonacji zależnej od mody i panujących trendów. Por. J. Heurich, *Przewodnik dla stolarzy*, Warszawa 1862, s.138

W ciągach znakomitej zabudowy mieszczańskiej przy ulicach Kraszewskiego, Słowackiego, Grunwaldzkiej, Jana Pawła II pojawiły się drzwi zupełnie odbiegające od poprawnych zasad postępowania konserwatorskiego. Przykładem mogą być drzwi m.in. w kamienicach Kraszewskiego 10, 11 i 13.

Są one pozbawione wszystkich wartości formalno-plastycznych. Jako nowe elementy architektoniczne, zupełnie nie dostosowane do wystroju elewacji kamienic, wprowadzają dysharmonię, powodują zakłócenie w percepcji obiektu budowlanego jako pojedynczego dzieła sztuki budowlanej, ale również percepcji ciągu historycznej zabudowy ukształtowanej na przestrzeni określonej epoki. Wymiana stolarki powoduje bezpowrotną utratę wartości historycznych, artystycznych i naukowych poszczególnych obiektów.



Fot. 5. Jarosław, kamienica oraz drzwi przy ul. Kraszewskiego 11, stan z 2006 r., fot. B. Figiela oraz nowe drzwi, stan z 2011r., fot. J. Stęchły

Photo 5. Jarosław, the tenement house and the door at Kraszewskiego 11 street (as of 2006), photo by B. Figiela and new door (as of 2011), photo by J. Stęchły

Bez wątpienia wpływ na zachowanie zabytkowej stolarki mają właściwe służby budowlane i konserwatorskie. Jednakże najważniejszą rolę odgrywają ich właściciele. Niestety opisane powyżej przykłady świadczą o niedocenianiu roli i znaczenia zabytkowej stolarki drzwiowej przez jarosławską społeczność.

3. WNIOSKI KONSERWATORSKIE

Znaczenie stolarki drzwiowej ze względu na jej funkcję użytkową, historyczną, formalno-plastyczną w kompozycji architektonicznej elewacji oraz krajobrazie miasta jest bezsporna. Analiza zebranego materiału - obecny stan rozpoznania - daje podstawę do wyciągnięcia wniosków dotyczących działań służących ochronie zabytkowej stolarki drzwiowej w Jarosławiu.

1. Weryfikacja zasobów zabytkowej stolarki drzwiowej w celu wytypowania konkretnych drzwi w Jarosławiu do bezwzględnej ochrony.

Z uwagi różnorodny stan zachowania, rangę artystyczną, historyczną i naukową poszczególnych obiektów architektonicznych i obiektów rzemiosła artystycznego,

jakimi są przedmiotowe drzwi, niezbędne jest dokonanie wartościowania, **stanowiącego podstawę wytypowania konkretnych obiektów do bezwzględnej ochrony konserwatorskiej w Jarosławiu**. W tej kwestii znaczenie ma również wartość zabudowy całej ulicy, nie tylko konkretny obiekt.

2. **Utrwalanie w świadomości społeczeństwa wartości zabytkowej, historycznej, architektonicznej i emocjonalnej stolarki drzwiowej.**

Dla znacznej części społeczeństwa w Jarosławiu drzwi wraz z wszystkimi elementami składowymi nie są traktowane jako obiekty sztuki rzemiosła artystycznego. Pełnią one głównie funkcję użytkową. Ich zły stan zachowania jest przyczynkiem do wymiany na nowe drzwi, często nie dostosowane do wyglądu obiektu. Podstawowym postulatem jest zatem **edukacja społeczeństwa w zakresie roli i znaczenia stolarki drzwiowej jako elementu powiązanego integralnie z obiektem architektonicznym, którego ochrona stanowi również ogniwo w dziele ratowania dziedzictwa kulturowego miasta**.

3. **Popularyzowanie wiedzy i metod postępowania konserwatorskiego w zakresie ochrony zabytkowej stolarki.**

Edukacja w zakresie możliwości technicznych i technologicznych naprawy dawnej stolarki drzwiowej, uwzględniających wszystkie elementy składowe, jak zawiasy, klamki, kraty zabezpieczające prześwity i nadświetla, rodzaje szklenia oraz kolorystykę drzwi.

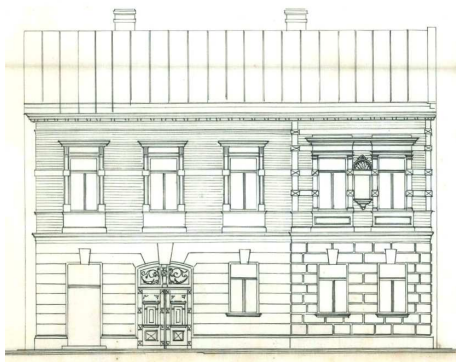
4. **Uzgodnianie postępowania dotyczącego stolarki zabytkowej ze służbami konserwatorskimi.**

Jak widać na przykładach w Jarosławiu forma ochrony konserwatorskiej poprzez wpis do rejestru zabytków lub gminnej ewidencji zabytków nie jest w pełni skuteczna. W wielu obiektach stolarka jest wymieniana bez pozwoleń lub niezgodnie z wydawanymi decyzjami. Często występuje samowola. W dokumentacjach projektowych remontów obiektów zabytkowych też traktowana jest marginalnie. Drzwi to jeden z detali, do którego projektanci nie przywiązują większej uwagi. Przy ograniczonych kadrach służb konserwatorskich wyegzekwowanie wydawanych decyzji dla obiektów rejestrowych jest wręcz niemożliwe, a przy obiektach pozostających w ewidencji (poza wpisanymi do rejestru zabytków) brak jest tak naprawdę możliwości wyciągania jakichkolwiek skutków prawnych uniemożliwiających wymianę drzwi. Ta, potocznie mówiąc, mała szkodliwość społeczna, w skutkach dla ochrony dziedzictwa jest nieodwracalna. Kolejnym zatem postulatem jest skupienie większej uwagi służb konserwatorskich na problem wymiany stolarki drzwiowej w Jarosławiu i egzekwowanie uzgodnień.

5. **Dokumentacja techniczna, opisowa i fotograficzna zabytkowych drzwi.**

Dokumentacja stolarki drzwiowej obejmująca opis techniki i technologii wykonania, ich wyglądu oraz inwentaryzację pomiarowo-rysunkową w przypadku drzwi o znaczących walorach zabytkowych jest sposobem na utrwalenie historycznych możliwości technicznych i plastycznych jarosławskich warsztatów stolarskich. Jest także sposobem na utrwalenie wartości artystycznych, charakterystycznych dla miejscowego rzemiosła, jego przemian stylistycznych, panujących trendów oraz gustów lokalnej społeczności. Dokumentacja jest również materiałem porównawczym w dalszych badaniach nad za-

bytkową stolarką, może i podstawą do rekonstrukcji w przyszłości tych drzwi, których dzisiaj nie da się ocalić.



*Fot. 6. Jarosław, projekt domu przy ul. Kraszewskiego 13 i jego elewacja, stan z 2011 r.,
fot. J. Stęchły*

*Photo 6. Jarosław, the project of house at Kraszewskiego 13 street and its elevation
(as of 2011), photo by J. Stęchły*

4. PODSUMOWANIE

Jak wykazuje praktyka, nie tylko na terenie Jarosławia, trudno znaleźć skuteczną metodę ochrony zabytkowej stolarki. Zgromadzony materiał fotograficzny i opisowy pozostający w zbiorach autorki jest jedną z form ochrony. Temat wymaga jednak dalszego pogłębienia i poszerzenia, ponieważ troska o zachowanie autentyzmu zabytku jest wartością nadrzędną w dziele ratowania dziedzictwa kulturowego Jarosławia.

5. LITERATURA

- [1] Kieferling K., Karta Ewidencyjna Domu Mieszkalnego przy ul. Kraszewskiego 13, Jarosław 2011, zb. Arch. Wojewódzkiego Urzędu Ochrony Zabytków z siedzibą w Przemyślu
- [2] Krawczyk J., Charakterystyczne cechy zabytkowej stolarki drzwiowej i jej problematyka konserwatorska (w:) Zabytkowe budowle drewniane i stolarka architektoniczna wobec współczesnych zagrożeń pod. red. E. Okonia, Toruń 2005, s. 251-267
- [3] Lewicki J., Zabytkowe drzwi i bramy. Wprowadzenie do problematyki konserwatorskiej, cz. I, „Okno”, 2000, nr 2 (21), s. 33-48; cz. 2 „Okno”, 2000, nr 3 (22), s. 163-176; tenże, Zabytkowe okna i drzwi, „Okno”, Wyd. Spec. XII 2000, s. 92-101; Zabytkowe okna i drzwi. Wprowadzenie do problematyki konserwatorskiej, „Renowacje”, R. IV, 2001, nr 1, s. 84-95; Zabytkowe drzwi i bramy. Wprowadzenie do problematyki konserwatorskiej, „Okno”, 2002, nr 4 (31), s. 118-135; Kolorystyka zabytkowej stolarki. Wprowadzenie do problematyki konserwatorskiej, „Okno”, 2003, nr 1 (32), s. 156-179
- [4] Tajchman J., Drewniane drzwi zabytkowe na terenie Polski (systematyka i problematyka konserwatorska), „Ochrona zabytków”, nr 4: 1991, s. 269-277.

THE DOOR WOODWORK'S PROBLEMS OF CONSERVATION PROTECTION IN JAROSLAW FROM THE YEARS 1850-1939. PART II.

SUMMARY

The old door woodwork, as each relic, is protected by conservation. This protection is not only necessary because of the destruction of the material associated with the passage of time, but also because of the increasing tendency of change the old woodwork with a new one. New doors are often made of plastic and they are not adjusted to the composition of the facade. They cause irreversible loss of substance of the historic, artistic worth, historical and scientific of architectural object and the specific cultural landscape of the city.

Mateusz SZUBEL, mgr inż.

AGH Akademia Górniczo Hutnicza
Wydział Energetyki i Paliw
ul. Kawiorów 40, 30 - 059 Kraków
e-mail: mszubel@agh.edu.pl

OGNIWA PALIWOWE ZASILANE WODOREM PRODUKOWANYM Z BIOMASY

STRESZCZENIE

W referacie przedstawiono charakterystykę pracy wysokotemperaturowych ogniw stałotlenkowych SOFC, zasilanych paliwem wodorowym. Analiza osiągniętych w badaniach typach ogniw parametrów pracy poprzedzona została omówieniem stosowanych technik pozyskiwania energii z biomasy oraz charakterystyką rozwiązań technologicznych w dziedzinie ogniw paliwowych. W pracy krótko omówiono różne możliwości wykorzystania paliwa biomasowego w sektorze energetycznym.

1. WPROWADZENIE

Spośród dostępnych źródeł energii odnawialnej, dla Polski szczególne znaczenie ma biomasa, wykorzystywana obecnie w celach energetycznych w różny sposób[1]:

- w formie stałej, do bezpośredniego wytwarzania energii w procesie spalania (m.in. drewno i słoma),
- w postaci przetworzonej, jako paliwo płynne lub gazowe.

Bardzo interesujące wydaje się obecnie wykorzystanie biomasy do produkcji wodoru (zgazowanie, piroliza). Jest to metoda przyjazna dla środowiska przyrodniczego, ponieważ zakłada się, iż cały wyprodukowany w tym przypadku tlenek węgla (IV), został zaabsorbowany przez rośliny w czasie procesu wegetacji. Niektóre substancje, lub ich mieszaniny, produkowane z biomasy, mogą być stosowane, jako paliwa do zasilania ogniw paliwowych. Istotny jest tu wodór i metanol, ale także węgiel, który można uzyskać w procesie pirolizy.

Obecnie w wielu ośrodkach badawczo-rozwojowych prowadzi się badania, mające na celu dostosowanie technologii pozyskiwania wodoru z biomasy do zasilania układów

CHP, w tym zintegrowanych z ogniwami paliwowymi [2, 3]. Dzięki nowatorskiemu podejściu do alotermicznego zgazowania biomasy, możliwe jest uzyskanie paliwa wodorowego, nadającego się do zasilania ogniwa SOFC, lub np. mikroturbiny [3, 4, 5].

O popularności idei stosowania wodoru, jako nośnika energii, szczególnie w krajach wysoko rozwiniętych, może świadczyć ugruntowanie się pojęć takich jak „gospodarka wodorowa”, czy „społeczeństwo ery wodorowej”. Gospodarka wodorowa obejmuje swoim zakresem trzy etapy: wytwarzanie paliwa wodorowego, magazynowanie i transport oraz zastosowanie. Podstawowymi generatorami energii elektrycznej w systemach gospodarki wodorowej są ogniwa paliwowe [6].

2. PODSTAWOWE INFORMACJE DOTYCZĄCE BIOMASY

Pojęcie biomasy może być rozumiane dość szeroko. Właściwie biomasą jest każda substancja powstała z wykorzystaniem energii słonecznej oraz atmosferycznego tlenu węgla (IV) i wody czerpanej z gleby.

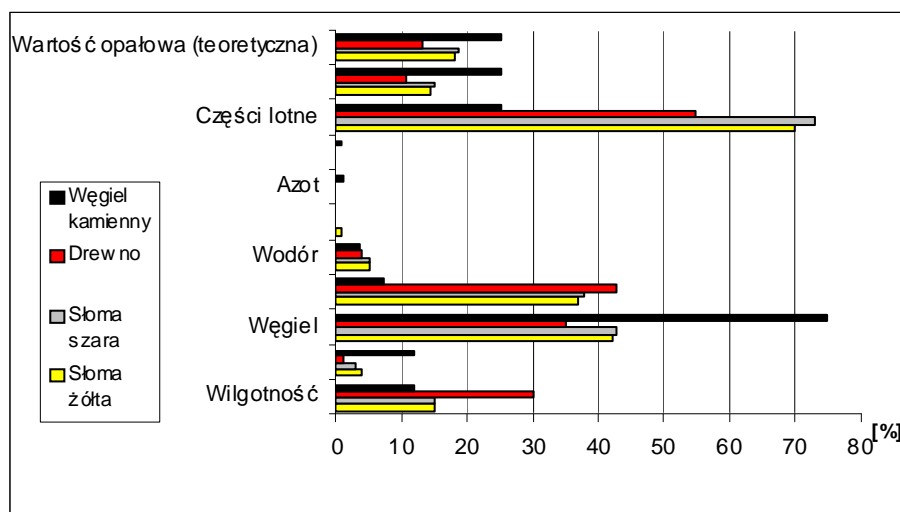
2.1 Pojęcie, podział i sposoby wykorzystania biomasy

Zgodnie z nomenklaturą wprowadzoną przez Unię Europejską, biomasa obejmuje wszelką substancję organiczną, pochodzenia roślinnego lub zwierzęcego, jak też wszelkie pochodne substancje, uzyskane z transformacji takich surowców. Do substratów zalicza się m.in. drewno z plantacji drzew szybkorosnących, drewno odpadowe w leśnictwie i drzewnictwie, gnojowicę, obornik w hodowli zwierząt, słomę w produkcji zbożowej, odpady organiczne w przemyśle rolno spożywczym. Do biomasy zalicza się również substancje organiczne będące w osadach ściekowych, w komunalnych oczyszczalniach ścieków [7]. Przepisy krajowe ze względu na Rozporządzenie Ministra Gospodarki „w sprawie obowiązku zakupu energii elektrycznej ze źródeł niekonwencjonalnych i odnawialnych oraz wytwarzanej w skojarzeniu z wytwarzaniem ciepła, a także źródeł niekonwencjonalnych i odnawialnych oraz zakresu tego obowiązku”, do źródeł odnawialnych włączają m.in. biogaz, biomasę stałą i biopaliwo ciekłe.

2.2 Struktura składu biomasy

Analiza składu pierwiastkowego biomasy prowadzi do prostego wniosku, iż omawiane źródło energii niewiele różni się pod tym względem od węgla. Istotne natomiast jest zwrócenie uwagi na strukturę udziału poszczególnych pierwiastków i związków chemicznych, co zostało przedstawione w tabeli 1.

Wartość opałowa biomasy jest zdecydowanie niższa niż w przypadku konwencjonalnych surowców i paliw energetycznych – waha się w granicach 12 – 20 MJ/kg (dla węgla kamiennego jest to wartość rzędu 35MJ/kg). Ponadto, należy pamiętać, iż dość uciążliwą cechą biomasy jest jej wysoka a zarazem bardzo zmienna zawartość wilgoci [8].



Rys. 1. Porównanie składu słomy i węgla (na podstawie [8]).

Fig. 1. Comparison of straw and coal composition (based on [8])

Niska gęstość nasypowa nastręcza natomiast problemów związanych z transportem i magazynowaniem paliwa. Wykorzystanie biomasy do celów energetycznych, poprzez bezpośrednie spalanie jej w kotłach energetycznych, wskazuje na potrzebę zwrócenia uwagi na problem korozji, wywołanej zwiększoną zawartością związków alkalicznych, wapnia, fosforu i chloru w paliwie [8]. Zaletą w przypadku biomasy jest nawet kilka razy niższa względem węgla emisja zanieczyszczeń (SO_2 , NO_x) i zdecydowanie niższa zawartość popiołu [8].

3. PIROLIZA I GAZYFIKACJA, JAKO PROCESY PROWADZĄCE DO EFEKTYWNEGO WYKORZYSTANIA ENERGII Z BIOMASY

Praktyki związane z wykorzystaniem biomasy do celów generacji energii elektrycznej, szczególnie na dużą skalę, poprzez spalanie i współspalanie, pokazały wiele słabych stron tego postępowania.

Bardzo istotne okazały się m.in. kwestie związane z wydatkiem energetycznym na transport biomasy oraz przystosowaniem aparatury do potrzeb niekonwencjonalnego paliwa. Jednocześnie, świadomość drzemiącego w nim potencjału energetycznego, skłania do rozpatrzenia innych, wysokosprawnych metod konwersji energii z biomasy. Bez wątpienia w najbliższym czasie będziemy świadkami dalszego, dynamicznego rozwoju mikrogeneracji. Poza procesem spalania znane są bowiem inne technologie konwersji energii z biomasy. Do takich należy piroliza i gazyfikacja.

Piroliza biomasy to termiczny rozkład zawartych w niej składników organicznych, bez dostępu powietrza. Zakres temperatur, w jakich przebiega proces, obejmuje obszar pomiędzy 450 - 750°C. Produktami pirolizy są gazy cieplne, kondensaty i pozostałości stałe, zawierające węgiel [1].

Dzięki pirolizie możliwe jest zmniejszenie objętości odpadów organicznych, przy jednoczesnym zmagazynowaniu ich potencjału energetycznego w produktach, w postaci gazowej i stałej (koks). W wyniku procesu uzyskuje się parę wodną, dwutlenek węgla, wodór, metan, wyższe węglowodory alifatyczne, smołę wytlewną.

Podczas zgazowania biomasa ulega niekompletnemu spalaniu, przy udziale tlenu lub powietrza oraz pary wodnej. Temperatura procesu w porównaniu z pirolizą jest wyższa, wynosi około 1000°C. Kolejną różnicą jest skład otrzymywanego gazu – zawiera on CO i H₂ oraz nieznaczne ilości metanu [1].

Wybór odpowiedniego gazogeneratora jest determinowany rodzajem paliwa. Istotna jest m.in. wilgotność, zawartość popiołu i rozmiary cząstek. Podział gazogeneratorów opiera się na sposobie doprowadzenia tlenu do komory zgazowania. W związku z powyższym rozróżnia się typy z dolnym, górnym i bocznym nawiewem. Wpływ zastosowanego typu generatora oraz rodzaju surowca na strukturę składnikową produktu prezentuje tabela 2.

Tabela 1. Skład gazu wyprodukowanego z różnych surowców w różnych typach generatorów (na podstawie [7])

Table 1. Composition of gas produced from different resources in different types of reactors (based on [7])

Surowiec	Typ generatora	Skład [%]					Kaloryczność [MJ/m ³]
		CO	H ₂	CH ₄	CO ₂	N ₂	
Drewno (wilgotność~12-20%)	Górny nawiew	28-31	1-2	1-2	1-2	55-60	4,6-5,65
Brykiety ze słomy zbóż		17-22	16-20	2-3	10-15	45-50	5,00-5,86
Węgiel drzewny		14-17	17-19	-	11-14	-	4,5
Węgiel drzewny	Dolny nawiew	30	19,7	-	3,6	46	5,98

4. OGNIWO PALIWOWE – ŹRÓDŁO ENERGII ELEKTRYCZNEJ PRZYSZŁOŚCI

Biorąc pod uwagę znaczny wzrost opłacalności konwersji energii z biomasy, przy założeniu lokalnej jej utylizacji i rozwoju strategii „smart grid”, rozwiązaniem wartym rozpatrzenia jest stosowanie w układach mikrogeneracji ogniw paliwowych zasilanych wodorem.

Wykorzystanie zachodzących w ogniwach reakcji utleniania - redukcji do generacji elektryczności, pozwala na konwersję energii chemicznej paliwa, bezpośrednio w energię elektryczną.

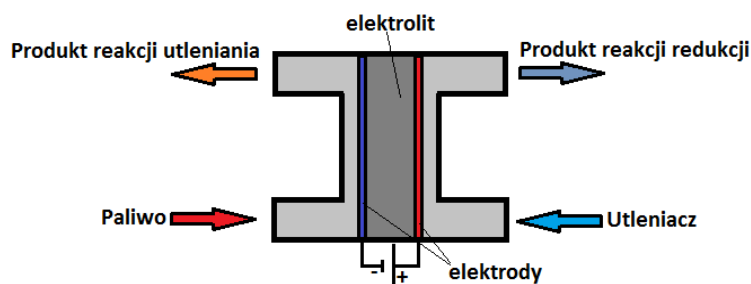
4.1. Pojęcie ogniwa paliwowego

Ogniwo paliwowe jest urządzeniem przekształcającym bezpośrednio energię chemiczną w energię elektryczną i ciepło. Ogniwa paliwowe (OP) są wysokosprawnymi gene-

ratorami energii elektrycznej, zaliczanymi do ogniw galwanicznych. Do OP substancje elektroaktywne (paliwo, utleniacz), biorące udział w reakcjach elektrodowych, dostarczane są z zewnątrz [9].

W przeciwieństwie do akumulatorów i ogniw, które są w istocie magazynami energii elektrycznej, ogniwa paliwowe są urządzeniami elektrochemicznymi, produkującymi energię elektryczną w sposób ciągły, przez elektrochemiczne spalanie paliw gazowych, jak wodór, tlenek węgla, czy metan [9].

Niezależnie od tego, z jakiego typu ogniwem mamy do czynienia, wyróżnić można kilka zasadniczych elementów, wspólnych dla wszystkich rodzajów ogniw, które prezentowane są na rysunku 2.



Rys. 2. Elementy budowy i zasada działania ogniwa paliwowego
Fig. 2. Elements of construction and operation of the fuel cell

Technologie związane z ogniwami paliwowymi ulegają obecnie dynamicznemu rozwojowi, dlatego, że zastosowania ich mogą być bardzo różnorodne. Obok energii elektrycznej wytwarzanej w OP, możliwości daje także produkt uboczny – ciepło. Ta forma energii może być spożytkowana do ogrzewania wody użytkowej i tej stanowiącej medium w sieci centralnego ogrzewania.

4.2. Rodzaje ogniw paliwowych

Obecnie możemy wyróżnić: niskotemperaturowe ogniwa paliwowe, pracujące w zakresie temperatur 25 – 120°C, średnotemperaturowe, które pracują w zakresie temperatur 120 – 500°C oraz wysokotemperaturowe od około 500 do 1000°C [10]. Podstawowym kryterium aplikacyjnym ogniwa paliwowego, jako generatora energii elektrycznej, są gęstości prądu oraz mocy czerpanej z tych ogniw, a także koszty wytwarzania oraz ich eksploatacji.

Obecnie możemy wyróżnić pięć głównych typów ogniw paliwowych [10]:

- ogniwa polimerowe, PEMFC (*ang. Polymer Electrolyte Membrane Fuel Cell*),
- ogniwa alkaliczne, AFC (*ang. Alkaline Fuel Cell*),
- ogniwa z kwasem fosforowym, PAFC (*ang. Phosphoric Acid Fuel Cell*),
- ogniwa węglanowe, MCFC (*ang. Molten Carbon Fuel Cell*),
- ogniwa tlenkowo – ceramiczne, SOFC (*ang. Solid Oxide Fuel Cell*);

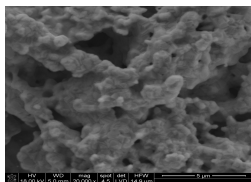
Ogniwa stałotlenkowe SOFC to wysokotemperaturowe ogniwa paliwowe, zbudowane głównie z ceramicznych komponentów. W latach 60 – tych w tym ogniwie zastoso-

wano po raz pierwszy elektrolit oparty na ZrO_2 . Zbudowane wówczas ogniwo w kształcie krążka (grubość 2 mm) z platynowymi elektrodami osiągnęło niewielką gęstość mocy rzędu 40 mW/cm^2 w temperaturze 1000°C [10,11].

Obecnie ceramiczne ogniwa paliwowe budowane są z gazoszczelnego elektrolitu (8 % mol Y_2O_3 w ZrO_2) oraz dwóch elektrod, będących przewodnikami jonowo – elektrownymi. Jedna z elektrod (katoda) pracuje w atmosferze powietrza, druga (anoda) w redukującej atmosferze paliwa.

W celu uzyskania wyższych mocy, ogniwa paliwowe łączy się w baterie, za pomocą interkonektora, pozwalającego na kontakt elektryczny sąsiadujących ze sobą ogniów i zapobiegającego mieszaniu się gazów, znajdujących się w przestrzeniach elektrodowych. Obecnie ogniwa paliwowe pracują w temperaturach $800 - 1000^\circ\text{C}$ i wymagają użycia jako komponentów materiałów charakteryzujących się dużą stabilnością termiczną, chemiczną, oraz wysoką odpornością korozyjną w środowiskach utleniająco – redukujących [12].

Ceramiczne ogniwa paliwowe mogą mieć konstrukcję rurową lub planarną. Najczęściej stosowanym elektrolitem stałym w tych ogniwach są gazoszczelne elementy wykonane z roztworu stałego tlenku cyrkonu (IV) o strukturze regularnej zawierającej 8% mol Y_2O_3 (8YSZ). Z kolei materiały elektrodowe (anoda i katoda) mają strukturę porowatą, co ułatwia transport reagentów jak i powstałych produktów, jako materiały anodowe stosuje się cermetale (np. Ni 8YSZ), w których cząstki niklu są równomiernie rozproszzone w osnowie roztworu stałego 8YSZ. Ich udział nie przekracza 50% objętościowych. Jako materiały katodowe, stosowane są tlenki o strukturze perowskitu ABO_3 , a pośród nich manganit lantanu (LaMnO_3) domieszkowany strontem $\text{La}_{1-x}\text{Sr}_x\text{MnO}_3$, (od $0,1 < x < 0,8$). [13].



Rys. 3. Obraz powierzchni (SEM) materiału anodowego $\text{NiO} - \text{YSZ}$

Fig. 3. View of surface of $\text{NiO} - \text{YSZ}$ anodes material (SEM)



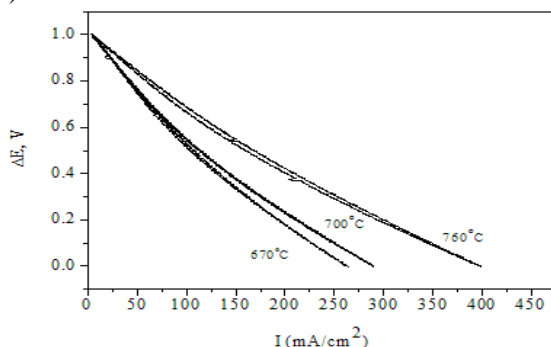
Rys. 4. Kompletne stałotlenkowe ogniwo paliwowe na nośniku elektrolitowym

Fig. 4. Complete solid oxide fuel cell with electrolyte support

5. CHARAKTERYSTYKA PRACY OGNIWA SOFC WODOROWO – TLENOWEGO, ZBUDOWANEGO NA NOŚNIKU ELEKTROLITOWYM

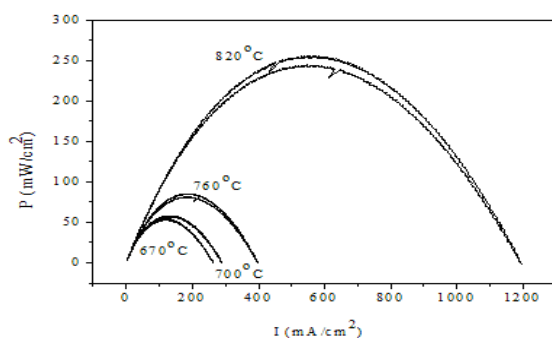
W niniejszym rozdziale zaprezentowane zostały wyniki badań charakterystyki pracy stałotlenkowego ogniwa paliwowego, zbudowanego na nośniku elektrolitowym. Materiałem katodowym jest $\text{La}_{0,8}\text{Sr}_{0,2}\text{MnO}_3$ (LSM), elektrolitem 8YSZ, o grubości ok. $300\mu\text{m}$, zaś materiał anodowy stanowi cermet Ni-YSZ . Podstawowymi parametrami pracy, decydującymi o możliwości wykorzystania ogniwa SOFC, jako generatorów energii elektrycznej, są wartości gęstości prądu oraz mocy wytwarzane z tych ogniw. Na rysunku 4 przedstawiono pracę małogabarytowego ogniwa paliwowego SOFC, zasilanego paliwem wodorowym, pracującego w temperaturach od 670 do 760°C .

Zarejestrowane wyniki, przedstawione są w postaci dwóch wykresów, prezentujących zależność zmian nadnapięcia (ΔE) od gęstości prądu (I) oraz gęstości mocy (P) od gęstości prądu (I).



Rys. 5. Zależność nadnapięcia ΔE od natężenia prądu I

Fig. 5. Relation between overvoltage ΔE and current density I



Rys. 6. Zależność gęstości mocy P od gęstości natężenia prądu I

Fig. 6. Relation between Power density P and current density I

Na podstawie uzyskanych wyników można stwierdzić, że gęstości prądu oraz mocy wzrastają wraz z temperaturą pracy ogniwa. Otrzymane wartości gęstości prądu lub mocy powyżej 250 mW/cm^2 , pozwalają na wykorzystanie tych ogniw do budowy stosów SOFC. Istotne jest zapewnienie odpowiedniej temperatury pracy tych urządzeń.

6. PODSUMOWANIE

Potrzeba kompleksowego rozpatrywania problemów związanych z wykorzystaniem biomasy do celów energetycznych determinuje rozwój wysokosprawnych technologii, coraz częściej w obszarze mikrogeneracji CHP.

Bez wątpienia właściwym kierunkiem rozwoju jest wdrażanie technologii pozyskiwania energii z biomasy, na drodze bezpośredniego spalania w skali lokalnej, a nawet na szczeblu pojedynczego gospodarstwa. Równolegle należy jednak rozwijać w tym właśnie ujęciu rozwiązania poligeneracyjne, w oparciu o spalanie paliw ciekłych i gazowych z biomasy. Te ostatnie z powodzeniem mogą służyć, jako wysokojakościowe źródło ciepła

i energii elektrycznej, np. dzięki zastosowaniu stałotlenkowych ogniw paliwowych (SOFC), zasilanych wodorem. Komercyjne zastosowanie stosów SOFC determinuje potrzebę zapewnienia dostatecznie wysokiej temperatury pracy i odpowiedniej struktury elektrolitu. Wysoka wartość gęstości mocy, zaobserwowana w prowadzonych badaniach, może skłaniać ku konkluzji, iż technologie poligeneracyjne, wykorzystujące stosy ogniw opartych na SOFC, są rozwiązaniem perspektywicznym i godnym uwagi. Przy odpowiednio zwiększonych wymiarach ogniw, niewątpliwie możliwe jest uzyskiwanie mocy rzędu kilowatów.

7. LITERATURA

- [1] M. Ściażko, H. Zieliński, Termochemiczne przetwórstwo węgla i biomasy, Wydawnictwo Instytutu Chemicznej Przeróbki Węgla i Instytutu Gospodarki Surowcami Mineralnymi i Energią PAN, Zabrze – Kraków 2003
- [2] L. Frydaa, K.D. Panopoulou^{a,b}, J. Karlc, E. Kakaras, Exergetic analysis of solid oxide fuel cell and biomass gasification integration with heat pipes, 2006
- [3] S. Karellasa, J. Karla, E. Kakaras, An innovative biomass gasification process and its coupling with microturbine and fuel cell systems, 2006
- [4] C. Ozgur Colpan, Feridun Hamdullahpur, Ibrahim Dincer, Yeong Yoo, Effect of gasification agent on the performance of solid oxide fuel cell and biomass gasification systems, 2010
- [5] Ph. Hofmanna, K.D. Panopoulou^b, L.E. Frydaa, A. Schweigerc, J.P. Ouweltjes^d, J. Karlc, Integrating biomass gasification with solid oxide fuel cells: Effect of real product gas tars, fluctuations and particulates on Ni-GDC anode, 2008
- [6] P. Tomczyk, Szanse i bariery rozwoju energetyki wodorowej, w: „Dylematy polskiej polityki energetycznej”, Instytut Gospodarki Surowcami Mineralnymi i Energią Polskiej Akademii Nauk, Kraków 2009
- [7] I. Soliński, Biomasa, energia odnawialna, Biblioteka Szkoły Eksploatacji Podziemnej, Kraków 2001
- [8] A. Czop, Zgazowanie biomasy, I Ogólnopolskie Forum Ekoenergetyczne w Polkowicach, 2011
- [9] J. Maćkowski, Wybrane problemy paliw samochodowych, Wydawnictwo Politechniki Śląskiej, Gliwice 2006
- [10] I. Kossacki, 160 lat ogniw paliwowych – niemożliwe staje się możliwe, Wiadomości Chemiczne, Wrocław 2005
- [11] Tietz F., Buchkremer H., Stoper D., State Ionics, 2002
- [12] Minh Q., Journal of the American Ceramic Society 1993
- [13] MinQ N.Q, Takahashi T, Science and Technology of Ceramic Fuel Cells, 1995

FUEL CELLS POWERED BY HYDROGEN FROM BIOMASS

SUMMARY

The paper presents the operating characteristics of high temperature solid oxide fuel cells, powered by hydrogen. Results of analyses on studied fuel cell parameters was preceded by a discussion of techniques of obtaining energy from biomass and characteristics of different fuel cells types.

Dariusz SZYMCZUK, dr

***Olaf GEMBARZEWSKI, mgr inż.**

***Andrzej GOŁYGA, mgr inż.**

****Agata ZDROJEWSKA, inż.**

Politechnika Lubelska

ul. Nadbystrzycka 38, 20-618 Lublin

e-mail: d.szymczuk@pollub.pl

*Photovoltaic Development Ltd

Bulvar Gen. Tottleben 2A, et. 4, ap. 10, Sofia, (Bulgaria)

**Politechnika Gdańska

ul. G. Narutowicza 11/12, 80-233 Gdańsk

FOTOWOLTAIKA W BUŁGARII

STRESZCZENIE

Bułgaria jest krajem, posiadającym bardzo dobre warunki usłonecznienia. Dzięki temu stała się atrakcyjnym krajem dla inwestycji w energetykę słoneczną. Przystępne dla inwestorów prawo energetyczne sprawia, że w ostatnim czasie kraj ten wysunął się na czoło państw europejskich w dynamice rozwoju fotowoltaiki. W niniejszej pracy scharakteryzowano rozwój tego sektora.

1. WPROWADZENIE

Bułgaria leży w południowo-wschodniej części Półwyspu Bałkańskiego (rys.1). Jej powierzchnia: wynosi 110 910 km², co sprawia, że Bułgaria pod względem wielkości zajmuje 102 miejsce na świecie. Ludność liczy 7 563 000 mieszkańców [1].



Rys.1. Mapa Bułgarii [2].

Fig. 1. Map of Bulgaria [2].

Rocznie Bułgaria produkuje ponad 38 mld kWh energii elektrycznej. Pod względem ilości wyprodukowanej energii elektrycznej na jednego mieszkańca Bułgaria zajmuje czwarte miejsce wśród krajów Europy Wschodniej. Mimo niewielkich pokładów bogactw naturalnych, takich jak ropa, gaz oraz węgiel, elektroenergetyka oparta jest głównie na surowcach konwencjonalnych. Pomimo tego, Bułgaria jest jednym z nielicznych eksporterów energii w regionie. Największymi elektrowniami są:

- "Maritsa Iztok 2" – 1450 MW
- "Varna" – 1260 MW
- "Maritsa Iztok 3" – 870 MW
- "Bobov Dol" – 630 MW
- "Ruse Iztok" – 600 MW
- "Maritsa Iztok 1" – 500 MW

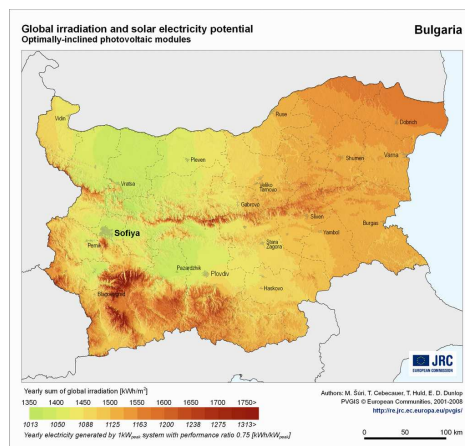
Bułgaria posiada także elektrownię atomową w Kozłoduju, która wytwarza ponad 3760 MWh energii rocznie, co jest równe 40% całkowitego zapotrzebowania Bułgarii na energię. W 2007 roku podjęto decyzję o budowie drugiej elektrowni atomowej w Belene, o mocy 1GW [1]. Bułgaria jest krajem o niskim potencjale produkcji energii wodnej. Obecnie kraj posiada 87 elektrowni wodnych, które wytwarzają energię o łącznej mocy ponad 2000 MW. Największymi elektrowniami wodnym Bułgarii są "Belmeken-Sestrimo" oraz "Dospat-Vacha", które razem produkują ponad 1400 MWh energii.

2. ROZWÓJ ENERGETYKI ODNAWIALNEJ W BUŁGARII

Bułgarskie prawo przez długie lata nie sprzyjało rozwojowi energetyki alternatywnej. Pomimo, iż ceny klasycznych nośników energii zbliżyły się do cen zachodnioeuropejskich, nie starano się wprowadzić udogodnień dla rozwoju sektora odnawialnych źródeł energii (OZE). Wprawdzie w Prawie Energetycznym Bułgarii jeszcze z roku 1999 wprowadzono zapisy o OZE, ale miały one zbyt ogólny charakter. Propagowano głównie rozwój energetyki jądrowej [3]. Wynikało to przede wszystkim z istnienia silnego "lobby atomowego". Wprawdzie udało się w ostatnim czasie – wzorem państw zachodnioeuropejskich – wprowadzić taryfy stałe na energię odnawialną (FiT -Feed in Tariffs) [4], jednakże obecnie

Rząd Bułgarii przygotowuje zmiany ustawodawcze, mające zapobiec zmianie przeznaczenia gruntów rolnych na cele produkcji żywnościowej [5]. Celem tego projektu jest głównie zakaz budowy farm wiatrowych na gruntach 1-4 kategorii, w celu zagwarantowania ochrony gruntów ornych, pomimo, iż w Bułgarii powyżej 800 tys. ha ziemi rolnej leży odłogiem. Na tych gruntach mogłyby z powodzeniem powstawać różne systemy OZE. Ze względu na położenie geograficzne i klimat, w Bułgarii istnieją bardzo dogodne warunki do inwestycji fotowoltaicznych. Na rys. 2 przedstawiono mapę usłonecznienia Bułgarii [6].

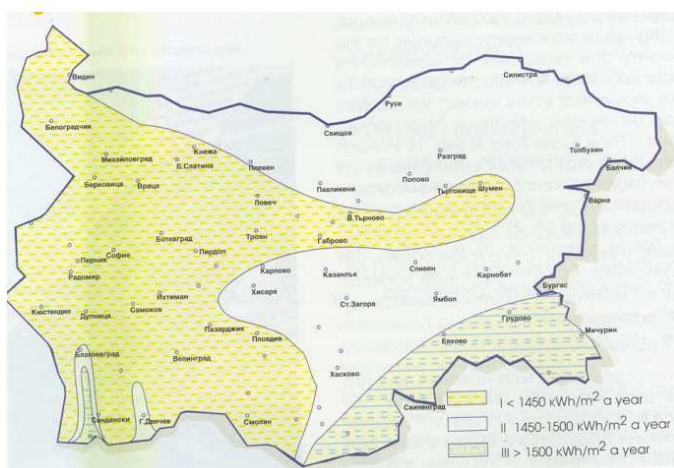
To właśnie dzięki wysokim cenom energii klasycznej, w Bułgarii w ostatnich latach pojawiły się sprzyjające warunki dla rozwoju sektora fotowoltaiki (PV). Z powodu dobrych warunków napromieniania (rys. 2. i 3) i atrakcyjnej ceny za sprzedaż energii, w Bułgarii nastąpił szybki wzrost inwestycji w farmy fotowoltaiczne. W pierwszym momencie stawki FiT dla dużych instalacji wynosiły 37.2 euro centów za kWh i obowiązywały przez 20 lat [4]. Przede wszystkim inwestycje te opierały i opierają się na kapitale zagranicznym. Jeśli w 2010 roku sumaryczna moc farm PV wynosiła 2 MWp (p – oznacza moc szczytową) [7], to obecnie w Bułgarii zainstalowanych jest już kilkadziesiąt MWp w systemach PV, natomiast w trakcie realizacji są kolejne inwestycje. W b.r. planuje się uruchomić farmy o mocy 50 MWp, a do roku 2015 w Bułgarii ma się zwiększyć ich moc do 500 MWp [7]. Do roku 2020 liczba ta może wzrosnąć do 2,5 -4 GWp. W chwili obecnej w inwestycje PV w Bułgarii angażują się m.in. takie firmy, jak Toshiba and Tokyo Electric Power (realizujące inwestycje w regionie Yambol) [8], Premier Power Renewable Energy Inc. (budująca farmę o mocy 16 MWp koło Dimitrogradu) [9], Phoenix Solar AG (planuje budowę 50 MWp farmy w regionie Kazaniak) [10]. Bułgaria zamierza dość intensywnie korzystać z zachodnich technologii w celu spełnienia celów zadeklarowanych dla UE - osiągnięcia 16 procent mocy z OZE do 2020 r.. Obecnie jest to tylko 7% [10]. Głównym atutem inwestycyjnym Bułgarii jest duże nasłonecznienie, które pozwala rocznie wygenerować z 1 kWp mocy 1300-1350 kWh energii w ciągu roku.



Rys.2. Mapa usłonecznienia Bułgarii [6].

Fig. 2. Map of insolation in Bulgaria [6].

Rozkład nasłonecznienia terytorialnego ukazuje najbardziej atrakcyjne miejsca dla lokalizacji farm fotowoltaicznych. Przedstawia to rys.3.



Rys.3. Mapa nasłonecznienia Bułgarii [5]

Fig. 3. Map of insolation in Bulgaria [5]

Nasłonecznienie Bułgarii jest o ok. 30% wyższe niż na terytorium Niemiec – światowego lidera w wytwarzaniu energii elektrycznej z konwersji fotowoltaicznej. Wypada nadmienić, że łączne moce farm PV w Niemczech na koniec 2011 roku wynosiły ponad 24.7 GWp, z czego tylko w 2011 roku zainstalowano 7 GWp mocy [11]. Dostrzegając walory tego kraju, również polski kapitał znalazł miejsce na realizację swoich inwestycji. Obecnie obowiązujące stawki FiT, choć niższe od tych, które obowiązywały pierwotnie, są nadal atrakcyjne dla inwestorów. Ich charakterystyka przedstawiona jest w tabeli 1.

Tabela 1. Charakterystyka taryf stałych (FiT) w Bułgarii.

Table 1. Characteristics of FiT in Bulgaria.

FiT	Instalacja dachowe (eurocenty)	Instalacje naziemne (eurocenty)	Czasokres obowiązywania FiT
Bułgaria	$<5\text{kW} = 0.42$ $>5\text{kW} = 0.39$ ponad 30kW = 0.3094 30-200kW = 0.3048 200-1000kW = 0.2986	$<5\text{kW} = 0.42$ $>5\text{kW} = 0.39$ ponad 30kW = 0.2945 30-200kW = 0.2899 $<200\text{kW} = 0.2485$	20 lat

W chwili obecnej budowane są farmy o sumarycznej mocy 12 MWp. Inwestycje te są zlokalizowane w następujących miejscowościach:

- 373 kWp - Kosharevo, rejon Pernik,
- 1300 kWp - Krushare I, rejon Sliven,
- 1000 kWp - Debel, rejon Burgas,
- 900 kWp - Krushare II, rejon Sliven,
- 2400 kWp - Mladovo, rejon Sliven,
- 2000 kWp - Shegerdzata, rejon Sliven,
- 2500 kWp - Shegerdzata, rejon Sliven,
- 1500 kWp - Suhindol, rejon Svilengrad.



Rys. 4. Zdjęcie farmy Photovoltaic Development Ltd. w miejscowości Kosharevo, rejon Pernik.

Fig. 4. The picture of Photovoltaic Development Ltd. farm in Kosharevo, Pernik district.

3. PODSUMOWANIE

Bułgaria jest atrakcyjnym krajem dla rozwoju sektora fotowoltaiki. Pomimo dobrych warunków klimatycznych sektor OZE przez wiele lat był zaniedbany. Dopiero w ostatnim czasie zaczęto intensyfikować budowę systemów fotowoltaicznych. Spowodowane to jest głównie wprowadzeniem udogodnień inwestorskich, w postaci taryf stałych.

4. LITERATURA

- [1] http://pl.wikipedia.org/wiki/Gospodarka_Bu%C5%82garii
- [2] www.bulgary.home.pl
- [3] Bulgaria, The Energy Law, published State Gazette No. 107 of December 09, 2003 and is effective as of December 12, 2003.
- [4] Shamsiah Ali-Oettinger, Bulgaria set to have a renewable energy act, PV Magazine 16.12.2010.
- [5] Violetta Groseva, Manager of Balkan OPET-Sofia Energy Centre, Bulgaria, 2012.

- [6] pvgis_solar_optimum_BG.
- [7] Becky Stuart, PV Magazine, 2 MW PV plant installed in Bulgaria; country could hit 4 GW capacity by 2020 28.09.2010 .
- [8] Shamsiah Ali-Oettinger, Toshiba to build solar plant in Bulgaria, PV Magazine, 21 January 2011.
- [9] Becky Stuart, , Bulgaria: Premier Power starts work on 16.2 MW PV project, PV Magazine, 07.03.2012.
- [10] Jonathan Gifford, Phoenix Solar's TectoFlat system, PV Magazine, 05.09.2011.
- [11] Market Report, EPIA 2012.

PHOTOVOLTAICS IN BULGARIA

SUMMARY

Bulgaria is a country with very good insolation conditions. This allowed to be an attractive country for investment in solar energy. Energy law accessible for investors makes that recently this country has moved forward to the forefront of European countries in the dynamics of photovoltaic development. This work characterizes the development of this sector.

Grzegorz TANNENBERG, mgr inż.

Centrum Komputerowe
Politechnika Śląska
ul. Akademicka 16, 44-100 Gliwice
e-mail: Grzegorz.Tannenberg@polsl.pl

Krzysztof TANNENBERG, dr inż.

TANEL Elektronika i Informatyka, Sp. J.
ul. Kopernika 121, 44-100 Gliwice
e-mail: info@tanel.com.pl

OCENA MOŻLIWOŚCI NATURALNEGO WYSUSZENIA BALOTÓW SŁOMY PRZEZNACZONEJ DO PRODUKCJI PELETÓW

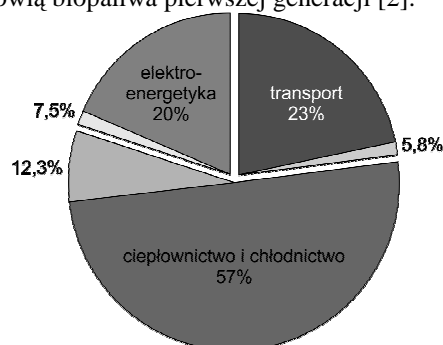
STRESZCZENIE

Większość producentów peletów ze słomy magazynuje je na wolnym powietrzu. Wiosną słoma jest bardzo mokra. Autorzy artykułu wybrali jeden balot słomy (o wymiarach $\varnothing 130$ cm x 130 cm), umieścili go oddzielnie na stanowisku pomiarowym i w okresie kwiecień – lipiec 2011 r. dokonywali sukcesywnych, cotygodniowych pomiarów jego wilgotności (každorazowo w 54 punktach). Otrzymane wyniki stanowiły podstawę do komputerowego zobrazowania przestrzennego rozkładu wilgotności i przebiegu procesu suszenia. We wnioskach oceniono skuteczność takiej metody suszenia oraz przedstawiono jej wady i ograniczenia.

1. WPROWADZENIE

Udział produkcji energii z odnawialnych źródeł energii (OZE) w Polsce kształtuje się na poziomie od 8,0% (szacunki Polskiej Izby Gospodarczej Energii Odnawialnej) do 9,5% (szacunki Ministerstwa Gospodarki) całkowitej produkcji energii w 2010 roku [1][2]. Udział OZE w poszczególnych sektorach przedstawiono na rys. 1. W sektorze elektroenergetycznym udział OZE to około 7,5%, z czego połowę stanowi współspalanie biomasy stałej z węglem [2]. W sektorze ciepłownictwa udział OZE to około 12,3%, na który prak-

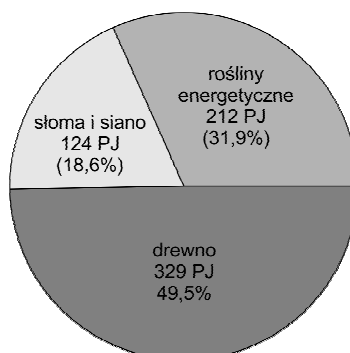
tycznie w całości (95%) składa się spalanie biomasy stałej w źródłach niesieciowych [2]. W transporcie OZE stanowią biopaliwa pierwszej generacji [2].



Rys. 1. Udział energii z OZE w sektorach energetycznych w Polsce w 2010 r.

Fig. 1. Renewable energy in various energy sectors in Poland in 2010

W 2004 roku na potencjał energetyczny biomasy stałej w Polsce w ponad 18% składała się słoma i siano (124 PJ; rys. 2), przy czym potencjał ten był wykorzystany jedynie w 1,3% [3]. W kolejnych latach potencjał energetyczny słomy wykazuje tendencję wzrostową (do poziomu około 140 PJ w 2010 r. [4]).



Rys. 2. Potencjał energetyczny różnych źródeł biomasy stałej w Polsce w 2004 r. [3]

Fig. 2. The energy potential of various sources of solid biomass in Poland in 2004

Jednym z elementów mających istotny wpływ na potencjał energetyczny biomasy jest wartość opałowa, która z kolei zależy od wilgotności materiału [5][6]. W przypadku słomy wilgotność w dużym stopniu zależy od warunków pogodowych w miejscu składowania. Przy produkcji peletów ze słomy wymagana jest wilgotność materiału nie przekraczająca 15% (jest to wartość optymalna pod względem energochłonności produkcji i jakości produktu) [6][7]. Tak niską wilgotność może posiadać słoma tuż po żniwach (sierpień – październik). Wiosną – w przypadku przechowywania słomy na wolnym powietrzu – konieczne jest dosuszanie słomy w suszarniach. Praktykowane jest także odrzucanie zewnętrznej (najbardziej mokrej) 10 – 15 cm warstwy słomy z każdego balotu.

2. CEL POMIARÓW

Celem pomiarów było sprawdzenie, czy i w jakim stopniu w polskich warunkach klimatycznych możliwe jest wysuszenie słomy w sposób naturalny po uprzednim rozłożeniu stogów na pojedyncze baloty. Poprzez sukcesywne pomiary autorzy uzyskali przestrzenny obraz rozkładu wilgotności w funkcji czasu. Badania umożliwiły także ocenę wpływu warunków klimatycznych na proces suszenia.

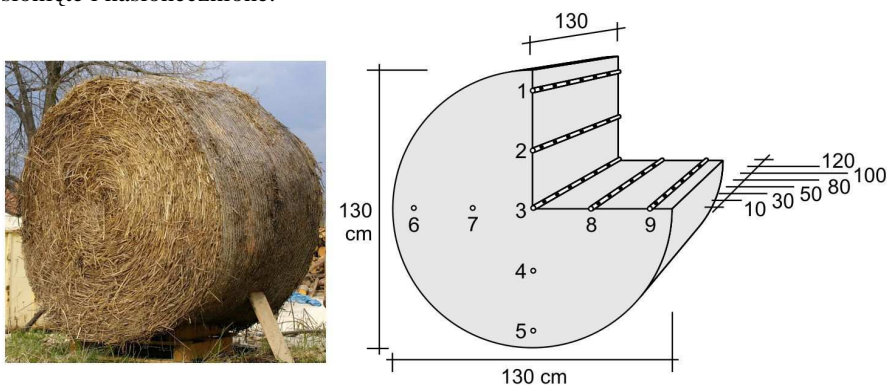
3. SPOSÓB PRZEPROWADZENIA POMIARÓW

Do pomiarów wybrano balot ze słomy pszenżyta o wymiarach $\varnothing 130$ cm x 130 cm, który w zimie był nieosłonięty i przechowywany na wolnym powietrzu (rys. 3).



Rys. 3. Składowanie słomy zimą
Fig. 3. Straw storage in winter

Balot umieszczono na wydrebnionym stanowisku pomiarowym odizolowanym od podłoża paletą drewnianą grubości 20 cm (rys. 4). Stanowisko było przewiewne, nieosłonięte i nasłonecznione.



Rys. 4. Stanowisko pomiarowe (z lewej) i przekrój przez balot słomy z wyróżnionymi punktami pomiarowymi (z prawej)

Fig. 4. Test site (left) and cross-section of a bale of straw with indication of points of measurements (right)

W okresie od 15.04 do 15.07.2011 r. dokonywano cotygodniowych pomiarów wilgotności słomy w 54 punktach pomiarowych. W 9 miejscach na płaszczyźnie czołowej i na 6 różnych głębokościach w każdym miejscu (rys. 4, rys. 5). Pomiary dokonano uprzednio skalibrowanym wilgotnościomierzem rezystancyjnym typu WSI-5 (wyniki kalibracji przedstawione są w rozdziale 5). Wilgotnościomierz wyposażony był w układ kompensacji wpływu temperatury słomy na wynik pomiaru wilgotności, co dodatkowo poprawiło dokładność pomiaru. Równocześnie w tym samym okresie rejestrowano wilgotność względną powietrza RH_{BAL} i temperaturę t_{BAL} wewnątrz balotu (rys. 5) oraz wilgotność względną RH_{OT} i temperaturę t_{OT} otoczenia. Rejestrator RH_{BAL} i t_{BAL} umieszczono w miejscu „2” (rys. 4) na głębokości 50 cm. Przed zainstalowaniem rejestratora sprawdzono jego dokładność dwuciśnieniowym generatorem wilgotności. Błędy rejestratora nie przekraczały:

- dla wilgotności: $\pm 2.0 \%$ w zakresie 30 – 80 % RH,
 $\pm 3.0 \%$ w zakresach 10 – 30 oraz 80 – 95 % RH,
- dla temperatury: $\pm 1.0^{\circ}\text{C}$ w zakresie 0 – 50°C.

Jednoczesna rejestracja parametrów wewnątrz i na zewnątrz balotu pozwoliła na zbadanie korelacji pomiędzy zewnętrznymi warunkami atmosferycznymi i wilgotnością powietrza wewnątrz balotu.



Rys. 5. Rejestrator wilgotności powietrza i temperatury (z lewej, przed umieszczeniem wewnątrz balotu); pomiar wilgotności słomy (z prawej)
Fig. 5. Humidity and temperature recorder (left, before placing inside the bale); moisture contents measurement (right)

4. OCENA WARUNKÓW KLIMATYCZNYCH

Porównanie warunków pogodowych w okresie od 15.04 do 15.07.2011 r. ze średnią pogodą w ostatnich dziesięciu latach zostało wykonane dla następujących parametrów: temperatura średnia, średnia prędkość wiatru, średnia wilgotność, liczba dni deszczowych. Badania nad naturalnym schnięciem słomy przeprowadzono w okolicy Gliwic, a dane dot. pogody w latach ubiegłych pochodzą z Pyrzowic (odległość ok. 45 km). Zestawienie danych przedstawione jest w tabeli 1. Wynika z niego, iż parametry pogody w regionie wiośną 2011 r. nie odbiegały zasadniczo od średniej dziesięcioletniej.

Tabela 1. Średnie parametry pogody w Pyrzowicach w okresach 15 kwietnia – 15 lipca w kolejnych latach [8]

Table 1. Average weather parameters in Pyrzowice in April 15th – July 15th in consecutive years

	temp. średnia T_{sr} [°C]	średnia prędkość wiatru [km/h]	średnia temp. pkt. rosy T_{dp} [°C]	średnia wilgotność [%RH]	liczba dni deszczowych
wiosna 2001	13	11	9	74	53
wiosna 2002	16	10	11	72	46
wiosna 2003	15	10	9	70	b.d.
wiosna 2004	13	11	8	72	61
wiosna 2005	13	10	8	69	47
wiosna 2006	14	9	9	68	44
wiosna 2007	15	11	9	67	46
wiosna 2008	14	10	8	70	46
wiosna 2009	14	10	8	70	51
wiosna 2010	14	10	9	75	49
wiosna 2011	14	10	9	70	45
średnia 2001-2011	14,1	10,2	8,8	70,6	48,8

5. KALIBRACJA WILGOTNOŚCIOMIERZA WSI-5

Przed rozpoczęciem eksperymentu dokonano wzorcowania wilgotnościomierza WSI-5 (rys. 6) według następującej procedury: w badany bałot słomy w 8 różnych miejscach o różnych wilgotnościach wsunięto elektrodę pomiarową i postępując zgodnie z instrukcją obsługi przyrządu [9] odczytano wyniki. Jednocześnie dokładnie z tych samych miejsc pobrano 8 próbek słomy o masie ok. 30 g każda. Wilgotność pobranych próbek określono metodą suszarkowo-wagową. Następnie tak skorygowano charakterystykę rezystancyjną wilgotnościomierza, by błędy charakterystyki – w porównaniu z metodą suszarkowo-wagową – były jak najmniejsze. Uzyskano następujące dokładności:

± 1.0 % w zakresie 8 –
15 %
± 2.0 % w zakresie 15
– 30 %
± 4.0 % w zakresie
powyżej 30%

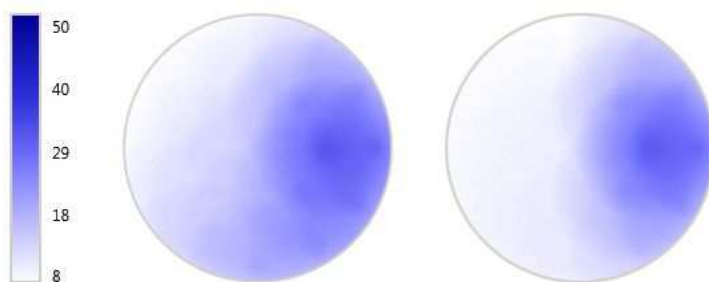
*Rys. 6. Wilgotnościomierz siana
WSI-5*

*Fig. 6. Moisture meter for hay
WSI-5*



6. WYNIKI POMIARÓW

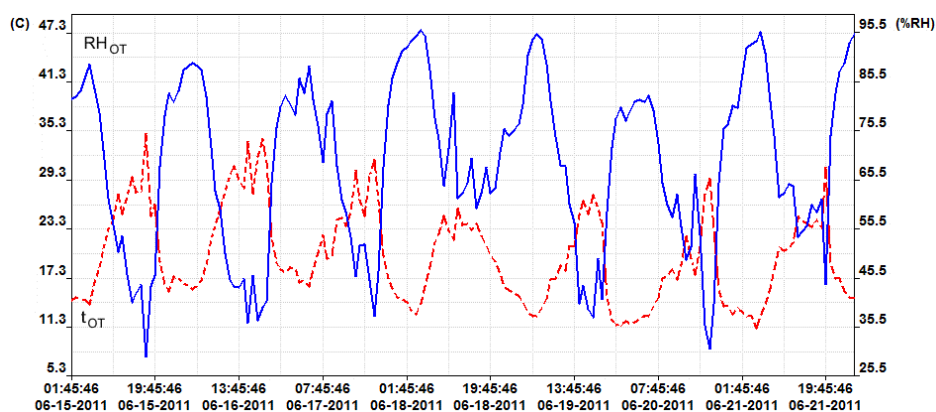
Wyniki pomiarów wilgotności wprowadzono do graficznego programu komputerowego, który na poszczególnych płaszczyznach pomiarowych dla każdego punktu pomiarowego (oraz dla dodatkowych punktów pośrednich) wykreślał koło o określonym kolorze zależnym od wilgotności. Uzyskano w ten sposób serię przekrojów z przestrzennym kolorem rozkładem wilgotności. Dodatkowo program umożliwia symulację zmian rozkładu wilgotności w funkcji czasu (dla zadanego przekroju) lub w funkcji głębokości przekroju (dla zadanej daty). Przykładowo na rys. 7 przedstawiono rozkład wilgotności na głębokości 30 cm w dniach 23.04 oraz 25.06.2011 r.



Rys. 7. Symulacja rozkładu wilgotności w balocie na głębokości 30 cm w dniach 23.04.2011 r. (z lewej) oraz 25.06.2011 r. (z prawej)

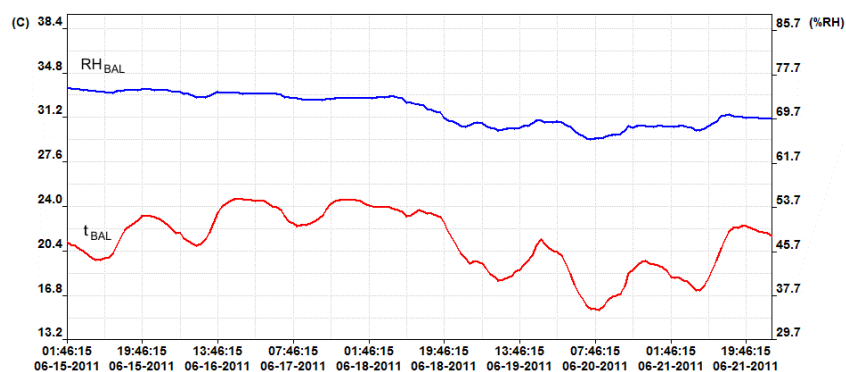
Fig. 7. Distribution of moisture contents at depth of 30 cm on 23.04.2011 (left) and 25.06.2011 (right)

Przykładowe wyniki rejestracji RH_{OT} i t_{OT} dla okresu 18.06 – 25.06.2011 r. przedstawione są na rys. 8. Wyniki RH_{BAL} i t_{BAL} dla tego samego okresu obrazuje rys. 9.



Rys. 8. Wykres parametrów pogody zarejestrowanych w trzecim tygodniu czerwca 2011 r.

Fig. 8. Weather parameters registered during the third week of July 2011

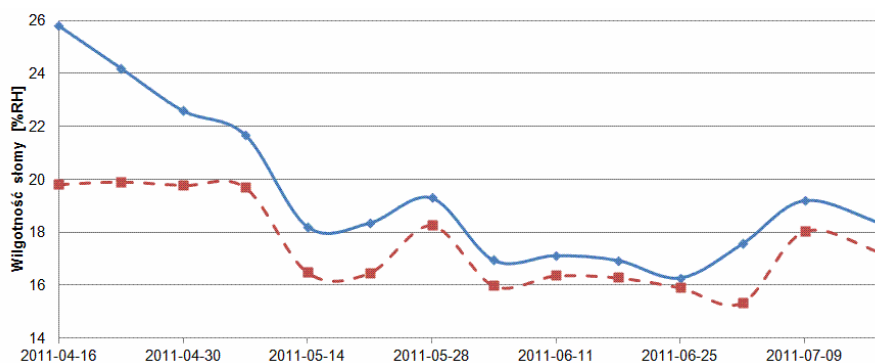


Rys. 9. Wykres parametrów zarejestrowanych w balocie w trzecim tygodniu czerwca 2011r.
Fig. 9. Parameters registered inside the bale during the third week of July 2011.

Z porównania wykresów wynika, że nawet duże dobowe zmiany wilgotności powietrza otoczenia nie wpływają w zauważalny sposób na wilgotność powietrza wewnątrz balotu. Temperatura powietrza wewnątrz balotu zmienia się w rytm zmian temperatury otoczenia.

Wybrany do badań balot już na początku okresu pomiarowego posiadał ognisko zgnilizny w miejscu nr 9 na głębokości 10 – 50 cm. Zgnilizna ta nie zanikła (nie wyschła) do końca eksperymentu. Można nawet stwierdzić, iż obszar zgnilizny uległ rozszerzeniu.

Na rys. 10 przedstawione są średnie wilgotności słomy w balocie dla poszczególnych dat (linia ciągła) oraz średnie wilgotności słomy w balocie po odrzuceniu zewnętrznej warstwy grubości ok. 15 cm (średnia liczona wyłącznie z pomiarów w punktach 2, 3, 4, 7, 8 – rys. 4; oznaczona linią przerywaną).



Rys. 10. Wykres średnich wilgotności słomy w balocie w okresie eksperymentu
Fig. 10. Average moisture contents in the bale of straw during the experiment

Wilgotność balotu malała w okresie od początku pomiarów do 1.07.2011 r. Na początku lipca obfite deszcze zatrzymały (a nawet cofnęły) proces osuszania.

7. WNIOSKI

Przeprowadzone pomiary pozwalają na sformułowanie następujących wniosków:

- silnie (mocno) zawilgocone baloty słomy w polskich warunkach klimatycznych samoistnie (naturalnie) wysuszą się jedynie do średniej wilgotności 18 – 20%,
- w wyniku takiego procesu można jednak oczekiwać znacznego, ok. 10%, zmniejszenia się ich wilgotności,
- uzyskanie balotów (słomy) o wilgotności poniżej 15% wymaga dodatkowego sztucznego suszenia w suszarniach,
- w miejscach narażonych na zgniliznę proces gnicia słomy nie zostaje zatrzymany podczas naturalnego wysychania, a nawet ma tendencje wzrostowe (zaobserwowano zwiększenie obszaru gnicia),
- obfite kilkudniowe deszcze cofają proces wysychania, a średnia wilgotność balotu rośnie wtedy o kilka procent,
- usunięcie zewnętrznej warstwy słomy w balocie w zauważalny sposób obniża wilgotność średnią (w szczególności w początkowym okresie eksperymentu).

8. LITERATURA

- [1] Raport określający cele w zakresie udziału energii elektrycznej wytwarzanej w odnawialnych źródłach energii znajdujących się na terytorium Rzeczypospolitej Polskiej, w krajowym zużyciu energii elektrycznej na lata 2010 – 2019, Ministerstwo Gospodarki, Warszawa 2011,
- [2] http://www.pigeo.org.pl/pliki/tresci_pl/136/PIGEO_dane_statystyczne_rynku_OZE_2010.pdf (25.03.2012)
- [3] Janota-Bzowski J.; Ocena strategii rozwoju energetyki odnawialnej oraz kierunki rozwoju energetycznego wykorzystania biomasy rolniczej wraz z propozycją działań; oprac. dla NFOŚiGW, Warszawa 2005,
- [4] Janicka A., Janicki M.; Biomasa dla energetyki; Ekologia 4/2011
- [5] Grzybek A., Gradziuk P., Kowalczyk K.; Słoma – energetyczne paliwo; Wyd. Wieś Jutra, 2001,
- [6] Igliński B., Buczkowski R., Cichosz M.; Technologie bioenergetyczne; Wyd. Naukowe UMK, 2009,
- [7] Hejft R.; Energochłonność procesu peletowania i brykietowania; materiały konferencyjne – „Rynek pelet i brykietów – możliwości rozwoju”; Czysta Energia 6/2011,
- [8] <http://www.wunderground.com/history/airport/EPKT> (07.03.2012)
- [9] Instrukcja obsługi wilgotnościomierza WSI-5; TANEL Elektronika i Informatyka

EVALUATION OF POSSIBILITY OF NATURAL DRYING OF STRAW BALES INTENDED FOR PRODUCTION OF PELLETS

SUMMARY

Majority of pellet manufacturers stores the supply of straw in bales in the open. In spring the straw is very moist. The authors conducted research on the natural drying process of a single bale of straw in spring 2011. The results of measurements were used in development of a graphic simulation of the drying process.

Bartłomiej TOMKOWICZ, mgr inż. arch.
Janusz PEŁCZYŃSKI, dr inż.

Politechnika Rzeszowska
Katedra Konserwacji Zabytków
Zakład Urbanistyki i Architektury
al. Powstańców Warszawy 12, 35-329 Rzeszów
e-mail: btomkowicz@poczta.fm
jpe@prz.edu.pl

PROBLEMY MODERNIZACJI OBIEKTÓW POŁOŻONYCH W STREFIE OCHRONY KONSERWATORSKIEJ NA PRZYKŁADZIE PRZEBUDOWY BUDYNKU MIESZKALNEGO PRZY UL. PIEKARSKIEJ 13 W KOLBUSZOWEJ

STRESZCZENIE

Na podstawie przypadku modernizacji budynku mieszkalnego znajdującego się w Kolbuszowej przy ul. Piekarskiej 13 można dojść do wniosku, że w prawie budowlanym powinny znaleźć się zapisy umożliwiające prowadzenie modernizacji obiektów zlokalizowanych w strefie śródmiejskiej i ochrony konserwatorskiej na odrębnych zasadach, dostosowanych do specyfiki problemów występujących w tych obszarach.

1. WPROWADZENIE

Fala przemian związanych z procesami transformacji ustrojowej rozpoczętej w latach 90-tych XX coraz częściej dociera do małych miasteczek Podkarpacia. Poprawa kondycji ekonomicznej lokalnych społeczności, przedsiębiorców i właścicieli nieruchomości wyzwała działania mające na celu modernizację i rozwój istniejącej zabudowy. Potrzeby rozwoju związane są z rosnącymi wymaganiami cywilizacyjnymi, koniecznością rozwijania istniejących funkcji oraz wprowadzaniem funkcji nowych. Zaspokojenie występującego popytu jest jednocześnie warunkiem dalszego trwania procesu transformacji. Potrzeby rozwoju dotyczą stref centralnych małych miast, które skupiają się wokół rynku. Obszary te stanowią historycznie ukształtowane układy zabudowy wśród której znajdują się chronione układy urbanistyczne, autentyczne zabytki kultury materialnej wpisane do rejestru zabytków, oraz różnej klasy obiekty zabytkowe wpisane do ewidencji zabytków. Jedną

z form ich ochrony jest wprowadzenie w miejscowym planie zagospodarowania przestrzennego zapisów ustanawiających ochronę zabytków nieruchomych wpisanych do rejestru wraz z ich otoczeniem, oraz innych zabytków nieruchomych znajdujących się w gminnej ewidencji zabytków. W zależności od potrzeb ustanawia się strefy ochrony konserwatorskiej obejmujące obszary, na których obowiązują określone w planie przepisy szczególne tj. ograniczenia, zakazy i nakazy, mające na celu ochronę znajdujących się na tym obszarze zabytków.

Strefa ochrony konserwatorskiej obejmuje bardzo często szereg obiektów w złym stanie technicznym, a jednocześnie atrakcyjnych ze względu na lokalizację w tkance śródmiejskiej.

W wyniku związanej z transformacją nowelizacji przepisów prawnych dotyczących planowania i zagospodarowania przestrzennego, ochrony zabytków, praw własności oraz kompetencji samorządów lokalnych, ujawniły się nowe problemy na styku działań służb konserwatorskich oraz prywatnych i samorządowych właścicieli budynków. Jedni bowiem dążą do ochrony i utrzymania historycznych struktur i tradycyjnego charakteru historycznych miast lub ich zabytkowych stref, drudzy do modernizacji i rozbudowy.

Wszelkie działania modernizacyjne traktowane są na gruncie prawa budowlanego jako przebudowa lub budowa (budową jest rozbudowa, nadbudowa, odbudowa) i jako takie podlegają wszystkim wymaganiom obecnie obowiązujących przepisów technicznych.

Podejmowana inwestycja: zmiana funkcji, modernizacja istniejącego budynku lub budowa nowego obiektu musi uzyskać akceptację konserwatorską i musi także jednocześnie sprostać wszystkim współczesnym wymaganiom warunków technicznych jak każda inwestycja lokowana w dowolnym miejscu. Oznacza to konieczność dostosowania zabytkowych obiektów do aktualnych przepisów technicznych.

Z jednej strony istnieje konieczność zachowania określonych wartości historycznych w zakresie formy, układu, proporcji czy podziałów elewacyjnych z drugiej zaś przepisów techniczno-budowlanych dotyczących odległości między budynkami, budynków od granic działki budowlanej, warunków oświetlenia naturalnego, przesłaniania.

Powstają tutaj trudności, których pokonanie nie jest łatwe a czasami wręcz niemożliwe.

Przedstawiony poniżej przypadek modernizacji budynku mieszkalnego znajdującego się w Kolbuszowej przy ul. Piekarskiej 13 obrazuje niektóre problemy jakie można napotkać w trakcie modernizacji obiektów zlokalizowanych w strefie ochrony konserwatorskiej.

2. RYS HISTORYCZNY, OPIS BUDYNKU

Najcenniejszym elementem krajobrazu kulturowego Kolbuszowej, pozwalającym zidentyfikować tożsamość miasta, jest jego historycznie najstarsza część z charakterystyczną zabudową rynku i dominantą wieży kościelnej [4].

Ulica Piekarska, przy której zlokalizowany jest budynek wchodzi w skład historycznego układu urbanistycznego Kolbuszowej. Zachowana historyczna struktura przestrzenna obejmuje obszar I fazy formowania się miasta (rynek). Zabudowa w tym obszarze istniała już w XVII w. i stanowiła podstawę do rozmieszczenia rynku.

Układ urbanistyczny Kolbuszowej zmieniał się w wyniku odbudów po licznych pożarach, które trawiły miasto. W ciągu XIX wieku przy niemal tych samych granicach zabudowy prawie dwukrotnie wzrosła liczba budynków co prowadziło do zacierania się pierwotnych

założeń rozplanowania. Pewne uporządkowanie nastąpiło dopiero po wielkich pożarach z 1890 i 1900 r. [1].

O zabudowie Kolbuszowej przed 1900 rokiem wiemy bardzo niewiele. W zasadzie brak jest dla tego okresu źródeł ikonograficznych. Drewniana, zwarta zabudowa, w ogromnej większości parterowa i prawdopodobnie podcieniowa, została zupełnie zniszczona przez wspomniane pożary. W okresie od końca XIX niemal do połowy XX wieku wykształciły się w Kolbuszowej trzy typy zabudowy miejskiej [2]. Pierwszy, w formie zwartej zabudowy murowanej, który zastąpił drewnianą, zlokalizowany był w obrębie rynku i uliczek dolnych - ul. Piekarskiej, Mickiewicza. Większość tej zabudowy przetrwała do naszych czasów jednak w znacznie zniekształconej formie. O tożsamości historycznej miasta świadczy zachowane założenie urbanistyczne w planie oraz zespoły zabudowy z przełomu XIX i XX w. Z tego też powodu prawie wszystkie budynki pierzei rynkowych znajdują się w ewidencji zabytków w celu ochrony układu. Drugi pas zabudowy, w obrębie ulic okólnych posiada mniej wartościowej zabudowy, zauważalna jest w nim duża dysharmonia przestrzenna. Dotyczy to także rejonu ulicy Piekarskiej.

Obiekt przy Piekarskiej 13 przed przebudową składał się z dwóch brył o rzucie prostokąta. Pierwszą, główną bryłę stanowił budynek mieszkalny jednorodzinny. Druga bryła w postaci dobudówki pełniła funkcję gospodarczą. Obydwie części wzniesione zostały w konstrukcji tradycyjnej murowanej ze stropem drewnianym. Główną bryłę zwieńczono dachem dwupołaciowym, część gospodarczą pulpitowym, stanowiącym przedłużenie mniejszej połaci dachu głównego. Dach w całości został wykonany w konstrukcji drewnianej i pokryty blachą.

Budynek od dłuższego czasu nie był użytkowany, i znajdował się w złym stanie technicznym. Niezbędnym było przeprowadzenie gruntownego remontu. Właściciel przy tej okazji chciał poprawić stan budynku zarówno w jego układzie funkcjonalnym, jak i wizualnym co znalazło również uznanie w oczach lokalnego samorządu, który w celu poprawy zagospodarowania przestrzennego miasta, poprawy estetyki miasta, i stanu technicznego budynków" ujął to zamierzenie w Lokalnym Programie Rewitalizacji Miasta Kolbuszowa na lata 2010-2015 [4].

Zapisy Miejscowego Planu Zagospodarowania Przestrzennego dopuszczały możliwość modernizacji budynku poprzez przeprowadzenie nadbudowy w wymiarze niezbędnym dla zaadaptowania poddasza, ale z zachowaniem charakteru gabarytów [3].

Z punktu widzenia przestrzeni miejskiej i wyrazu architektonicznego miejsca wydawało się zasadne wpisanie kubatury dobudówki do głównej bryły budynku. Ponieważ obiekt widnieje w ewidencji zabytków, a teren jego lokalizacji leży w strefie pełnej ochrony konserwatorskiej, wszelkie rozwiązania projektowe musiały uzyskać akceptację Wojewódzkiego Urzędu Ochrony Zabytków. Warunki konserwatorskie zobowiązywały do zachowania historyzującego charakteru obiektu oraz kształtu elewacji w układzie otworów okiennych i drzwiowych. Pierwszy z nich nie budził wątpliwości – budynek po nadbudowie i rozbudowie mógł zyskać lepsze i bardziej wyraziste proporcje, a forma wzbogacona o lukarny i detal mogła stać się pozytywnym elementem przestrzeni ulicy Piekarskiej. Drugi warunek natomiast otworzył dyskusję nad możliwością jakiegokolwiek przebudowy w tym miejscu.

3. ZAGADNIENIA FORMALNO-PRAWNE MODERNIZACJI

Przyjęty zakres prac jednoznacznie kwalifikuje przedmiotową inwestycję jako nadbudowę (czyli budowę). Literalnie czytane paragrafy warunków technicznych [7] powodują, że wprost nie do spełnienia są zapisy dotyczące odległości wznoszonej zabudowy od granic działki budowlanej oraz z uwagi na bezpieczeństwo pożarowe.

W omawianym przypadku ściana frontowa usytuowana w granicy wschodniej działki 1291/2 graniczy co prawda z działką, która nie kwalifikuje się do budowlanych – jest gminnym traktem pieszym o szerokości ok. 2 m, ale parcela nr 1294/2 przylegająca z drugiej jego strony jest działką budowlaną i nie powinno się ograniczać jej praw wynikających z tego tytułu. Mamy zatem do czynienia z sytuacją, w której można uznać że opisywany obiekt nie spełnia §12 warunków technicznych, który stanowi, że budynek na działce budowlanej należy sytuować w odległości od granicy z sąsiednią działką budowlaną nie mniejszej niż 4 m - w przypadku budynku zwróconego ścianą z otworami okiennymi lub drzwiowymi w stronę tej granicy. Wprawdzie działka 1294/2 nie przylega bezpośrednio do działki, na której znajduje się omawiany budynek, jednakże należałoby ją brać jako sąsiednią z uwagi na przepisy przeciwpożarowe.

W tym miejscu pojawia się pierwszy paradoks, polegający na tym, że o ile w przypadku remontu obecność okien w ścianie wschodniej nie budzi wątpliwości, w przypadku jednak przebudowy utrzymanie ich nie znajduje swojego uzasadnienia w żadnym paragrafie warunków technicznych.

W rzeczywistości pozostawienie okien w elewacji wschodniej nie zmienia możliwości zabudowy działki 1294/2, gdyż chcąc na niej budować trzeba by było spełnić wymagania ochrony pożarowej wobec zabudowy istniejącej. Jednak w przypadku zakwalifikowania inwestycji jako budowy i żądaniu zachowania odległości od granicy działki 1294/2 należałoby zapewnić tej działce lepsze warunki zabudowy niż przed podjęciem budowy na działce 1291/2. Jeszcze ciekawiej przedstawia się diagnoza wobec działki położonej bezpośrednio od północy (1291/1). Przed przebudową omawiany obiekt posiadał otwory w ścianie frontowej w odległości 78 cm od granicy północnej. Okno doświetlało pomieszczenie, które po przebudowie zachować miało swoją pierwotną funkcję mieszkalną. Ponieważ odległość pozioma otworu od granicy ponownie nie spełniała normatywnej wielkości – 2m rozważeniu podlegały dwie możliwości – pierwsze polegające na przesunięciu poziomym okna, drugie – na zastosowaniu przeszklenia o parametrach EI 60, bez możliwości otwarcia. Na pierwszy postulat konserwator nie wyraził zgody, ponieważ przesunięcie byłoby precedensem i otwierało drogę do podobnych zabiegów w innych, podobnych przypadkach, wobec czego inwestor stanął przed koniecznością wstawienia okna przeciwpożarowego. Ponieważ jednak pomieszczenia mieszkalne przeznaczone na stały pobyt ludzi powinny mieć zapewnioną możliwość przewietrzenia naturalnego, którego brak może zastąpić jedynie zastosowanie wentylacji mechanicznej doszło do kolejnej dyskusyjnej sytuacji, a nawet nieco absurda biorąc pod uwagę istniejący stan budynku i jego obecne rozwiązania. Konserwator aby umożliwić budowę zaproponował nawet wskazanie działki 1291/1 jako niebudowlanej powołując się na historyczny układ zabudowy i swój sprzeciw na jakąkolwiek nową zabudowę w tym miejscu. Postulat ten jednak z uwagi na istnienie budynku w północnej jej części, któremu nie można odebrać możliwości jakiegokolwiek przebudowy lub modernizacji szybko został obalony. Bezwzględny priorytet warunków konserwator-

skich ustanowiony w Miejscowym Planie Zagospodarowania Przestrzennego nie pozwala przecieć na uchylenie warunków technicznych i innych przepisów budowlanych.

Kolejnym problemem w omawianym przypadku była kwestia istniejącego otworu na ścianie południowej budynku w granicy z sąsiednią działką budowlaną, powyżej dachu istniejącej zabudowy. Pojawiło się pytanie, czy okno to powinno zostać zlikwidowane, skoro trudno pokusić się o jednoznaczne określenie okresu z którego pochodzi? Być może okno to wiązało się z samowolą poprzedniego właściciela, a być może wstawiono je dla doświetlenia przestrzeni strychowej na początku istnienia budynku w sytuacji, gdy na działce sąsiedniej nie było zabudowy lub wybicie otworu nie stało w konflikcie z ówczesnym prawem? Pozostawienie tego okna, nawet w formie nieotwieranej przegrody EI60 postawiłoby sąsiada planującego możliwą zapisami planu inwestycję przebudowy obiektu na swojej działce w trudnej sytuacji. Do instytucji nadzoru budowlanego trafia wiele takich spraw, ciągną się one zazwyczaj latami i prawie nigdy nie kończą się polubownie. Ostatecznie przekazywane na drogę sądową, gdzie postępowania, w trakcie których prowadzone są skomplikowane badania przez biegłych rzeczoznawców, zyskują finał w postaci i tak możliwych do podważenia orzeczeń.

W przypadku okien w obiektach przebudowywanych zaistnieć może jeszcze jeden konflikt prawny. Ponieważ strefa ochrony konserwatorskiej najczęściej mieści się w historycznym śródmieściu, najstarszej części miasta, gdzie tkanka jest zwarta i gęsta, spotykamy się z przypadkami tak zorientowanych budynków względem stron świata, że nawet zaprojektowanie dodatkowych przeszkleń, najczęściej trudne do zaakceptowania przez Urząd Ochrony Zabytków, nie gwarantuje spełnienia norm dotyczących zapewnienia odpowiedniej ilości światła naturalnego dla pomieszczeń przeznaczonych na stały pobyt ludzi [7]. Możliwe jest wtedy przebudowanie np. mieszkania w taki sposób, aby było jednoprzestrzenne, ale będzie to zabieg którego jedynym celem będzie formalne spełnienie przepisu, a nie realizacja potrzeb funkcjonalnych, czemu ma w założeniu służyć cała modernizacja. Podobnie ma się zagadnienie przesłaniania i zacieniania w sytuacji przebudowy obiektów w zwartej tkance. W rozumieniu przepisów i interpretacji urzędów każdy budynek w wyniku przebudowy powinien bezwzględnie spełniać wszystkie paragrafy polskiego prawa budowlanego i warunków technicznych. Oczywiście w wielu przypadkach nie jest to do osiągnięcia.

Ostatnim napotkanym problemowym aspektem w omawianym przez nas budynku w Kolbuszowej jest przekraczanie granic własnej działki przez drugorzędne elementy budynku. Obecność na działce sąsiedniej takich elementów jak gzymsy, okapy, rynny, rury spustowe, schody zewnętrzne, można uwzględnić poprzez wykazanie się prawem do dysponowania nieruchomością sąsiednią na cele budowlane. W przypadku uzyskania zgody sąsiada na lokalizację legalnie przecieć istniejących już elementów na jego działce (co nie zawsze łatwe jest ...) konsekwencją formalną jest objęcie zasięgiem inwestycji kolejnych działek sąsiednich. Uwarunkowania lokalizacyjne tych kolejnych działek mogą być źródłem następnych problemów formalnych wynikających z innej kwalifikacji przedmiotowej inwestycji niż jako remontu.

4. ANALIZA PROBLEMOWA

Powyższe rozważania budzą wątpliwości dotyczące słuszności rozwiązań polskiego prawa budowlanego. Nasuwa się pytanie, czy wymagania stawiane obiektom podlegającym modernizacji zlokalizowanym w śródmieściach miast oraz w strefie ochrony konserwatorskiej powinny być takie same jak w przypadku obiektów całkowicie nowych? Czy zawsze całość budynku musi spełniać wszelkie wymagania przepisów jeżeli inwestycją objęta jest tylko jego część? Czy modernizacja polegająca na technicznej poprawie stanu istniejącego zawsze powinna być traktowana na równi z budową w rozumieniu prawa, czy może stać się odrębnym rodzajem działań objętym własnymi przepisami, których rygor będzie dostosowany do specyfiki problemów towarzyszących zagadnieniu? Obecny kształt prawa prowadzi niejednokrotnie do sytuacji wymuszającej konieczność całkowitej rezygnacji z inwestycji lub realizacji jej w kształcie nadmiernie skomplikowanych rozwiązań technicznych, kosztownych i niefunkcjonalnych, znacznie odbiegających od powszechnie stosowanych rozwiązań.

Być może zasadne byłoby wprowadzenie do przepisów prawa budowlanego zasady nie pogarszania w wyniku podejmowanych prac budowlanych stanu istniejącego budynków położonych w śródmieściach miast i w strefie ochrony konserwatorskiej.

Zasada taka umożliwiłaby szersze niż aktualnie prowadzenie inwestycji budowlanych, w wyniku których następowałaby poprawa zabudowy istniejącej.

Słusznym wydaje się ponadto dopuszczenie do stosowania - na określonych warunkach - rozwiązań analogicznych do występujących w bezpośrednim sąsiedztwie, czyli możliwości zastosowania historycznych rozwiązań architektonicznych i budowlanych podczas rozbudowy czy wprowadzania zabudowy uzupełniającej.

Zasady takie nie musiałyby być nawet obligatoryjne dla wszystkich inwestycji położonych w śródmieściach miast i w strefie ochrony konserwatorskiej, ale dostępne tylko dla takich sytuacji, kiedy całkowicie nie istnieje możliwość lub brak jest możliwości racjonalnego spełnienia obecnych warunków technicznych.

Obecny stan prawa blokuje ponadto podnoszone w środowisku architektów i urbanistów postulaty dotyczące potrzeby ożywiania centrów miast poprzez przywracanie funkcji mieszkaniowej do tkanki śródmiejskiej. Historyczne i socjologiczne uwarunkowania są jednak niewystarczające w starciu z przepisami o naturalnym doświetleniu pomieszczeń i w wielu lokalach, pierwotnie mieszkalnych, ponowna adaptacja jest trudna do przeprowadzenia.

Prawo powinno zezwalać na poprawę warunków i zabezpieczać przed możliwością ich pogarszania. Liberalizacja niektórych zapisów powinna przyczynić się do polepszenia jakości i wartości przestrzeni, która w przypadku stref objętych ochroną konserwatorską jest dobrem publicznym, świadectwem naszego dziedzictwa.

Rozważania na temat zmiany prawa zawsze rodzą obawę dotyczącą możliwych konsekwencji. W przypadkach modernizacji zabudowy zwartej zabudowy śródmiejskiej objętej dodatkowo ochroną lub opieką konserwatorską trudno nie odnieść jednak wrażenia, że obecne jej położenie względem obowiązujących przepisów jest wynikowe i przypadkowe.

Rozważane zmiany nie powinny stwarzać niebezpieczeństwa w postaci większych niż obecnie paradoksów. Dodatkowo eliminowałoby to pokusę omijania prawa poprzez działania nieformalne zmierzające do tego, żeby jednak przeprowadzić oczekiwane inwestycje

w zamierzonym kształcie; formalnie możliwy remont jest bowiem w wielu przypadkach działaniem niewystarczającym i nieoptycznym.

5. PODSUMOWANIE

Jak się okazuje w wielu przypadkach nie jest możliwe przeprowadzenie legalnej, w myśl obowiązujących przepisów, modernizacji lub wiąże się to z wprowadzaniem nieracjonalnych rozwiązań nawet wtedy, gdy budynek przed podjęciem działań modernizacyjnych powodował dużo większą niezgodność z przepisami budowlanymi niż po wykonaniu ewentualnej inwestycji.

Obowiązujące prawo z jednej strony służy, zabezpiecza ważne interesy, z drugiej powoduje, że nie możemy racjonalnie gospodarować zasobami materialnymi. Jeżeli nasze działanie nie jest tylko przywróceniem stanu pierwotnego budynku, to już nie jest remont, ale jakąś formą budowy lub przebudowy z pełnym wachlarzem współczesnych wymagań. Tymczasem znaczna część zasobów śródmiejskich nadaje się do modernizacji.

O ile w przypadku wartościowych zabytków niestandardowe i najczęściej bardzo drogie rozwiązania techniczne znajdują swoje uzasadnienie, tak konieczność stosowania ich w obiektach o znikomej wartości historycznej jest wątpliwe, choć nieraz w praktyce nieuniknione ze względu na lokalizację obiektu w strefie ochrony.

Powołując się na przypadek modernizacji budynku mieszkalnego znajdującego się w Kolbuszowej przy ul. Piekarskiej 13 można dojść do wniosku, że w prawie powinny znaleźć się zapisy umożliwiające racjonalne prowadzenie modernizacji obiektów zlokalizowanych w strefie śródmiejskiej i ochrony konserwatorskiej. Napotkane w trakcie tej inwestycji problemy odnoszą się bowiem do wielu innych przypadków. Problemy te dotyczą nie tylko małych miejscowości, ale wszystkich historycznych centrów miast, gdzie istniejąca zabudowa ma zwięzłą, specyficzną strukturę, a budynki i całe zespoły zabudowy zlokalizowane są zazwyczaj w granicach działek, bez zachowania współcześnie wymaganych odległości funkcjonalnych i technicznych.



¶ Rys. 2. Budynek przy ul. Piekarskiej 13 przed przebudową
Fig. 2. The building Piekarska st. 13 before the conversion

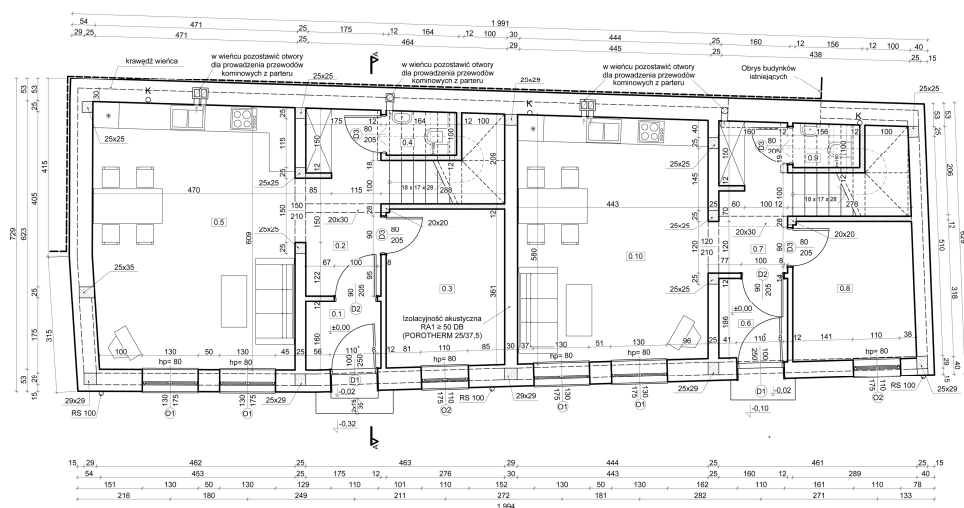


¶ Rys. 3. Wizualizacja koncepcji przebudowy
Fig. 3. Visualization of the concept of remodeling



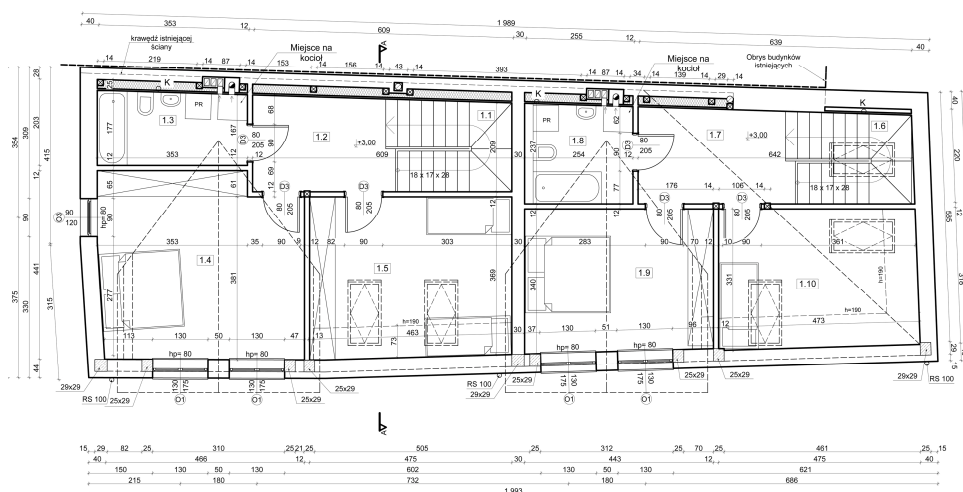
Rys. 4. Elewacja frontowa wg projektu kolorystyki

Fig. 4. Facade, designed by color

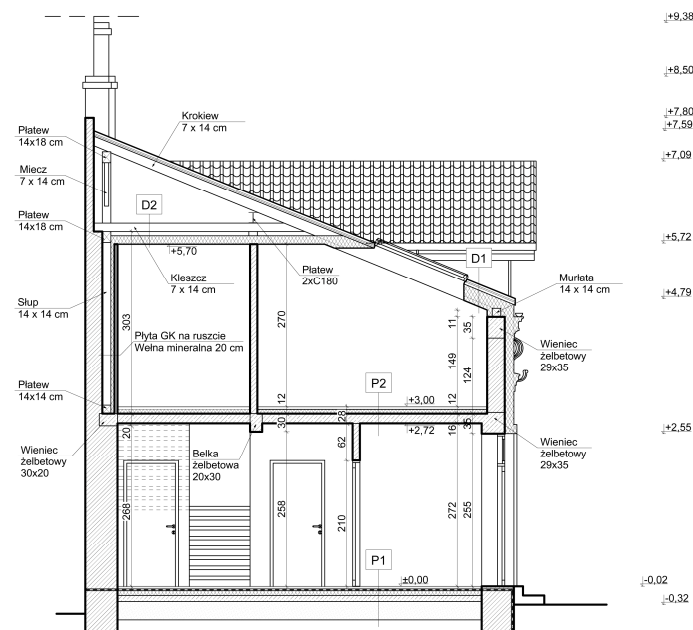


Rys. 5. Rzut parteru w stanie projektowanym

Fig. 5. Throw in the groundfloor state of the proposed



Rys. 6. Rzut poddasza w stanie projektowanym
Fig. 6. Throw in a position to proposed attic



Rys. 7. Przekrój w stanie projektowanym
Fig. 7. Section

6. LITERATURA

- [1] Bajdan J., Dragan W., Zieliński J.; Rozpoznanie i ocena zasobów dziedzictwa kulturowego w gminie Kolbuszowa, Materiały do studium uwarunkowań i kierunków zagospodarowania przestrzennego, Kolbuszowa 1998 r.
- [2] Książek M., Miasta prywatne – Wiśnicz Nowy i Kolbuszowa (na tle działalności urbanistyczno-architektonicznej Lubomirskich w XVII wieku), monografia w ZN PK, Kraków 1990 r.,
- [3] Miejskowy Plan Zagospodarowania Przestrzennego terenu Rynku wraz z otoczeniem w Kolbuszowej.
- [4] Lokalny Program Rewitalizacji Miasta Kolbuszowa na lata 2010-2015, Rada Miejska w Kolbuszowej, Kolbuszowa 2010 r.
- [5] Ustawa z dnia 7 lipca 1994 r. - Prawo budowlane., Dz.U. 1994 nr 89 poz. 414,
- [6] Ustawa z dnia 23 lipca 2003 r. o ochronie zabytków i opiece nad zabytkami, Dz.U. 2003 nr 162 poz. 1568,
- [7] Rozporządzenie Ministra Infrastruktury z dnia 12 kwietnia 2002 r. w sprawie warunków technicznych, jakim powinny odpowiadać budynki i ich usytuowanie, Dz.U. 2002 nr 75 poz. 690.

PROBLEMS OF MODERNIZATION OF FACILITIES LOCATED IN THE PRESERVATION PROTECTION ZONE RESIDENTIAL BUILDING AT KOLBUSZOWA PIEKARSKA ST. 13

SUMMARY

Based on the modernization of a residential building located in Kolbuszowa Street. Piekarska 13 can come to the conclusion that in the building law should include provisions for carrying out the modernization of facilities located in the city center and the conservation protection zone by separate rules, tailored to the specific problems in these areas.

Michał A. TOMSKI, mgr inż.
Krzysztof SORNEK, mgr inż.
Mariusz. FILIPOWICZ, dr hab. inż.

AGH Akademia Górniczo-Hutnicza
Wydział Energetyki i Paliw
al. A. Mickiewicza 30, 30-059 Kraków
e-mail: tomski@agh.edu.pl

NOWOCZESNE TECHNOLOGIE ZGAZOWANIA BIOMASY NA POTRZEBY ZINTEGROWANYCH UKŁADÓW ENERGETYCZNYCH

STRESZCZENIE

W referacie zaprezentowano wybrane nowoczesne i przyszłościowe technologie zgazowania biomasy na potrzeby zintegrowanych układów energetycznych. Wzrost zainteresowania odnawialnymi źródłami energii oraz fakt, że wiele potencjalnych zastosowań wymaga wysokiej jakości gazu przyczyniają się do rozwoju istniejących oraz powstawania nowych koncepcji technologii zgazowania biomasy. Zastosowanie w energetyce procesu zgazowania biomasy daje możliwość budowy alternatywnych układów energetycznych opartych o turbiny gazowe, silniki Stirlinga czy ogniwa paliwowe. Przedstawione w tej pracy zostały takie technologie jak: zgazowanie plazmowe, zgazowanie solarne, zgazowanie allotermiczne z wykorzystaniem rur ciepła.

1. WPROWADZENIE

Biomasa jest jednym z głównych odnawialnych źródeł energii mogących stanowić substytut paliw kopalnych. Energetyczne zużytkowanie biomasy należy do najszybciej rozwijających się sektorów energetyki w Polsce. Najstarszym i najbardziej rozpowszechnionym sposobem stosowania biomasy jest spalanie, jednak coraz większa waga przykładana jest do koncentracji energii w postaci zdatnej do wytwarzania jako końcowy produkt wodoru, metanu lub metanolu [1]. Podejście takie wynika przede wszystkim z poszukiwania nowych technologii pozyskiwania energii elektrycznej z większą niż obecnie sprawnością, np. za pomocą ogniw paliwowych.

Istotnym czynnikiem rozwoju metod zgazowania biomasy jest też nowe spojrzenie na energetykę: decentralizacja źródeł energii oraz coraz szersze stosowaniem technologii kogenacji ciepła i energii elektrycznej (CHP). Układy te posiadają spore wymagania odnośnie czystości gazu, pokazuje to tabela 1.

Tabela 1. Limity zawartości smoły w gazie przy różnych zastosowaniach [2]

Table 1. Upper Limits of Biomass Gas Tar [2]

Zastosowanie	Zawartość smoły [g/Nm ³]
Bezpośrednie spalanie	Bez określonego limitu
Produkcja syngazu	0,1
Turbiny gazowe	0,05-5
Silniki o spalaniu wewnętrznym	50-100
Ogniwa paliwowe	<1,0

2. PROCES ZGAZOWANIA

Zgazowanie jest procesem termochemicznej konwersji materiałów takich jak węgiel lub biomasa do postaci gazu znajdującego zastosowanie jak paliwo.

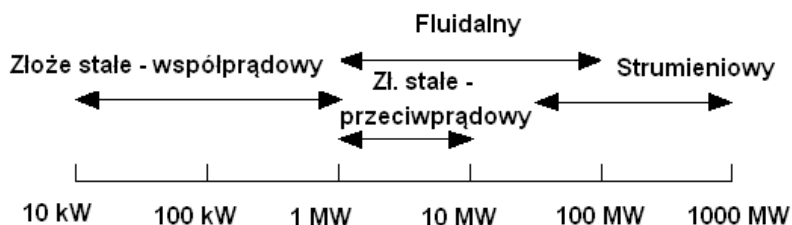
W typowym procesie zgazowania biomasa jest najpierw ogrzewana i suszona a następnie ulega pirolizie. Produkty pirolizy w postaci gazu i stałego karbonizatu reagują między sobą oraz z medium zgazowującym (np. tlen, powietrze, para wodna) co prowadzi do powstania finalnego produktu.

W większości stosowanych komercyjnie generatorów gazu energia konieczna do procesu pochodzi ze spalania części dostarczonego do zgazowania surowca, co powoduje zmniejszoną sprawność energetyczną takiego procesu oraz zanieczyszczenie powstałego gazu syntezowymi produktami spalania biomasy.

3. REAKTORY ZGAZOWANIA

Ze względu na sposób działania można wyróżnić trzy podstawowe typy reaktorów wykorzystywanych w procesie zgazowania:

- reaktory ze złożem stałym
- reaktory fluidalne
- reaktory strumieniowe



Rys. 1. Zakresy stosowalności reaktorów zgazowania danego typu w zależności od mocy [2].

Fig. 1. Range of applicability for biomass gasifier types [2]

Zawartości smoły może się zmieniać nawet w zakresie dwóch rzędów wielkości w zależności od technologii zgazowania. Ogólne dane pokazują, że zawartość ta może zmieniać się od 1 g/Nm^3 dla gazyfikatorów ze złożem stałym działających współprądowo, do 100 g/Nm^3 dla pracujących w systemie przeciwproudowym. Natomiast dla gazyfikatorów ze złożem fluidalnym jest to wielkość rzędu 10 g/Nm^3 . Inny jest też skład smoły dla poszczególnych technologii zgazowania [3].

3.1. Reaktory ze złożem stałym

W tego typu generatorach paliwo podawane jest zwykle z górnej części reaktora. Generatory ze złożem stałym mogą być zaprojektowane zarówno w konfiguracji współprądowej i przeciwproudowej. W zależności od wybranej konfiguracji różna jest kolejność charakterystycznych stref reakcji a co za tym idzie uzyskiwane produkty mogą się znacząco różnić np. pod względem zawartości zanieczyszczeń smołowych będących utrudnieniem dla wielu potencjalnych zastosowań (tabela 1). Generatory ze złożem stałym są stosunkowo łatwe do projektowania i eksploatacji, są najlepiej dostosowane do użytkowania w instalacjach małych i średnich. Przy stosowaniu generatorów gazu ze stałym złożem w instalacjach większych mogą pojawić się problemy z transportem biomasy wewnątrz reaktora co prowadzi do nierównomiernego przepływu gazu także osiągnięcie jednolitej temperatury w strefie zgazowania w instalacjach dużej skali może być trudne ze względu na brak mieszania w strefie reakcji.

3.2. Reaktory fluidalne

W reaktorach ze złożem fluidalnym podawany zwykle z góry lub z boku surowiec do zgazowania szybko miesza się w całej powierzchni generatora ze stałymi, gorącymi cząstkami złoża. Podawany czynnik zgazowujący stanowi często jednocześnie gaz fluidyzujący. Główną zaletą generatorów ze złożem fluidalnym jest jednorodność temperatury w strefie reakcji oraz bardzo dobry kontakt zgazowywanego surowca ze złożem. Wyróżnia się dwa podstawowe typy generatorów tego rodzaju: generatory ze złożem cyrkulacyjnym oraz pęcherzykowym.

3.3. Reaktory strumieniowe

W reaktorach strumieniowych, rozdrobnione paliwo w stanie suchym lub pod postacią zawiesiny wodnej wprowadzane jest do strefy reakcyjnej w strumieniu mieszaniny tlenu i pary wodnej. Ze względu na konieczność bardzo znacznego rozdrobnienia surowca kierowanego do zgazowania (do ziarna poniżej $0,1 \text{ mm}$) reaktory tego typu dotychczas nie są praktycznie stosowane w procesach zgazowania biomasy.

4. PRZYKŁADOWE NOWE TECHNOLOGIE ZGAZOWANIA

W tych technologiach (tzw. allotermicznego zgazowania) ciepło potrzebne do procesu zgazowania dostarczane jest z zewnątrz. Możliwe jest to na różne sposoby. Niektóre z nich zostaną omówione w niniejszym rozdziale.

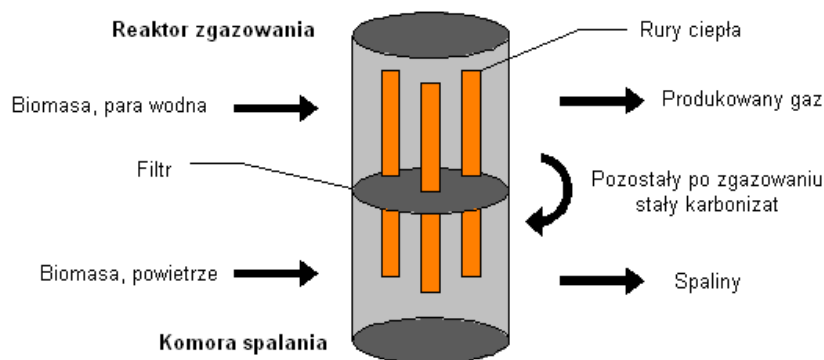
4.1. Zgazowanie allotermiczne z zastosowaniem rur ciepła

System allotermicznego zgazowania biomasy BioHPR (Biomass Heatpipe Reformer) przedstawiono schematycznie na rysunku 2. Składa się on z fluidalnego reaktora zgazowania oraz oddzielonej od niego filtrem komory spalania. Transport ciepła z komory spalania odbywa się za pomocą rur wypełnionych metalami alkalicznymi, np. sodem lub potasem.

Tabela 2. Skład gazu uzyskiwanego z instalacji BioHPR (%) [4]

Table 2. Composition of gases at the output of the BioHPR (%) [4]

H ₂	H ₂ O	CO	CO ₂	CH ₄
30÷40	15÷25	10÷20	8÷15	7÷10



Rys 2. Schemat działania reaktora wykorzystującego rury ciepła

Fig 2. Diagram of the reactor with heatpipes

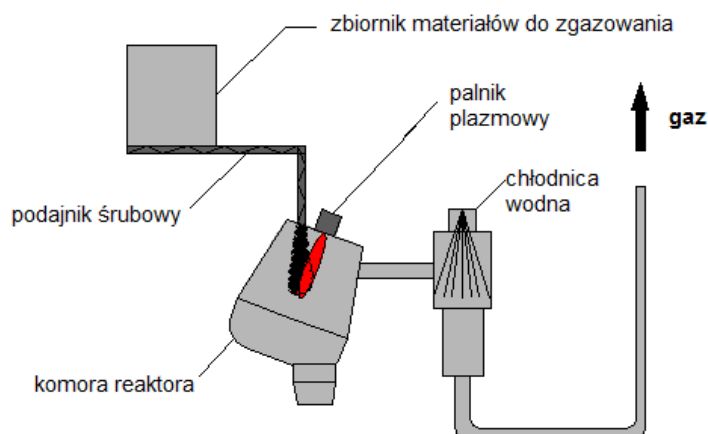
Do znajdującego się w górnej części reaktora zgazowania dostarczana jest biomasa oraz para wodna będąca zarówno czynnikiem zgazowującym jak i fluidyzującym złożę. Proces zgazowania przebiega w temperaturze około 800°C. Pozostały po zgazowaniu stały karbonizat opada w dół do komory spalania działającej również w systemie fluidalnym. Wytworzony gaz charakteryzuje się wysoką zawartością wodoru oraz niewielką ilością zanieczyszczeń smołowych[4].

4.2. Zgazowanie plazmowe

W przypadku zgazowania plazmowego energia do procesu dostarczana jest przez plazmę, a nie przez spalanie części dostarczonego surowca jak ma to miejsce w klasycznych technologiach zgazowania, daje to możliwości szybkiej kontroli i zmian parametrów procesu a także przyczynia się do braku emisji spalin. Na rysunku 3 przedstawiono układ doświadczalnego reaktora plazmowego PLASGAS.

Moc zastosowanego palnika plazmowego może być regulowana w zakresie od 90 do 160kW. Straty mocy zostały ograniczone poprzez zastosowanie wewnątrz reaktora wykładzin ceramicznych o grubości 400 mm. Wewnętrzna objętość reaktora wynosi 0,22 m³. Temperatura ścian reaktora mieści się w zakresie od 1100 do 1400°C i może być regulowana poprzez zmianę mocy palnika oraz zmianę szybkości podawania materiału do zgazowania. Wszystkie części reaktora chłodzone są wodą.

Materiał do zgazowania dostarczany jest przy pomocy podajników śrubowych o regulowanej szybkości. Wysoka temperatura i jej równomierny rozkład w reaktorze powodują zmniejszenie ilości powstających zanieczyszczeń smołowych. Uzyskanie wysokiej gęstości energii i wysokiej wydajności wymiany ciepła pozwala na krótszy czas przebywania materiału w reaktorze i dużą przepustowość.



Rys 3. Schemat układu eksperymentalnego reaktora plazmowego PLASGAS [5]

Fig 3. Schematic diagram of the experimental PLASGAS reactor [5]

Tabela 3. Przykładowy skład gazu uzyskiwany ze zgazowania drewna w reaktorze PLASGAS [6]

Table 3. Composition of gases at the output of the PLASGAS reactor[6]

Moc palnika	Prędkość podawania paliwa	Temperatura	H ₂	CO	CO ₂	O ₂	Ar	CH ₄
[kW]	[kg/h]	[K]	%					
104	6,9	1360	27,2	60,8	5,4	0,7	4,9	0,5
106,3	27,1	1417	22,3	68,3	2,4	4,8	1,4	0,8
107,7	47,2	1364	37,3	60,1	1,8	0,1	0,2	0,4

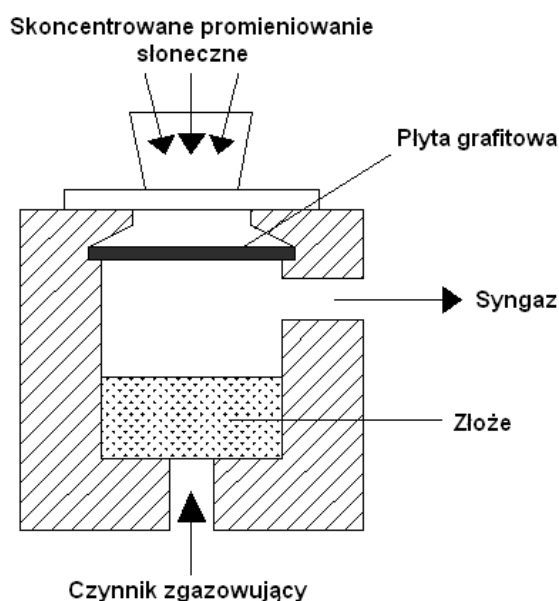
4.3. Zgazowanie solarne

W reaktorach solarnych dostarczana biomasa stanowi jedynie źródło węgla. Źródłem energii dla procesu zgazowania jest natomiast skoncentrowane promieniowanie słoneczne.

Otrzymywany w tym procesie wysokiej jakości gaz syntezowy stanowić może surowiec do produkcji paliw ciekłych w procesie Fischera-Tropscha lub wytwarzania energii elektrycznej w ogniwach paliwowych [7].

W celu koncentracji promieniowania słonecznego stosowane są układy z wykorzystaniem wieży słonecznej lub koncentratory paraboliczne.

Przykładowy reaktor zgazowania wykorzystujący skoncentrowaną wiązkę promieniowania słonecznego uzyskiwaną przy użyciu koncentratora parabolicznego pokazano na rysunku 4.



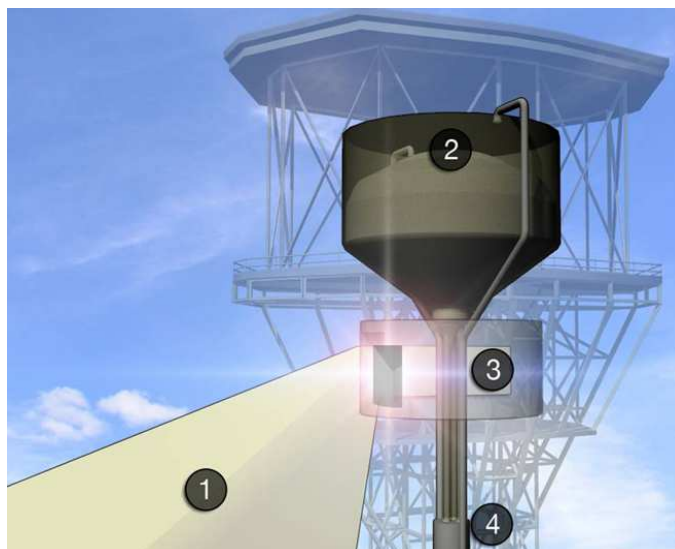
Rys. 4. Schemat przykładowego reaktora zgazowania solarne
Fig. 4 Schematic diagram of the solar gasifier

Przedstawiony na rysunku 4 reaktor składa się z dwóch komór oddzielonych płytą grafitową powlekaną SiC.

Górna komora wyposażona w okienko kwarcowe pełni funkcję absorbera promieniowania słonecznego, niższa natomiast stanowi przestrzeń reakcyjną.

Głównym zadaniem oddzielającej te przestrzenie płytki jest wyeliminowanie kontaktu między kwarcowym okienkiem a reagentami i produktami reakcji, co zapobiega osadzaniu się cząstek i skraplających się gazów zapewniając czystość okienka podczas pracy, umożliwia także jednorodne ogrzewanie złoża[8].

Sposób działania technologii zastosowanej w wieży słonecznej pokazano na rysunku 5.



Rys. 5. Reaktor zgazowania na wieży słonecznej [9],
Fig. 5. Gasifier on the solar tower [9]

Promieniowanie słoneczne odbite od odpowiednio ustawionych na ziemi luster otaczających wieżę zostaje skoncentrowane na jej szczycie gdzie umiejscowiony jest reaktor zgazowania (1). Drobno zmielona biomasa dostarczana jest na wieżę przy pomocy instalacji pneumatycznej (2). Zgazowanie zachodzi podczas przechodzenia biomasy przez strefę reakcji o temperaturze wynoszącej 1300°C (3).

Uzyskiwany tą metodą syngaz kierowany jest rurami (4) do biorafinerii gdzie służy jako surowiec do produkcji paliw płynnych [9].

Zastosowany system pozwala przy utrzymaniu temperatury w zakresie od 1100 do 1300°C na ograniczenie zawartości smoły w gazie poniżej 200 mg/Nm^3 [10].

Do innych, niewymienionych tutaj metod zgazowania biomasy można zaliczyć: rozpuszczanie biomasy w ciekłych metalach, zastosowanie stopionych soli czy wykorzystanie promieniowania mikrofalowego, chociaż te technologie są na razie w fazie koncepcji czy początkowych prób eksperymentalnych.

5. PODSUMOWANIE

Przedstawione przykłady nowych technologii zgazowania świadczą o ciągłym rozwoju tej znanej od dawna metody konwersji paliw. Prowadzone obecnie badania nakierowane są przede wszystkim na uzyskanie gazu wysokiej jakości co umożliwi coraz szersze jego stosowanie. Istotnym wyzwaniem są warunki stawiane przez generatory pracujące w zintegrowanych układach energetycznych.

Praca wykonana w ramach działalności statutowej WEiP, AGH „Badania uwarunkowań zrównoważonego rozwoju energetycznego”

6. LITERATURA

- [1] Ściążko M., Zieliński H. i inni. Termochemiczne przetwórstwo węgla i Biomasy. Wydawnictwo Instytutu Chemicznej Przeróbki Węgla i Instytutu Gospodarki Surowcami Mineralnymi i Energią PAN, Zabrze – Kraków 2003
- [2] Basu P. Biomass Gasification and Pyrolysis: Practical Design and Theory. Academic Press 2010
- [3] Milne T.A., Evans R.J., Abatzoglou N, Biomass Gasifier “Tars”: Their Nature, Formation, and Conversion, raport NREL/TP-570-25357, National Renewable Energy Laboratory, 1998
- [4] Karellasa S., Karla J., Kakarasb E.; An innovative biomass gasification process and its coupling with microturbine and fuel cell systems, *Energy* 33 (2008) 284–291
- [5] Van Oost G., Hrabovsky M., Kopecky V., Konrad M., Hlina M., Kavka T., Chumak A., Beeckman E., Verstraeten J. Pyrolysis of waste using a hybrid argon–water stabilized torch. *Vacuum* 80 (2006) 1132–1137
- [6] Shaukat S.S. Progress in Biomass and Bioenergy Production, InTech 2011
- [7] [7] Piatkowski N., Wieckert Ch., Steinfeld A. Experimental investigation of a packed-bed solar reactor for the steam-gasification of carbonaceous feedstocks. *Fuel Processing Technology* 90 (2009) 360–366
- [8] Gordillo E.D., Belghit A. A bubbling fluidized bed solar reactor model of biomass char high temperature steam-only gasification. *Fuel Processing Technology* 92 (2011) 314–321
- [9] Materiały firmy Sundrop Fuels Inc., <http://www.sundropfuels.com/images/partnerenlarge.jpg>,
- [10] Perkins et al.; System and methods for an integrated solar driven chemical plant, United States Patent Application Publication, 2010

RECENT BIOMASS GASIFICATION TECHNOLOGIES FOR INTEGRATED POWER GENERATION SYSTEMS

SUMMARY

This paper provides a review of recent and future technologies of biomass gasification for integrated power systems. The widely recognised importance of renewable energy sources and the need for using high quality gas in most potential applications has added impetus for the creation and development of advanced biomass gasification processes.

Using biomass gasification processes in power engineering is allowing the possibility to build an alternative energy systems based on gas turbines, Stirling engines or fuel cells.

The technologies described in this paper are plasma gasification, solar gasification and a gasification system with heatpipes.

Michał URUSZCZAK, dr inż. arch.

Uniwersytet Rolniczy

Katedra Gospodarki Przestrzennej i Architektury Krajobrazu

ul. Balicka 239,

e-mail: muruszczak@op.pl

ZABYTKOWE ZAŁOŻENIE REZYDENCJONALNO-OGRODOWE W UDORZU. STAN OBECNY I PERSPEKTYWY REWALORYZACJI

STRESZCZENIE

Praca prezentuje obraz parku dworskiego położonego we wsi Udórz, w województwie małopolskim. Przedstawione są dzieje parku na tle historii okolicy, jak też niekorzystne przemiany jakie w nim nastąpiły po drugiej wojnie światowej. Przedstawiona koncepcja rewitalizacji, wraz z przeprowadzoną analizą drzewostanu, posłużyć może jako rodzaj wytycznych projektowych dla przyszłych działań, na rzecz ratowania udorskiego zabytku sztuki ogrodowej.

1. WPROWADZENIE

Miejscowość Udórz położona jest na zachodnim skraju gminy Żarnowiec, należącej do powiatu zawierciańskiego. Zajmuje północno-wschodni obszar województwa śląskiego, granicząc z województwem świętokrzyskim i małopolskim. Ponadto wieś leży w obrębie Parku Krajobrazowego Orlich Gniazd, wśród pól uprawnych, granicząc od południowego-zachodu z dużym kompleksem leśnym, gdzie zlokalizowane są ruiny zamku (strażnicy) z XIV/XV wieku.

Rzeka Udorka, płynąca u podnóża wspomnianych ruin i kompleksu leśnego na terenie wsi Udórz, tworzy rozlewisko. Stanowi ono element kompozycji krajobrazowej, będąc ukrytą granicą opracowywanego założenia parkowego.

2. STAN BADAŃ

Zakres przestrzenny parku udorskiego obejmuje powierzchnię 4,5 hektara. Został wpisany do rejestru zabytków w grudniu 1981 roku pod numerem 1273/81. Powstał na przełomie XVIII i XIX wieku, będąc rozszerzony do obecnej wielkości jeden wiek później.

Na terenie zespołu dworskiego, prowadzonych było szereg badań, sporządzone zostały takie opracowania jak *Studium historyczno-przestrzenne parku podworskiego w Udorzu* pod kierunkiem A.Celichowskiego [1991], wykonane na zlecenie Zarządu Zespołu Jurajskich Parków Krajobrazowych Województwa Katowickiego, oraz *Badania archeologiczno-architektoniczne reliktyw dworu w Udorzu* autorstwa W.Długoszewskiej i J.Pietrzaka [2001]. Prace przeprowadzono na zlecenie Śląskiego Wojewódzkiego Konserwatora Zabytków.

3. ZABYTKOWE ZAŁOŻENIE REZYDENCJONALNO-OGRODOWE W ŚWIEŁE HISTORYCZNYCH UWARUNKOWAŃ UDORZA

Pierwsza wzmianka pisana o wsi Udórz pochodzi z roku 1232. Dotychczasowy jej właściciel, przekazał wieś i dobra klasztorowi miechowskiemu. Ponad sto lat później miejscowość z rąk Bożogrobców, przeszła w posiadanie rodziny Długoszków herbu Wieniawa. Naukowcy przypuszczają, że w tym właśnie czasie mogła zostać rozpoczęta budowa wspomnianego we wstępie obiektu murowanego nad rzeczką Udorką [Guerquin 1974]. Brak wzmianek w źródłach pisanych, może dowodzić nie ukończenia wspomnianego obiektu, podobnie jak na to wskazuje brak śladów archeologicznych, mogących świadczyć o stałej w tym miejscu, obecności ludzi [Uruszczak 2003].

Na przełomie XV i XVI wieku miejscowość weszła w skład klucza Pileckiego i pozostała własnością rodziny Pileckich do połowy XVI wieku.[Długoszewska, Pietrzak 2001] Poważne zmiany miały miejsce w drugiej połowie XVIII wieku, a więc w okresie powstania omawianego parku, kiedy wsią władało kilku kolejnych właścicieli. Walewscy herbu Kolumna, Komorniccy, Ostaszewscy [Semkowicz 1939].

W źródłach można odnaleźć informacje o stacjonowaniu w Udorzu wojsk późniejszego króla pruskiego Fryderyka II. Miało to miejsce w 1794 roku, przed bitwą pod Szczekocinami[Celichowski 1991]. Z tego okresu zachowały się fundamenty dworu, spichlerz oraz najstarsze okazy dębów szypułkowych i lip szerokolistnych. Rozmieszczenie najstarszego drzewostanu wskazuje, że park w obecnych granicach musiał istnieć już w XVIII wieku. Rodzi się jednak szereg wątpliwości czy jego początku nie szukać nawet w XVII wieku, kiedy to w miejscu później rozbudowywanego w kilku fazach dworu murowanego stał taki obiekt, ale drewniany, o czym świadczą badania wykopaliskowe [Długoszewska, Pietrzak 2001].

Swobodny sposób rozmieszczenia drzew, najstarszej ich grupy wiekowej, podkreśla nieregularną kompozycję założenia. Wiek tych okazów (lip szerokolistnych i dębów szypułkowych) dobiega prawie dwustu lat. Dzięki ich rozmieszczeniu można przypuszczać, że Aleksander Moes (ostatni ziemiański właściciel tego terenu), kupując ów majątek w 1890 roku, zastał park w obecnych granicach, wraz z dworem i folwarkiem jako integralną częścią założenia [Wiśniewski 1933]. Zapewne nowi właściciele przystąpili do przebudowy samego parku. Jego zasięg zachowany został w dawnych granicach, prezentując swobodny układ krajobrazowy. W tym okresie główne ciągi piesze zostały podkreślone okazami grabu pospolitego.

Cechy regularnie kształtowanej kompozycji parku, posiada średnia grupa wiekowa drzewostanu, datowana na lata 1890-1939. Przykłady można dostrzec w północno-wschodniej części parku, a stanowią je zachowane, wspomniane aleje grabowe.

W przypadku najmłodszej grupy wiekowej drzew, ich układ jest wyraźnie zróżnicowany. Wśród regularnie rozmieszczonych nasadzeń, górują topole otaczające folwark. Pochodzą one najprawdopodobniej z akcji zalesiania nieużytków, prowadzonych głównie w latach sześćdziesiątych i siedemdziesiątych ubiegłego wieku. Znajdują się na terenie całego założenia, a znaleźć tu można m.in. jesiony wyniosłe, wiązy górskie, robinie białe, olchy szare i czarne, jak też wiele innych gatunków. Brak zabiegów pielęgnacyjnych doprowadził do zacierania się dawnego układu kompozycyjnego parku. Samosiewy porastają każdą wolną przestrzeń, w tym mniej użytkowane ścieżki i wolne jeszcze polany.

Park dworski w Udorzu, założony w XVIII wieku, z licznymi cennymi okazami drzew, zachowany w dawnych granicach stanowi cenną pamiątkę historyczną. Pomimo swego starszego rodowodu, przedstawia przykład XIX-wiecznego założenia naturalistycznego. Jest to wynikiem kolejnych etapów przekształceń parku. Układ wiąże ściśle ze sobą powiązane: park, folwark, stawy użytkowane gospodarczo, oraz rozległy widokowo, otaczający je krajobraz. Pomimo silnego zaniedbania drzewostanu założenia, możliwe jest odtworzenie dawnego układu. Duża ilość zachowanego starodrzewia sprawia, że park w Udorzu może stać się piękną pamiątką XIX-wiecznej sztuki ogrodowej regionu. Powyższy cel może zostać osiągnięty dopiero po realizacji kompleksowej rewaloryzacji założenia



Fot 1,2 Widok jezior i drzewostanu parku w Udorzu. Fot.M.Rams
Photo 1,2. View on the Lake and the tree stand of Udorz park. Photo M.Rams

4. PROJEKT REWALORYZACJI PARKU

Uwzględniając dużą wartość historyczną założenia, sporządzone opracowanie posiada charakter projektu rewaloryzacji, przy maksymalnym wykorzystaniu walorów przyrodniczych i kompozycyjnych terenu.

Wykonany projekt rozstrzyga generalne zasady kształtowania przestrzeni parkowej, w nawiązaniu do przyjętych wytycznych stylistycznych, a co za tym idzie odtworzonego stylu kompozycyjnego. Założono dokonanie powiązań kompozycyjno-przestrzennych między relikdami dworu, (który powinien zdaniem autora zostać odtworzony) zabytkowymi obiektami folwarku, jak i sąsiadującym od południa terenem grodziska.

Dążąc do uzyskania historycznej kompozycji założenia, odtworzono naturalistyczny charakter parku, korzystając z uwag, spostrzeżeń i analiz teoretyków i historyków sztuki ogrodowej takich jak: E.Jankowski [1888], G.Ciołek [1978], L.Majdecki [1993], J.Bogdanowski [1999].

Elementy kompozycyjne projektu rewaloryzacji, ukształtowano przyjmując następujące założenia:

- a. Podkreślenie przebiegu głównych osi kompozycyjnych.
- b. Objęcie całego założenia układem komunikacyjnym.
- c. Odtworzenie wnętrz parkowych i sektorów widoczności na otaczający krajobraz.
- d. Odtworzenie obiektów małej architektury ogrodu, jak też budynku dworu w kolejnym etapie

Przywrócenie założeniu XIX-wiecznej kompozycji, opiera się głównie na danych zawartych w literaturze ogólnej. Szczególna rola zieleni w kompozycji parku, wynika z dwójakiej zależności. kompozycji. Rozwój parku natomiast, wpływa na samą kompozycję założenia. Z jednej strony przedstawia trendy kształtujące sztukę ogrodową w XIX wieku, z drugiej ujawnia walory materiału roślinnego, jako tworzywa kompozycji. Fakty te przemawiają zatem, za niezwłocznym przeprowadzeniem prac w obrębie drzewostanu, w celu zachowania wartości historycznych jakich jest obrazem.



Rys 1. Projekt rewaloryzacji Parku w Udozu (rys.M.Rams)

Fig. 1. The Project of restoration of the park In Udoz

Zlokalizowane na terenie parku runo nie jest pełne, a rodzaj gatunków i ich rozmieszczenie w części przypadków jest niewłaściwe. Poszczególne rośliny okrywowe już istniejące, stanowiące składnik runa powinny służyć za podstawę do dalszego ich rozprzestrzeniania, w celu uzupełnienia braków. W zakresie drzewostanu, projekt rewaloryzacji zakłada:

- a. usunięcie przypadkowych zadrzewień powojennych i samosiewów nie wpisujących się w układ kompozycyjny
- b. odtworzenie dawnego układu wysokiej zieleni, z otwartymi wnętrzami parkowymi, z uwzględnieniem panoram parku i okolicy
- c. wymianę osobników, których stan zdrowotny nie daje wielkich szans na długi żywot
- d. przeprowadzenie dodatkowych prac, związanych ze sporządzoną gospodarką drzewostanem, w obrębie poszczególnych osobników.

5. PODSUMOWANIE. WNIOSKI KOŃCOWE

Ratunkiem dla zachowania zabytkowych założeń parkowych (parkowo-rezydencjonalnych) jest znalezienie dla nich właściwej funkcji, zbliżonej do historycznej. Zwracana jest szczególna uwaga na tradycje miejsca, a dla dobra obiektu jego przestrzeń, przekazywana powinna być jednemu właścicielowi, bez dokonywania podziałów przestrzennych. Niewłaściwe jest aby na terenie zabytku wprowadzona została nowa oderwana od tradycyjnej funkcja, prowadzi to bowiem przeważnie do jego degradacji i ruiny[Balińska 1996]. Zatem i w Udorzu, zespół dwór, parki folwark musi być potraktowany jako integralna całość.

Wież Udórz posiada cały szereg obiektów o znaczeniu historycznym, z zamkiem średniowiecznym włącznie[Uruszczak 2009], co stawia omawiany zabytek w wyjątkowym miejscu. Wysoka wartość historyczna, oraz atrakcyjne tereny Jurajskiego Parku Krajobrazowego uzasadniają utworzenie na terenie wsi zabytkowego zespołu krajobrazowego. Zespół ten, powinien zostać poddany zabiegom rewaloryzacyjnym i szczególnej ochronie, a zalecaną odnowę parku dworskiego, należy traktować jako jeden z fragmentów większej aranżacji krajobrazowej.

2. LITERATURA

- [1] Balińska G. *Racot. Przemiany i zagrożenia zespołów podworskich*. Oficyna Wydawnicza Politechniki Wrocławskiej. 1996. Wrocław
- [2] Bogdanowski J. *Style ,kompozycja i rewaloryzacja w polskiej sztuce ogrodowej. Wybrane problemy*. Zakład Graficzny Politechniki Krakowskiej. 1999. Kraków
- [3] Celichowski A. *Studium historyczno-przestrzenne parku podworskiego w Udorzu*, 1991, Łódź.
- [4] Ciołek G. *Ogrody Polskie* Arkady. 1978. Warszawa
- [5] Długoszewska W. Pietrzak J. *Badania archeologiczno-architektoniczne reliktyw dworu w Udorzu*, 2001, Łódź, Piotrków Trybunalski
- [6] Guerquin B. *Zamki w Polsce* Arkady 1974 Warszawa
- [7] Jankowski E. *Ogród przy dworze wiejskim*, 1888, Warszawa
- [8] Majdecki L. *Ochrona i konserwacja zabytkowych założeń ogrodowych*, Wydawnictwo Naukowe PWN, 1993, Warszawa

- [9] Semkowicz W. *Materiały do słownika historyczno-geograficznego w dobie sejmu czteroletniego (1788-1792)*, 1939, Kraków
- [10] Uruszczak M. *Czternastowieczne wieże strażnicze Jury Krakowsko-Częstochowskiej w świetle badań nad sztuką obronną w czasach Kazimierza Wielkiego.*[w:] *Czasopismo Prawno-historyczne* tom LV, z 2, s.187-210, 2003 Poznań
- [11] Uruszczak M. *Zamki w Łelowie i Żarnowcu- świadkowie rozkwitu i recesji dwóch miast na prawie magdeburskim*, [w:] *Czasopismo Prawno-historyczne*, tom LXI, z 1, s.231-240, 2009, Poznań
- [12] Wiśniewski J. *Historyczny opis kościołów, miast, zabytków, pamiątek w olkuskim*, 1993, Wyd. Mariówka Opoczyńska

HISTORIC LAYOUT OF A RESIDENCE AND GARDEN IN UDORZ. CURRENT STATE AND THE PROSPECTS OF RASTORATION

The work presents the view on a manor park In the village of Udorz In the małopolski voivodeship.

In includes the history of park and its surrounding, as well as the unfarouvable changes that occurred in the time of World War II. The work also proposes the concept of restoration and it also includes the current analysis of the stand. It could be used as guidelines for the future activities regarding the rescue of the Udorz's monument of the garden art.

Anna WACHOWICZ-PYZIK, mgr inż.

AGH Akademia Górniczo-Hutnicza
Wydział Geologii Geofizyki i Ochrony Środowiska
Katedra Surowców Energetycznych
al. A. Mickiewicza 30
30-059 Kraków
e-mail: amwachowicz@poczta.fm

MOŻLIWOŚCI ZASTOSOWANIA INSTALACJI SOLARNEJ DLA BASENU KĄPIELOWEGO

STRESZCZENIE

Stan środowiska naturalnego pogarsza się. Z tego względu nie dziwi fakt, że inwestorzy coraz częściej sięgają po odnawialne źródła energii. Doskonałym przykładem są instalacje solarne, które wykorzystują energię słoneczną. W artykule przedstawiono opis koncepcyjnego projektu instalacji solarnej dla basenu TOSiR w Tarnowie. Celem inwestycji jest wspomaganie przygotowania ciepłej wody użytkowej. Przeanalizowano koszty uzyskania ciepłej wody użytkowej i wody technologicznej oraz opisano przeprowadzone badania mające na celu określenie dobowego zapotrzebowania basenu na energię cieplną. Na koniec zaprezentowano wyniki analizy ekonomicznej oraz obliczono okres zwrotu inwestycji uwzględniając dwa warianty: pierwszy przy 80% dofinansowaniu oraz drugi bez dofinansowania.

1. WPROWADZENIE

W obliczu ciągłego wzrostu światowego zapotrzebowania na energię oraz pogarszającego się stanu środowiska naturalnego spowodowanego wykorzystywaniem konwencjonalnych źródeł energii takich jak węgiel, gaz ziemny, czy ropa naftowa, gospodarka coraz częściej sięga do zasobów energii odnawialnej, głównie energii : słonecznej, wodnej, wiatrowej, czy też pochodzącej z wnętrza ziemi energii geotermalnej. Szczególnie szybki rozwój odnawialnych źródeł energii można zauważyć w krajach należących do Unii Europejskiej, gdyż w sposób priorytetowy traktuje tę część gospodarki. Przykładem może być Dyrektywa 2009/28/WE, która nakłada obowiązek wzrostu udziału odnawialnych źródeł energii do 20% całkowitego zużycia energii na obszarze Unii Europejskiej. Oznacza to dla Polski wzrost udziału odnawialnych źródeł energii do 15 % do końca roku 2020 [1].

2. PROJEKT INSTALACJI SOLARNEJ DLA BASENU TOSIR W TARNOWIE.

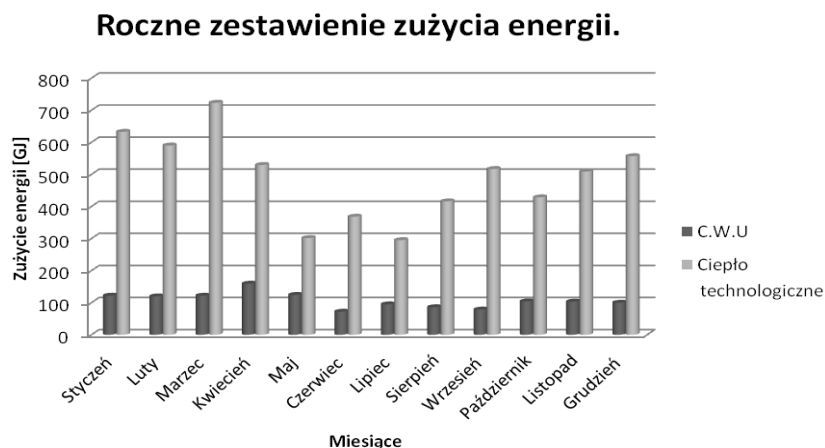
Pływalnia TOSiR, dla której opracowano wstępny projekt instalacji słonecznej zlokalizowana jest w Tarnowie przy ul. Piłsudskiego 30. Głównym celem zaprojektowanej instalacji było wspomaganie przygotowania ciepłej wody użytkowej (c.w.u.) natomiast nadmiar energii miał być wykorzystywany do podgrzewania wody w basenach znajdujących się na terenie krytej pływalni TOSiR. W momencie tworzenia projektu obiekt był w trakcie rozbudowy. Dane dotyczące nie istniejącej części zakładane były w oparciu o projekty i wyliczenia pochodzące od inwestora obiektu. Charakterystyka części istniejącej budynku oraz nowo dobudowywanej zamieszczona jest w tabeli 1[2].

Tabela 1 Charakterystyka krytej pływalni TOSiR w Tarnowie.

Table 1. Characteristic of the indoor swimming pool TOSiR in Tarnow.

	Powierzchnia lustra wody [m²]	Głębokość [m]	Temp. [°C]
Budynek istniejący			
Basen pływacki	312,5	0,8-0,5	26-28
Basen rekreacyjny	152,5	0,5-1,2	28-30
Wanna z hydromasażem	5	0,8	34-36
Budynek dobudowywany			
Basen rekreacyjny	313	0,8-1,2	28-30
Basen dla dzieci	24,5	0,4	30-32
Wanny z hydromasażem	15	0,8	34-36
Basen schładzający	3,3	1,3	12-15

Na podstawie bilansu zużycia energii w roku 2009 sporządzonego przez MPEC w Tarnowie [3] określono wielkość zapotrzebowania na ciepłą wodę użytkową i wodę technologiczną basenu - rys.1 . Całkowite zapotrzebowanie obejmujące ciepłą wodę użytkową oraz wodę technologiczną (podgrzewającą wodę w basenie) dla szczytowego zapotrzebowania mocy cieplnej wyniosło około 1460 kW, zakładając zapotrzebowanie rzędu 613 kW dla części istniejącej i 847 kW dla części dobudowywanej.



Rys. 1 Roczne zestawienie zużycia energii w 2009 roku.
Fig.1 The annual energy consumption in 2009 year.

Na podstawie sporządzonego wykresu widoczne jest duże zróżnicowanie zapotrzebowania na energię w zależności od pory roku zarówno dla c.w.u jak i ciepła technologicznego. W okresie letnim od maja do sierpnia zapotrzebowanie na moc cieplną wyraźnie maleje i wynosi około 50 GJ/miesiąc, natomiast w okresie zimowym wzrasta i utrzymuje się powyżej 100 GJ/miesiąc. Zależność ta charakteryzuje zarówno zapotrzebowanie na c.w.u jak i ciepło technologicznego. Przy czym wskaźnik dla ciepła technologicznego jest wyższy od ilości ciepła na potrzeby c.w.u. Uwagę zwraca również wartość zapotrzebowania w marcu, które przekroczyło 700 GJ, co związane było z awarią basenu. Dodatkowo aby określić dobową charakterystykę zapotrzebowania dla obiektu przeprowadzono badania, które miały na celu określenie rozkładu zapotrzebowania przy uwzględnieniu ilości osób korzystających z basenu. Badania prowadzono przez trzy miesiące, od marca do maja 2010 roku. Wiązało się to z faktem, iż obiekt od marca nie korzystał z dodatkowego centralnego ogrzewania, które mogłoby wpłynąć na wyniki pomiarów. Węzeł cieplny dla ciepłej wody i centralnego ogrzewania nie był podzielony na osobne węzły. Pomiary polegały na odczycie parametrów tj.: wielkości zużytej energii, temperatury na wejściu i wyjściu wody z zasobnika, zużycia mocy, prędkości i wielkości przepływu wody, stanu wodomierza oraz ilości osób korzystających z obiektu. Badania przeprowadzano przez trzy dni w miesiącu (sobotę, niedzielę i poniedziałek), co godzinę przez cały czas, gdy obiekt był otwarty.



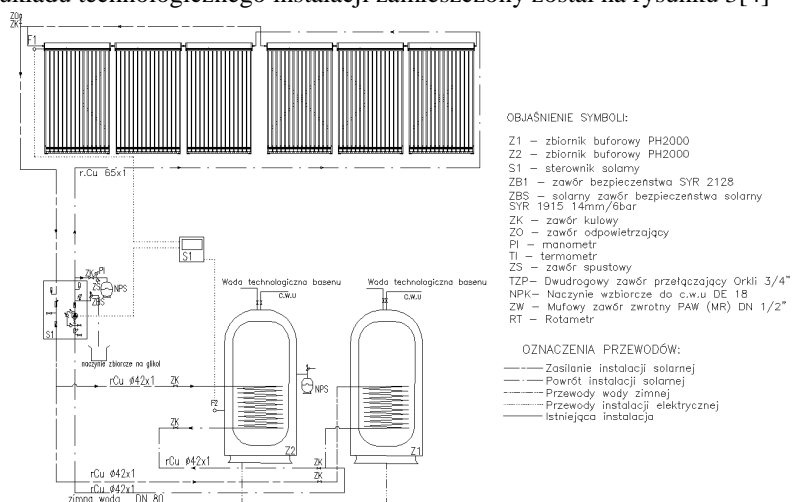
Rys. 2 Wielkość zapotrzebowania na ciepłą wodę użytkową 30.05.2010 roku na basenie TOSiR.

Fig. 2 The volume of demand for hot water, on 30.05.2010 in the swimming pool TOSiR.

Na podstawie otrzymanych wyników sporządzono dobowe zestawienia zużycia energii, zapotrzebowania (rys.2) oraz ilości osób korzystających z obiektu dla poszczególnych dni. Największe zapotrzebowanie na ciepło (a tym samym wzrost zużycia energii cieplnej) przypadło w godzinach od 9 do 11 oraz pomiędzy 17 a 18. Pokrywa się to ze wzrostem ilości osób korzystających w tych godzinach z basenu [4].

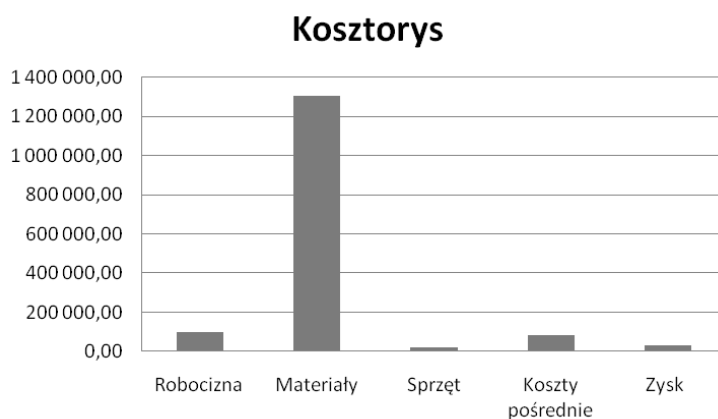
Biorąc pod uwagę powyższe dane oraz fakt, iż kryta pływalnia nie jest obiektem sezonowym, ale użytkowana jest przez cały rok zaprojektowano solarną instalację złożoną z 270 kolektorów próżniowo-rurowych zlokalizowanych na ziemi w 3 niezależnych od siebie rzędach, po 90 kolektorów każdy wzdłuż południowej granicy działki należącej do basenu TOSiR o łącznej powierzchni 604,8 m² w tym 324 m² powierzchni czynnej. Układ hydrauliczny instalacji oparto o grupy złożone z 3 kolektorów połączonych szeregowo. Umieszczenie kolektorów wiązało się głównie ze słabą konstrukcją dachu, która nie przeniosłaby ciężaru tak dużej instalacji oraz faktem, iż wytypowana działka skierowana była na południe, co w przypadku tego typu instalacji było sprawą priorytetową. Dodatkowo zasugerowano wykorzystanie dodatkowej konstrukcji wsporczej, która uniemożliwiłaby wzajemne zacienienie kolektorów oszczędzając przy tym przestrzeń. Moc szczytowa instalacji przy wykorzystaniu kolektorów próżniowo rurowych wyniosła około 261 kW, co umożliwiłoby 40 % procentowe pokrycie rocznego zapotrzebowania energii dla potrzeb c.w.u. Regulacja instalacji solarnej oparta została o rotametry dla przepływu 2-15 l/min, które umieszczone zostały przed każdym zestawem złożonym z 3 kolektorów. Wymiana ciepła między obiegiem solarnym, a buforowym oraz obiegiem buforowym, a obiegiem c.w.u. i wody technologicznej oparta została o rurowe wymienniki ciepła. Czynnikiem grzewczym wykorzystywanym w obiegu pośrednim była woda uzdatniana, a czynnikiem

pośrednim instalacji, z uwagi na dużą powierzchnię całkowitą oraz zakaz pośredniego kontaktu wody pitnej z czynnikiem solarnym była mieszanina wody z 30% glikolem powszechnie stosowana w tego typu instalacjach, z powodu dużej pojemności buforowej. Schemat układu technologicznego instalacji zamieszczony został na rysunku 3[4]



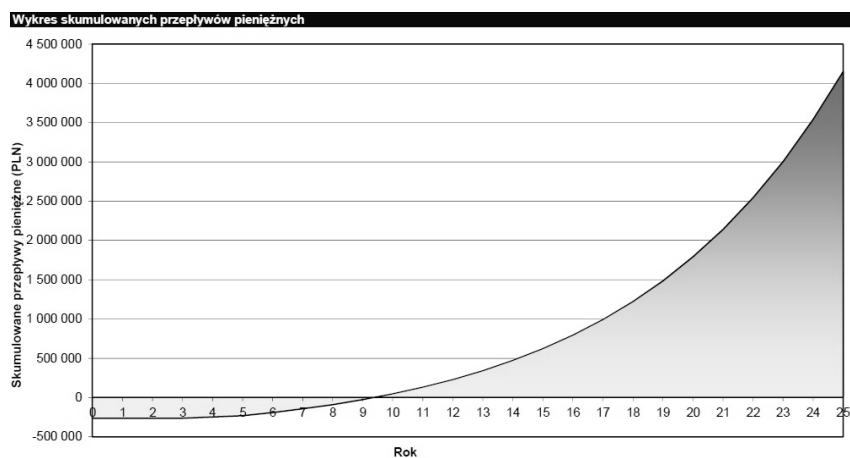
Rys. 3 Konceptyjny model instalacji solarnej dla basenu TOSIR w Tarnowie
Fig. 3 Conceptual model for a solar pool TOSIR in Tarnow

Sporządzono również szczegółowy kosztorys projektowanej instalacji słonecznej. Poniżej na rys. 4 zaprezentowano zestawienie kosztów dla poszczególnych elementów instalacji.



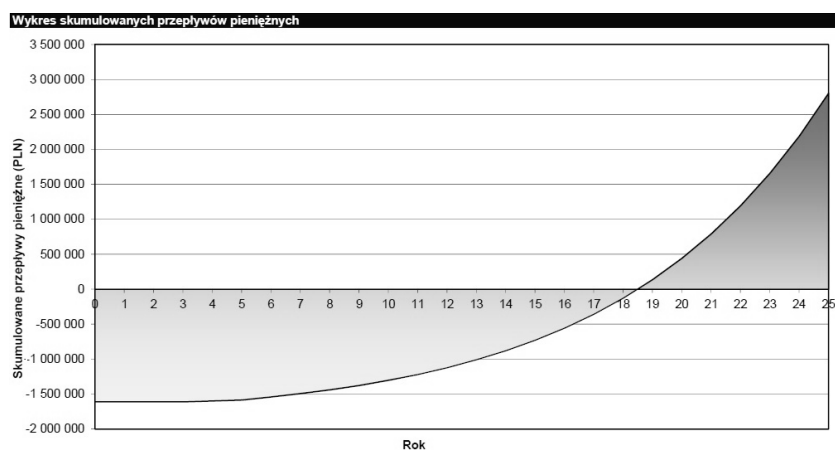
Rys. 4 Zestawienie kosztów dla poszczególnych elementów wchodzących w skład projektowanej instalacji solarnej
Fig. 4 Summary of costs for individual items included in the proposed solar installation

Całkowity koszt inwestycji według opracowanego projektu wyniesie około 1,5 mln złotych, w tym przeszło połowa kosztów związana będzie z cenami materiałów niezbędnych podczas budowy instalacji solarnej. Przeprowadzono również analizę zwrotu inwestycji dla dwóch przypadków, zakładając koszt energii w wysokości 24 zł za 1 GJ energii przy 15% wzroście cen w nadchodzących latach. W pierwszym modelu założono 80% dofinansowanie pochodzące z Małopolskiego Regionalnego Programu Operacyjnego - finansowanego ze środków europejskich w latach 2007-2013 w Małopolsce [5] Rysunek 5 przedstawia okres zwrotu inwestycji, który dla pierwszego przypadku wyniósł około 9,5 lat.



Rys. 5 Wykres skumulowanych przepływów pieniężnych (przy uwzględnieniu 80 % dofinansowania).

Fig.5 Graph of cumulative cash flow (taking into account the 80% funding).



Rys. 6 Wykres skumulowanych przepływów pieniężnych (bez uwzględnienia dotacji).

Fig.6 The graph of cumulative cash flow (excluding grants).

W drugim przypadku (rys.6) nie zakładano żadnych form dofinansowania, w związku z czym okres zwrotu wzrósł do około 18 lat. W przypadku tak dużej instalacji solarnej nie było to złym wynikiem biorąc pod uwagę, że po 25 latach działalności instalacji inwestycja zwróciła by się niemal dwukrotnie [4].

3. PODSUMOWANIE

Inwestycja wiązała się ze znacznym obniżeniem kosztów opłat za energię oraz zmniejszeniem emisji substancji toksycznych tj. CO₂ oraz NO_x, które wydzielają się podczas spalania paliw konwencjonalnych. Przedstawiona instalacja solarna pomimo tego pozostała w fazie projektu. Biorąc pod uwagę fakt, iż tak duża inwestycja w odnawialne źródła energii mogłaby umożliwić uzyskanie w przyszłości licznych odliczeń finansowych związanych z wykorzystaniem źródeł odnawialnych pozostaje mieć nadzieję, że zostanie ona zrealizowana w przyszłości.

4. LITERATURA

- [1] Dyrektywa 2009/28/WE z dnia 23 kwietnia 2009 r, Dziennik Urzędowy UE, 2009.
- [2] Dane techniczne basenu TOSiR w Tarnowie, Projekty techniczne i architektoniczne basenu TOSiR w Tarnowie udostępnione przez Dyrektora obiektu, 2010.
- [3] Zestawienie kosztów energii w roku 2009, Materiały udostępnione przez przedstawiciela Miejskiego Przedsiębiorstwa Energetyki Ciepłej S.A. w Tarnowie, 2010.
- [4] Wachowicz A. "Konceptyjny projekt instalacji solarnej dla basenu TOSiR w Tarnowie." *Praca magisterska*. Biblioteka Wydziałowa Geologii Geofizyki i Ochrony Środowiska, Akademia Górniczo Hutnicza, Kraków, (nie opublikowana), 2011.
- [5] Małopolski Regionalny Program Operacyjny na lata 2007-2013, Załączniki Nr 1 do Uchwały Nr 780/07 Zarządu Województwa Małopolskiego, 2007.

POSSIBILITY OF APPLICATION SOLAR INSTALLATION FOR THE SWIMMING POOL TOSIR IN TARNOW.

SUMMARY

Due to deterioration of natural environment, global society is increasingly turning to renewable energy sources. An excellent example of its usage are solar installations. This paper presents conceptual design for a solar installation for swimming pool TOSIR in Tarnow city, designed mainly to support the preparation of hot water. Cost analysis of hot water and process water were presented, and also the results of research conducted to identify the daily demand for thermal energy for the swimming pool. Economic analysis in two variants with and without payback period of the funding were calculated.

Henryk WACHTA, dr inż.

Politechnika Rzeszowska
Katedra Energoelektroniki i Elektroenergetyki
ul. Wincentego Pola 2, 35-959 Rzeszów
e-mail: hwachta@prz.edu.pl

KREOWANIE PRZESTRZENNEGO POSTRZEGANIA OBIEKTÓW ZABYTKOWYCH W OŚWIETLENIU SZTUCZNYM NA PRZYKŁADZIE PARLAMENTU PROWINCJI ALBERTA W KANADZIE

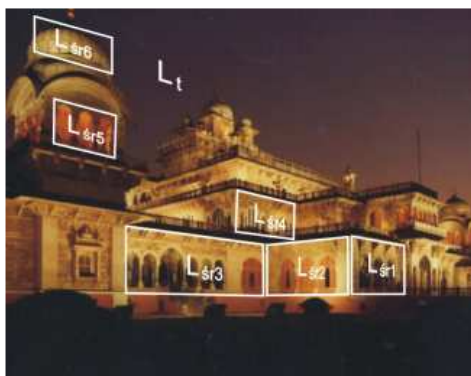
STRESZCZENIE

W referacie przedstawiono możliwości wzmacniania przestrzennego postrzegania obiektów architektonicznych w porze nocnej za pośrednictwem oświetlenia iluminacyjnego. Wstępnie omówiono środowiskowe (związane z oświetleniem naturalnym) przesłanki korzystnego rozkładu plam świetlnych w przestrzeni. Następnie zaproponowano wykorzystanie wybranych zasad iluminacji do akcentowania formy geometrycznej obiektu zabytkowego. Wreszcie na przykładzie obiektu rzeczywistego – Parlamentu Prowincji Alberta w Edmonton, zilustrowano praktyczne wykorzystanie zasad iluminacji, poprawiających jego przestrzenne postrzeganie. Prace prowadzono na drodze symulacji komputerowych, wykorzystujących format IES modeli reflektorów oraz uzyskane w wyniku obliczeń świetlnych rozkłady przestrzenne luminancji na iluminowanych powierzchniach obiektu.

1. WPROWADZENIE

Dominującą cechą iluminacji (zewnętrznego oświetlenia dekoracyjnego) jest kreowanie estetycznego obrazu obiektu w porze nocnej [8],[11]. Inne, techniczne i oświetleniowe wskazania, odnoszące się do prawidłowego funkcjonowania iluminacji są ważne, jednak posiadają mniejszą rangę. Czynniki estetyczne bazuje na innym niż naturalne (quasi punktowe) oświetlenie słoneczne. Jest nim najczęściej wielopunktowa instalacja iluminacyjna o zróżnicowanych kierunkach nacelowania reflektorów na powierzchnie obiektu oraz miejscach ich montażu [2]. Wobec powyższego istnieje duża swoboda tworzenia gry światłocienia na elementach wystroju obiektu architektonicznego. Obok tej niewątpliwie ko-

rzystnej (nieskrępowanej) możliwości pracy projektowej istnieje równolegle ewentualność wzmocnienia lub osłabienia przestrzennego postrzegania obiektu (rys.1.)



Rys.1. Iluminacja punktowa Albert Hall Museum w Jaipur w Indiach [6]
Fig. 1. The punctual illumination of The Albert Hall Museum in Jaipur in Indias [6]

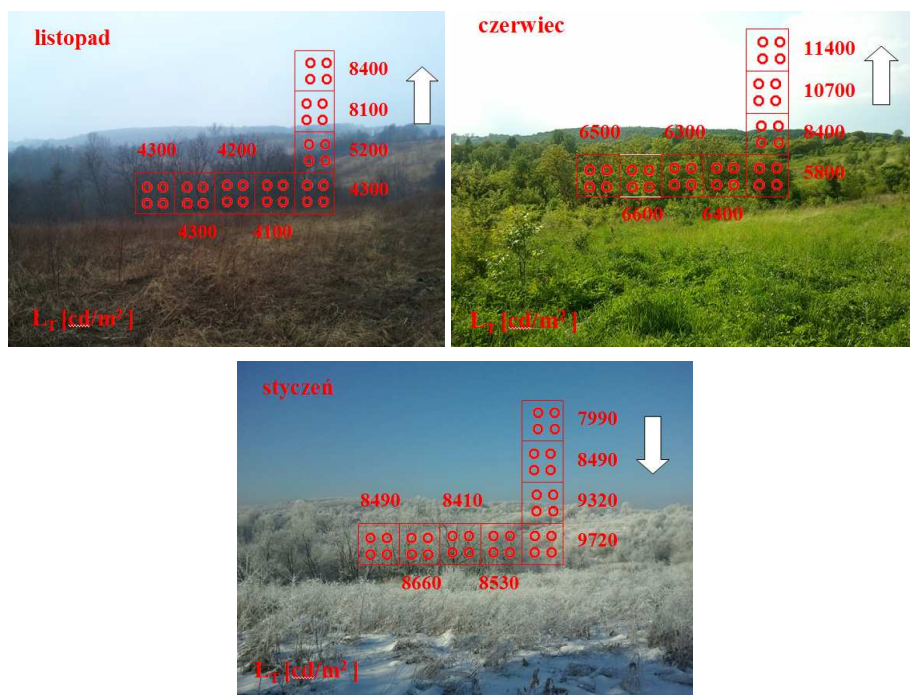
Dla wyodrębnionych powierzchni elewacji, związanych z różnymi grupami reflektorów, można uzyskiwać różne średnie wartości luminancji [3],[10]. Dla przedstawionego przykładu, niekorzystnym efektem optycznym byłoby np. takie samo rozświetlenie stref Lsr1 i Lsr4. Umowny obserwator mógłby dla przyjętego głównego – prostopadłego do frontonu kierunku obserwacji, postrzegać mylnie te dwa obszary jako jedną powierzchnię. To zdecydowanie wypaczałoby rzeczywistą geometrię obiektu oraz niekorzystnie wpływałoby na jego przestrzenne postrzeganie. Należy zatem poszukiwać możliwości luminancyjnego stopniowania akcentów świetlnych dla stref elewacyjnych - nie leżących w jednej płaszczyźnie odniesieniowej [7].

Proponuje się, dla rozpatrywanego przykładu, przyjęcie trzech relacji lokalizacyjnych powierzchni składowych elewacji: przemieszczenie powierzchni składowych w osi pionowej (rys.1.: Lsr1, Lsr4, Lsr5 oraz Lsr6 zgodnie z zasadą wzmacniania wysokości), przemieszczenie powierzchni składowych w osi poziomej (rys.1.: Lsr1 oraz Lsr3 zgodnie z zasadą wzmacniania głębi) oraz powierzchni do siebie prostopadłych (rys.1.: Lsr 1 oraz Lsr2). W dalszej, szczegółowej analizie, autor skoncentrował się na zasadzie wzmacniania głębi i wysokości [2],[8],[13],[14].

2. GŁÓWNE CECHY NATURALNEGO ŚRODOWISKA ŚWIETLNEGO

Źródeł przestrzennego postrzegania obiektów należy poszukiwać w środowisku oświetlenia naturalnego. Wynika to z faktu, iż aparat wzrokowy człowieka przystosowany jest głównie do aktywności w porze dziennej (widzenie fotopowe) [10],[12]. W tych warunkach, dla dobowego czasu analizy, obserwuje się znaczną dynamikę kierunkowości podania promieni słonecznych (kolinearnych), wynikających z biegu słońca po nieboskłonie (nieboskłon bezchmurny lub prawie bezchmurny występuje w Polsce średnio od 200 do 240 dni w roku). Tak więc nie należy oczekiwać utrwalenia się u obserwatora mechanizmów świetlnych związanych z dobowym ruchem słońca po nieboskłonie. Nieco

inaczej można analizować cechy środowiska świetlnego w rocznym czasie obserwacji (rys.2.)



Rys.2. Zmiany rozkładu luminancji środowiska naturalnego, oświetlonego światłem słonecznym, dla różnych pór roku

Fig. 2. The changes in schedule of natural environment luminance, lighted up with light of sun, at different seasons of the year

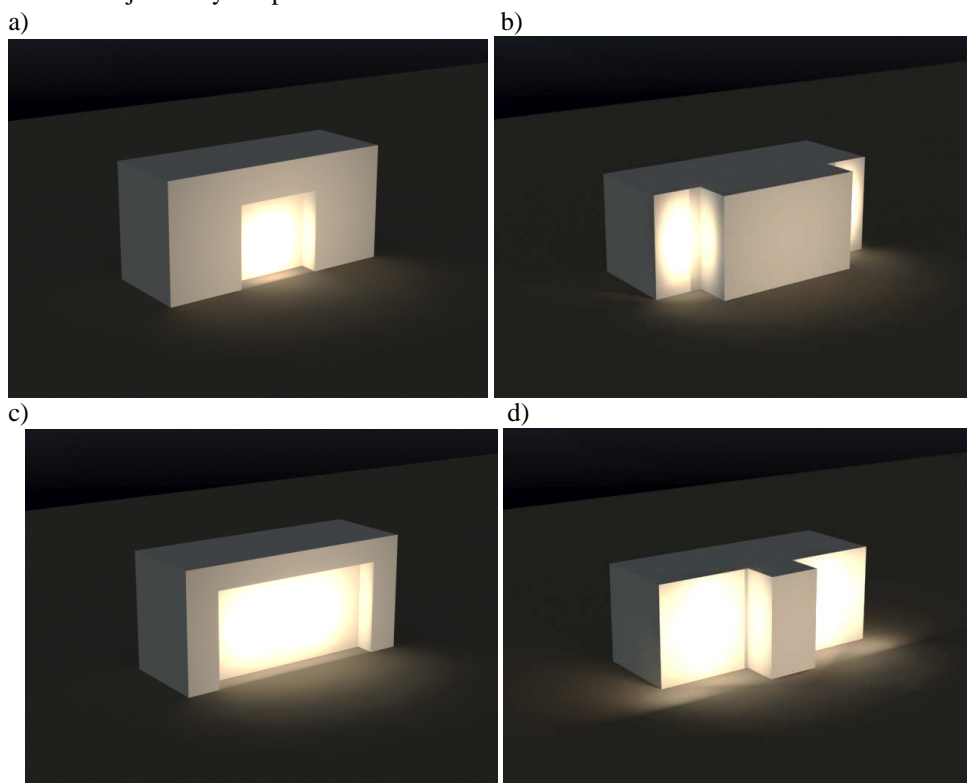
Łatwo zauważyć, iż naturalne środowisko świetlne, obejmujące nieboskłon i obszar leżący poniżej linii horyzontu, niezależnie od tego czy dotyczy nieba zachmurzonego (listopad) czy bezchmurnego (czerwiec), cechuje kierunkowość wzrostu średniej luminancji w osi pionowej od poziomu ziemi do nieboskłonu. Prowadzi to do wniosku, iż należy oczekiwać naturalnej skłonności obserwatorów preferowania iluminowania wyższych partii obiektów architektonicznych z wyższą średnią luminancją – zasada wzmacniania wysokości. Oczywiście incydentalnie może zaistnieć krótki okres czasu w ciągu roku, gdy ten mechanizm wzmacniania wysokości nie będzie odwzorowany – efekt odwrotny (rys.2. – styczeń).

Podobnie analiza bliższego i dalszego planu w obrębie horyzontu prowadzi do analogicznego wniosku: wraz ze wzrostem odległości obiektu od obserwatora należy oczekiwać wzrostu średniej luminancji obrazu – zasada wzmacniania głębi. Główną rolę takiego rozstrzygnięcia należy przypisać nieprzejrzystości powietrza, która tworzy warunki optycznego rozjaśnienia obiektów oddalonych od punktu obserwacji oraz znaczny udział relatyw-

nie wyższej luminancji tła nieboskłonu otaczającego obiekt w małym kącie bryłowym – obiekty oddalone od obserwatora.

3. ZASADA WZMACNIANIA GŁĘBI W ARCHITEKTURZE

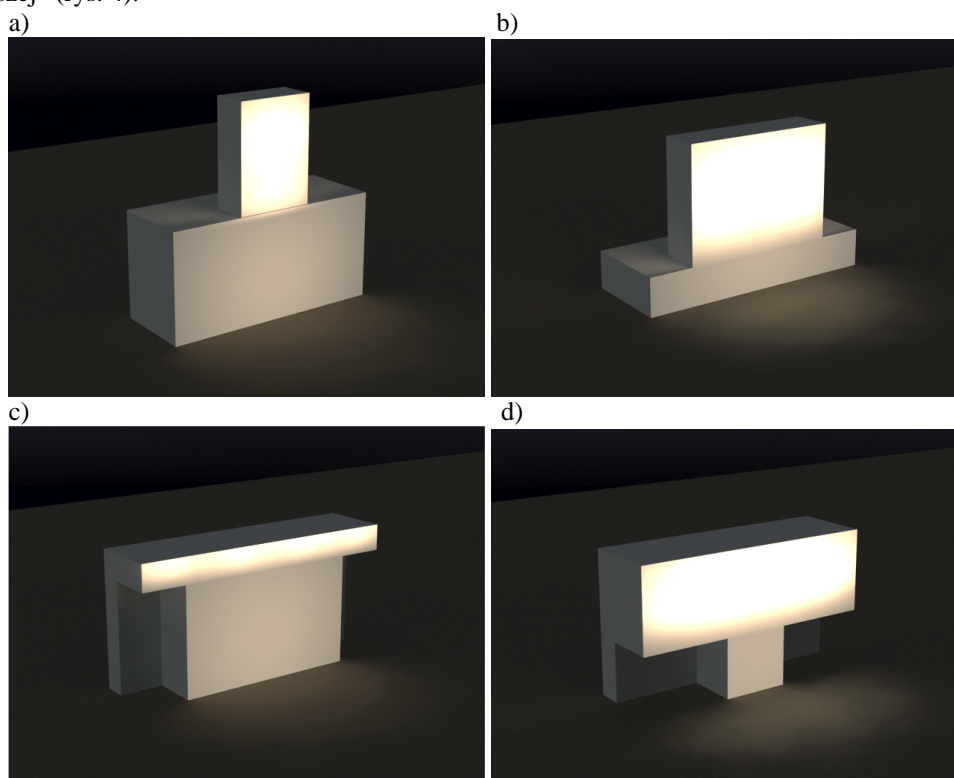
Analizowany mechanizm wzmocniania głębi można odnieść do czterech podstawowych rozwiązań przestrzennych obiektów architektonicznych (rys.3.). Dotyczą one: stosunku powierzchniowej strefy wysuniętej do strefy cofniętej oraz relacji stopnia zawierania się strefy cofniętej w strefie wysuniętej. Stosunkowo najczęstszymi przypadkami rzeczywistymi są przypadki „a” - loggie, attyki zabytków itp. oraz „b” – np. frontony kościołów trójnawowych itp.



Rys. 3. Ilustracja zasady wzmocnienia głębi: a) powierzchnia cofnięta jest w obrębie większej powierzchni wysuniętej, b) powierzchnia cofnięta jest poza obrębem większej powierzchni wysuniętej, c) powierzchnia cofnięta jest w obrębie mniejszej powierzchni wysuniętej, d) powierzchnia cofnięta jest poza obrębem mniejszej powierzchni wysuniętej
 Fig. 3. The illustration of the principle of depth strengthener: a) surface be retreating in grounds of larger surface advanced, b) surface be retreating apart from grounds of larger surface advanced c) surface be retreating in grounds of smaller surface advanced d) surface be retreating apart from grounds of smaller surface advanced

4. ZASADA WZMACNIANIA WYSOKOŚCI W ARCHITEKTURZE

Podobnie, dla zasady wzmocniania wysokości można wydzielić dwa przypadki geometryczne brył podstawowych, w których strefa wyżej ułożona ma większą powierzchnię od strefy niższej oraz dwa o odwrotnej relacji powierzchni „wyższej” i „niższej” (rys. 4).



Rys. 4. Ilustracja zasady wzmocnienia wysokości: a) powierzchnia górna mniejsza i węższa od dolnej, b) powierzchnia górna większa ale węższa od dolnej, c) powierzchnia górna mniejsza i szersza od dolnej, d) powierzchnia górna większa i szersza od dolnej

Fig. 4. The illustration of the principle of height strengthener: a) upper surface smaller and narrower than bottom, b) upper surface larger but narrower than bottom, c) upper surface smaller and wider than bottom, d) upper surface larger and wider than bottom

Zdecydowanie najliczniejszą reprezentację praktyczną znajduje wariant „a” w postaci wieży usytuowanej nad główną bryłą obiektu (cokoły wież kościelnych, dzwonnicy itp.)

5. PRAKTYCZNA REALIZACJA ILUMINACJI Z ZASTOSOWANIEM ZASADY WZMACNIANIA GŁĘBI ORAZ WYSOKOŚCI

Jako przykład praktycznych badań szczegółowych wybrano obiekt zabytkowy – Parlament Prowincji Alberta w Edmonton w Kanadzie (rys. 5). Istnieją dwa powody powyższego wyboru: pierwszy - obiekt posiada funkcjonującą aktualnie iluminację bez pełnej realizacji zasady wzmocnienia wysokości i głębi oraz drugi - możliwe jest wskazanie stref elewacji spełniających relacje przemieszczeń powierzchni wydzielonych względem siebie w osi pionowej i poziomej.



Rys. 5. Współczesna iluminacja Parlamentu Prowincji Alberta w Edmonton [5]
Fig. 5. The present illumination of Parliament of Alberta's Province in Edmonton [5]

Spełnienie zasady wzmocnienia wysokości wymagałoby, aby np. strefa cokołu wieży (rejon D4 na rys.6) oraz hełm wieży były oświetlone bardziej intensywnie niż środkowa, usytuowana poniżej tympaanonu strefa centralna fasady. Niestety aktualna iluminacja pozbawiona jest zupełnie oświetlenia wieży, co prowadzi do utraty spójności świetlnej obiektu i kłóci się z jego dziennym obrazem. Inną istotną zaletą podwyższonej średniej luminancji szczytowych partii budowli byłaby jej dobra widoczność z dalszych odległości. Zasada wzmocnienia głębi zrealizowana jest w aktualnej iluminacji jedynie częściowo. Co prawda zaznaczono akcentem świetlnym rejon wejścia głównego względem wysuniętej kolumnady, niemniej nie rozgraniczono optycznie fragmentów frontonu przemieszczonych względem siebie (rejony D2 z symetrycznymi D1 oraz D3 na rys.6).

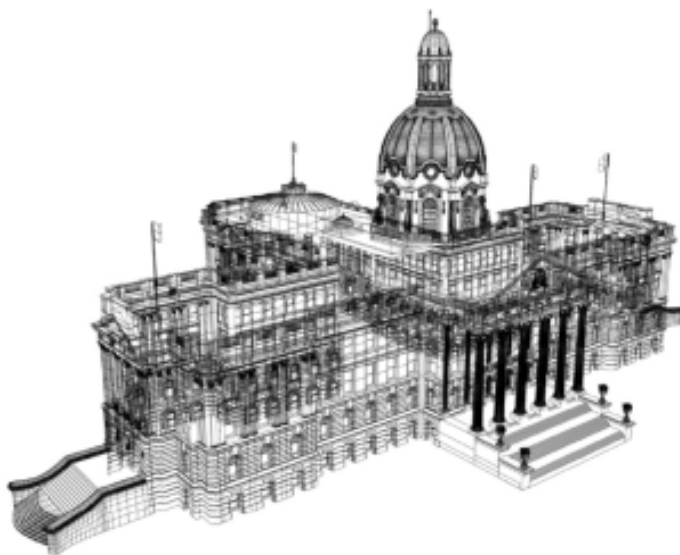
Także zupełnie pominięto na etapie tworzenia koncepcji iluminacji kwestię stosunkowo licznych, głębokich wnęk okiennych frontonu. Ostatecznie zdaniem autora zrealizowana iluminacja nie sprzyja korzystnej ocenie wizualnej detali architektonicznych usytuowanych na dalszych planach lub o małych rozmiarach kątowych oraz nie „inspiruje” aparatu wzrokowego obserwatora do penetrowania dalszych, równie atrakcyjnych, planów obiektu.



Rys. 6. Wyodrębnione główne strefy obiektu (D1, D2, D3 oraz D4), uczestniczące we wzmacnianiu zasady głębi i wysokości [4]

Fig. 6. The marked main parts of the building (D1, D2, D3 as well as D4), participating in strengthening the principle of the depth and the height [4]

Weryfikacja powyższych braków iluminacyjnych możliwa jest dzięki stosowanej z powodzeniem od kilkunastu lat komputerowej technice wizualizacyjnej.



Rys. 7. Komputerowy model geometryczny obiektu zabytkowego [1]

Fig. 7. The computer geometrical model of the antique building [1]

Wymagane jest jedynie stosowanie aplikacji wykorzystujących procedury obliczeniowe, odwzorowujące fizyczny opis biegu promieni świetlnych oraz ich reakcji z przeszkodami. Prace symulacyjne wykonano wieloetapowo.

Na wstępie należało wykonać komputerowy model obiektu z dokładnością uwzględniającą najbardziej restrykcyjne cechy zasady wzmacniania głębi i wysokości – w analizowanym przypadku rozumie się przez to możliwość kształtowania wrażenia przestrzeni poprzez rozświetlenie wnętrza okiennych elewacji (rys.7). W następnym kroku powleczono powierzchnie modelowanych elewacji materiałami odpowiadającymi rzeczywistym pierwowzorom. W ostatnim etapie po wczytaniu modeli reflektorów możliwa była wielowariantowa analiza tworzonej iluminacji w myśl sformułowanych postulatów (rys. 8). Nie koncentrowano się na opracowaniu zaleceń ilościowych odpowiadających rozpatrywanym zasadom iluminacji, gdyż wykracza to poza określony temat rozważań, niemniej problematyka będzie przedmiotem planowanych dalszych badań.



Rys. 8. Etapy tworzenia wizualizacji iluminacji fasady obiektu – widoczne strefy od lewej: etap modelu geometrycznego, etap powleczenia materiałowego oraz etap oświetlenia iluminacyjnego [1]

Fig. 8. The stages of creating the visualization of illumination of the facade of the object - the visible parts from left: the stage of geometrical model, the stage of bed-linen of material and the stage of the light illumination [1]

6. REZULTATY SYMULACJI WIZUALIZACYJNYCH

Ostatecznie wybrane rezultaty doboru reflektorów, ich parametrów fotometrycznych, miejsc montażu i nacelowania zostały przedstawione na rys.10 oraz 12. Dla porównania różnicy w przestrzennym odbiorze iluminacji zrealizowano wariant oświetlenia z ograniczonym wykorzystaniem zasady wzmacniania głębi (rys.9). Jako elementu weryfikacji ilościowej rozkładu średnich luminancji użyto pseudokolorystycznej wizualizacji luminancyjnej (rys.11) [9]. W odczuciu autora zaproponowana iluminacja zdecydowanie korzystniej niż aktualna prezentuje formę obiektu, czyni go bardziej plastycznym, korzystniej rozkłada akcenty świetlne, ogniskujące uwagę obserwatora.



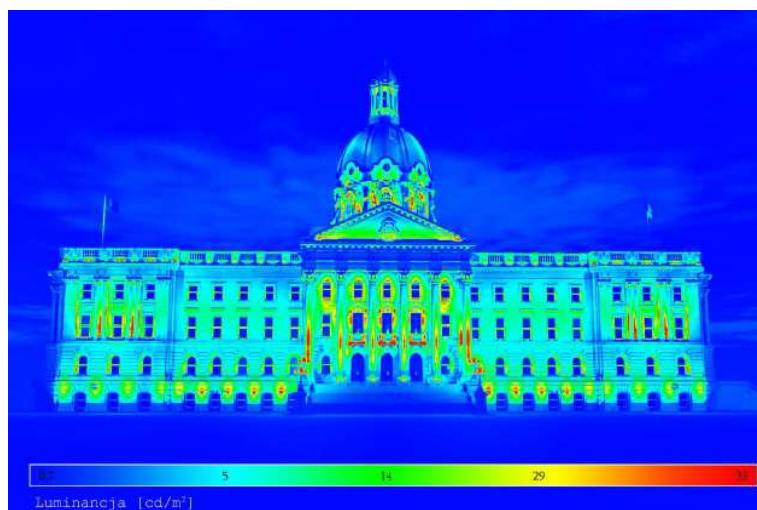
Rys. 9. Oświetlenie zalewowe – spłaszczające geometrię fasady (wizualizacja komputerowa) [1]

Fig. 9. The Surface Lighting - flattening the geometry of the facade (the computer visualization) [1]



Rys. 10. Oświetlenie strefowe – uwypuklające geometrię fasady (wizualizacja komputerowa) [1]

Fig. 10. The Parts Lighting - convex the geometry of the facade (the computer visualization) [1]



Rys. 11. Kontrolna rola analizy rozkładu luminancji, uzyskanego w wyniku obliczeń świetlnych zastosowanej aplikacji graficznej [1]

Fig. 11. Supervisory part of the analysis of schedule luminance, got in result of the lighting calculations of applied graphic application [1]



Rys. 12. Finalna wizualizacja iluminacji uwzględniająca postulaty zasady wzmocnienia głębi oraz wysokości [1]

Fig. 12. The Final visualization of illumination, taking into account the postulates of the principle of strengthen the depth as well as the height [1]

7. PODSUMOWANIE

Zrealizowana praca pozwala na sformułowanie kilku wniosków o charakterze ogólnym.

1. Tworzenie atrakcyjnego, nocnego obrazu obiektu należy planować z uwzględnieniem naturalnych preferencji wzrokowych mających swe odniesienie w oświetleniu dziennym.
2. Zakreślone przez badaczy-oświetleniowców ramowe zasady iluminacji należy adaptować każdorazowo do warunków geometrycznych poszczególnych obiektów.
3. Specjalizowane pakiety symulacyjne są nieodzownym narzędziem do wielowariantowych badań szczegółowych, mających na celu opracowanie najbardziej korzystnego sposobu iluminacji obiektu (jego przestrzennego eksponowania).
4. Stosowalność zasady wzmacniania głębi i wysokości może być ograniczona warunkami lokalizacyjnymi sprzętu oświetleniowego, cechami odbić promieni świetlnych od elewacji oraz lokalnymi uwarunkowaniami np. restrykcyjne zalecenia imisji świetlnej.
5. Obszar analogicznych badań należałoby rozszerzyć o stosowanie zasady akcentowania ścian prostopadłych.
6. Ilościową ocenę zasady wzmacniania głębi oraz wysokości, poza subiektywnym wyborem projektanta, należałoby rozszerzyć o element badań statystycznych związanych ze „społecznym” odbiorem przestrzennym iluminacji.

8. LITERATURA

- [1] Autorskie wizualizacje komputerowe, wykonane w ramach prac Koła Naukowego ELEKTROENERGETYK, działającego przy Katedrze Energoelektroniki i Elektroenergetyki Politechniki Rzeszowskiej.
- [2] CIE Technical Report No 94 – Guide for floodlighting.
- [3] Egan M. David, Olgyay W. Victor, Architectural Lighting, McGraw-Hill Companies, New York 2002.
- [4] [http:// culture.alberta.ca/about/emblems/legislative.aspx](http://culture.alberta.ca/about/emblems/legislative.aspx)
- [5] <http://www.photosot.com/legislature-buildings-in-winter-edmonton-alberta/>.
- [6] http://en.wikipedia.org/wiki/File:Albert_hall_original.JPG
- [7] PN-90/E-01005 Technika Świetlna, Terminologia.
- [8] Ratajczak J.: Oświetlenie iluminacyjne obiektów architektonicznych, Wydawnictwo Politechniki Poznańskiej, Poznań 2009.
- [9] TechnikaŚwietlna'09, Poradnik – Informator, Warszawa 2009.
- [10] The Illuminating Engineering Society of North America: Lighting Handbook. Reference and Application. Publications Department IESNA. New York 2000.
- [11] Żagan W.: Iluminacja obiektów. Oficyna Wydawnicza Politechniki Warszawskiej. Warszawa 2003.
- [12] Żagan W: Podstawy techniki świetlnej. Oficyna Wydawnicza Politechniki Warszawskiej Warszawa 2005.
- [13] Krupiński R.: Modelowanie 3d dla potrzeb iluminacji obiektów. Oficyna Wydawnicza Politechniki Warszawskiej, Warszawa 2011.

- [14] Brzozowski S.: Oświetlenie elewacji budynków. Technika Świetlna 96, Poradnik – Informator.

Praca została zrealizowana z wykorzystaniem aparatury zakupionej w wyniku realizacji Projektu nr POPW.01.03.00-18-012/09 „Rozbudowa infrastruktury naukowo-badawczej Politechniki Rzeszowskiej” współfinansowanego ze środków Unii Europejskiej w ramach Programu Operacyjnego Rozwój Polski Wschodniej 2007- 2013, Priorytet I. Nowoczesna Gospodarka, Działanie 1.3 Wspieranie innowacji.

THE PARLIAMENT OF ALBERTA'S PROVINCE IN CANADA AS THE EXAMPLE OF THE CREATING THE SPATIAL PERCEPTION OF ANTIQUÉ BUILDINGS IN ARTIFICIAL LIGHTING

SUMMARY

The author in present paper refers to the possibility of strengthening the spatial perception of the architectural buildings at night with a mediation of illumination lighting. It was initially talked over the environmental and (connected with natural lighting) the premise of profitable schedule of light spots in space. Then the author proposed exploiting the chosen principles of illumination to accentuation the geometrical model of the antique building. The practical use of the principles of illumination, adjusting the spatial perception, was illustrated then with the example of the real building – The Parliament of Alberta's Province in Edmonton. The works were realized with the computer simulations with use of the IES models of the reflectors, and also with got in results of the lighting calculations, the spatial schedules of luminance on the illuminated surfaces of the building.

Henryk WACHTA, dr inż.

Politechnika Rzeszowska
Katedra Energoelektroniki i Elektroenergetyki
ul. Wincentego Pola 2, 35-959 Rzeszów
e-mail: hwachta@prz.edu.pl

ODWZOROWANIE GRAFICZNE ANTYCZNEGO KOMPLEKSU SAKRALNEGO W JEROZOLIMIE Z WYKORZYSTANIEM KOMPUTEROWYCH APLIKACJI WIZUALIZACYJNYCH

STRESZCZENIE

W prezentowanym referacie autor przedstawił aktualne wyniki prac obejmujących komputerowe odwzorowanie antycznej Świątyni Jerozolimskiej. Wykorzystując współczesne możliwości graficzne aplikacji komputerowych został wykonany wirtualny model geometryczny Świątyni z sąsiadującą zabudową. Przygotowany materiał przeanalizowano pod kątem możliwości realizacji w przyszłości sekwencji animacyjnych oraz wykorzystania technologii interaktywnych. Wspomniane techniki są znakomitym narzędziem prezentacji nieistniejących współcześnie pomników dziedzictwa kulturowego ludzkości.

1. WPROWADZENIE

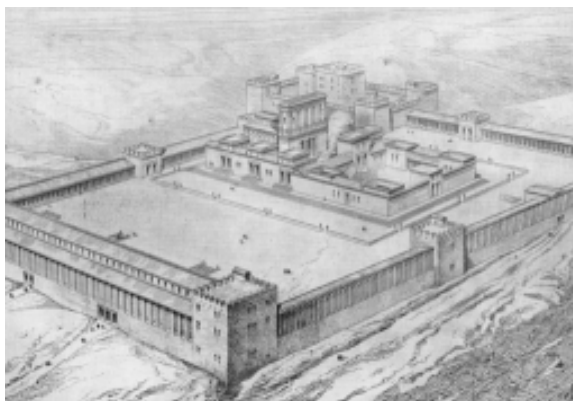
Z dużym powodzeniem realizowane są współcześnie projekty angażujące technikę informatyczną w obszar badań archeologicznych, historii i architektury. Dzięki „rzeczywistości wirtualnej” możliwe jest przywołanie z przeszłości nieistniejących już budowli czy wręcz miast. Od połowy ubiegłego roku Muzeum Historii Miasta Krakowa udostępniło zwiedzającym komputerową, historyczną rekonstrukcję miasta z XVII w. pod nazwą Cracovia 3D [8]. Stało się to po kilku latach wytężonej pracy dużego zespołu informatyków, architektów, historyków architektury i archeologów. Podobne przedsięwzięcia podejmowane są coraz częściej z wykorzystaniem najnowszych technik animacyjnych czy wręcz interakcyjnych – stosowanych dotąd głównie w grach komputerowych. Możliwe jest przeniesienie komputerowych doświadczeń rekonstrukcyjnych średniowiecznych rynków miast na budowlę o randze międzynarodowej.

Wśród nich bez wątpienia znajduje się Antyczna Jerozolima – centrum cywilizacji oraz centrum kultu trzech religii. Wyzwanie rekonstruktorskie jest o tyle trudniejsze, gdyż

do współczesnych czasów zachował się jedynie fragment muru Świątyni Jerozolimskiej (muru herodiańskiego), zniszczonej doszczętnie przez Rzymian w 70 r.n.e.[9]. Z punktu widzenia rangi Świątyni Jerozolimskiej, najciekawszy jest okres po przebudowie na przełomie er - za panowania Króla Judei Heroda Wielkiego.

2. DOSTĘPNE WSÓLCZEŚNIE METODY PREZENTACJI ANTYCZNEJ ŚWIĄTYNI JEROZOLIMSKIEJ

Przed erą komputerów badacze czasów antycznych rekonstruowali Świątynię, korzystając z materiałów opisowych, badań archeologicznych itp. Finalnie powstawały szkice o stosunkowo małej atrakcyjności estetycznej i poznawczej oraz dostępności (rys.1).



Rys.1. Próba graficznej wizualizacji Świątyni Jerozolimskiej [12]
Fig. 1. The trial of graphic visualization of The Jerusalem Temple [12]

Precyzyjne odtworzenie elementów środowiska naturalnego (ukształtowania terenu, rozkładu cieni pochodzących od światła naturalnego, kolorystyki i faktury murów nie było możliwe. Te wady eliminowała inna technika rekonstrukcyjna – technika makiet wykonanych w skali. Aktualnie w Jerozolimie funkcjonuje kilka rozbudowanych – wciąż uaktualnianych makiet Świątyni Jerozolimskiej wraz z całą otaczającą ją zabudową w obrębie murów obronnych miasta (rys.2) [3]. Makieta eliminuje wady, które wymieniono wcześniej, jednak wymusza możliwość analizy struktury zabudowy wyłącznie z zewnątrz murów okalających miasto oraz prezentuje poszczególne obiekty w dużym uproszczeniu (skali). Zdecydowanie największe rekonstrukcyjne możliwości niesie z sobą technika cyfrowego wizualizowania. Obecnie stale podejmowane są mniej lub bardziej udane próby odtworzenia w rzeczywistości komputerowej fragmentu zabudowy Jerozolimy lub jej najcenniejszych obiektów a nawet całego miasta [4], [6], [7].



Rys.2. Współczesne próby odtworzenia Świątyni wraz z sąsiadującą zabudową Jerozolimy w postaci makiety [3],[6]

Fig. 2. The present trial of reproducing The Jerusalem Temple with adjacent buildings of Jerusalem in the figure of model [3],[6]

Osobną kwestią jest ocena wiarygodności tych wirtualnych prezentacji. Analizując dostępne realizacje można dostrzec różne poziomy uszczegółowienia detali architektonicznych, zróżnicowany poziom rzetelności odtworzenia faktury murów itd. Należy przypuszczać, iż ten stan rzeczy wynika z różnego poziomu przygotowania historycznego i architektonicznego zespołów wykonawczych tych prezentacji, ewentualnie ograniczonych możliwości konsultowania ze specjalistami zagadnień szczegółowych. Istnieje zatem potrzeba - wyzwanie wykonania precyzyjnego modelu świątynnego, odpowiadającego współczesnej wiedzy historycznej, wiernego odwzorowania środowiska naturalnego oraz zastosowanie współczesnych zdobyczy grafiki komputerowej.

3. WYKORZYSTANIE GAFIKI KOMPUTEROWEJ DO WIZUALNEGO ODTWORZENIA ŚWIĄTYNI JEROZOLIMSKIEJ

Korzystając z udostępnionych danych historycznych zrealizowano pierwszy etap podjętego planu rekonstrukcji całej antycznej Jerozolimy [12]. Komputerowemu odwzorowaniu przyporządkowano cztery cechy. Pierwszą jest wystarczająco dokładne odtworzenie topografii terenu (wzgórza Moria) za pomocą powierzchniowego modelu węzłowego [11]. Analogicznie zrealizowano cechę drugą, czyli odtworzenie geometrycznej struktury zabudowy dwu dziedzińców świątynnych oraz samej Świątyni z ołtarzem całopalenia [2], [10], [11]. Rezultaty bieżącego etapu prac wizualizacyjnych przedstawiono na rys.3 oraz rys.4. Kolejną dostępną techniką modelowania graficznego pozwoliła w sposób bardzo realistyczny wizualizować zniszczone czy stare elementy budowli oryginalnej – metoda warstwowa. Pozwala też za pomocą techniki „bumpmapowania” odwzorowywać skomplikowane detale architektoniczne i zdobienia [2], [10], [11]. Ostatnią cechą jest uzupełnienie sceny modelowej oświetleniem imitującym światło dzienne (zdefiniowana kierunkowość padania promieni świetlnych, barwa światła).



Rys. 3. Wizualizacja Świątyni Jerozolimskiej, widok z kierunku południowo-wschodniego [1]
Fig. 3. The visualization of The Jerusalem Temple – the view from south-east direction [1]



Rys. 4. Wizualizacja Świątyni Jerozolimskiej – widok z kierunku północno-zachodniego [1]
Fig. 4. The visualization of The Jerusalem Temple, the view from north-west direction [1]

4. PERSPEKTYWY WZBOGACENIA FUNKCJI CYFROWEGO ZAPISU MODELU OBIEKTU

Stale udoskonalane aplikacje graficzne oferują coraz doskonalsze procedury modelowania. Ten trend obejmuje też moduł oświetlenia naturalnego [13],[14]. W zrealizowanych wizualizacjach zamodelowano oświetlenie naturalne ściśle odpowiadające naturalnemu biegowi słońca po nieboskłonie nad Jerozolimą, w wyznaczonym czasie i porze roku [5]. Tak więc rozkład światłocienia w obrębie zabudowy świątynnej jest odwzorowaniem tego antycznego – naturalnego.



Rys.5. Komputerowa wizualizacja Świątyni Jerozolimskiej – widok z dziedzińca kobiecego na Bramę Nicanora [1]

Fig. 5. The computer visualization of The Jerusalem Temple - the view at the Nicanora Gate from feminine courtyard [1]

Innym istotnym walorem, o który planuje się wzbogacić możliwości prezentacji wizualizacyjnej jest element animacji. Może to być klasyczne definiowanie ścieżki ruchu kamery, z jej ewentualnym obrotem (zrealizowano analogiczną testową sekwencję animacyjną). Animacja może też obejmować szczegółową analizę formy i funkcji zabudowy, w których zrozumieniu może znakomicie pomóc. Może też być wykorzystana w „ożywieniu” wirtualnej sceny, gdzie poruszające się postacie upodobnią obserwowany obiekt do rzeczywistego, tętniącego życiem antycznego kompleksu sakralnego. Warto też, przy okazji wykonywania animacji, dołączyć do prezentacji ścieżkę dźwiękową z np. komentarzem naukowym lub popularno-naukowym - odpowiednio do potrzeb. Wreszcie można przystosować model obiektu do pracy interaktywnej, gdzie widz może w czasie rzeczywistym swobodnie, zgodnie z własnym wyborem, przemieszczać się wewnątrz „wirtualnego „świata”. Ten nowoczesny typ dwukierunkowej komunikacji z aplikacją wykorzystywany jest z powodzeniem w grach komputerowych [2].

5. PODSUMOWANIE

Ocena zrealizowanego, pierwszego etapu prac pozwala wyprowadzić wniosek, że przy dużych możliwościach obliczeniowych dostępnego obecnie sprzętu komputerowego, (ewentualność pracy sieciowej zespołu jednostek komputerowych) możliwe będzie odtworzenie w przyszłości całej zabudowy jerozolimskiej zlokalizowanej w obrębie murów, z dużym – niespotykanym dotąd poziomem odwzorowania detali. Wydaje się, iż możliwe będzie również zastosowanie bardzo atrakcyjnej w odbiorze - wersji interaktywnej. Warto zauważyć, iż mimo znanej i stosowanej od dłuższego czasu techniki wizualizowania 3D, dopiero dynamiczny rozwój technologii informatycznej (zwiększenie pamięci operacyjnej i szybkości pracy procesorów) stworzył warunki odwzorowania bardzo rozbudowanych

struktur przestrzennych oraz modelowania biegu promieni świetlnych z uwzględnieniem złożonych procesów odbić wielokrotnych.

6. LITERATURA

- [1] Autorskie wizualizacje komputerowe, wykonane w ramach prac Koła Naukowego ELEKTROENERGETYK, działającego przy Katedrze Energoelektroniki i Elektroenergetyki Politechniki Rzeszowskiej.
- [2] A. Ross, M. Bousquet, "3ds max 5. Projekty i rozwiązania", Gliwice 2004.
- [3] Dokumentacja fotograficzna - dr hab. Urszula Szwarz, prof. KUL.
- [4] <http://www.sephirot.com/temple.html>. -- interaktywne, całe miasto
- [5] <http://www.nrel.gov/midc/solpos/>.
- [6] http://en.wikipedia.org/wiki/File:Jerusalem_Modell_BW_2.JPG.
- [7] <http://stwarzanie.wordpress.com/2011/04/16/wizualizacje-przybytku-i-swiatyni-w-jerozolimie/>.
- [8] <http://www.mmkrakow.pl/370196/2011/5/6/cracovia-d--tak-przez-wieki-zmienialo-sie-miasto-zdjecia-wideo?category=kultura>
- [9] http://pl.wikipedia.org/wiki/%C5%9Aciana_P%C5%82aczu
- [10] J. A. Bell, "3ds max 6, Skuteczne rozwiązania", Gliwice 2004.
- [11] K. L. Murdock, "3ds Max 8 Bible", Hoboken NJ 2006.
- [12] Materiały historyczne udostępnione przez dr hab. Urszuli Szwarz, Profesor KUL.
- [13] Mielicki J., Zarys wiadomości o barwie. Fundacja rozwoju Polskiej Kolorystyki, Łódź 1997.
- [14] Zagan W., Podstawy techniki świetlnej. Oficyna Wydawnicza Politechniki Warszawskiej, Warszawa 2005.

Praca została wykonana z wykorzystaniem aparatury zakupionej w wyniku realizacji Projektu: "Budowa, rozbudowa i modernizacja bazy naukowo-badawczej Politechniki Rzeszowskiej", współfinansowanego ze środków Unii Europejskiej w ramach Regionalnego Projektu Operacyjnego Województwa Podkarpackiego na lata 2007-2013, Oś priorytetowa 1 – Konkurencyjna i innowacyjna gospodarka.

THE GRAPHIC MODEL OF ANTIQUE SACRAL COMPLEX IN JERUSALEM WITH USE OF THE VISUALIZATIONING COMPUTER APPLICATIONS

SUMMARY

The author in present paper introduced the current results of works enclosing the computer graphic model of the antique Jerusalem Temple. The virtual geometrical model of The Jerusalem Temple and the adjacent buildings were realized with the use of the present possibilities of the graphic computer applications. The prepared material was analyzed and adapted to the possibility of realization the animation sequences, as well as to exploit interactive technologies in the future. The mentioned techniques are excellent tools of introductions the antique, non-existing contemporarily monuments of cultural heritage of mankind.

Henryk WACHTA, dr inż.

Politechnika Rzeszowska
Katedra Energoelektroniki i Elektroenergetyki
ul. Wincentego Pola 2, 35-959 Rzeszów
e-mail: hwachta@prz.edu.pl

WYKORZYSTANIE METODY KONTRASTU BARWOWEGO W ILUMINOWANIU STREFOWYM OBIEKTÓW ZABYTKOWYCH NA PRZYKŁADZIE BAZYLIKI SANTA MARIA MAGGIORE W RZYMIE

STRESZCZENIE

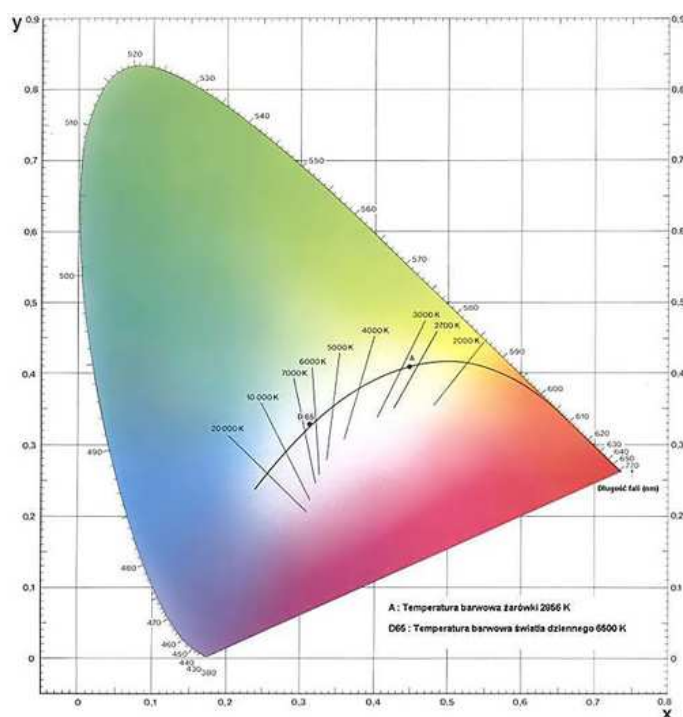
Tematyka referatu związana jest z dziedziną techniki świetlnej, obejmującą zagadnienia barwy w tworzeniu akcentów świetlnych. Zróżnicowanie barwowe pierwotnych promienników światła lub zastosowanie filtrów barwnych pozwala na skuteczne wzmacnianie kontrastu pomiędzy tłem a iluminowanym obiektem. Jest to zastępcza forma wobec powszechnie stosowanego w iluminacji kontrastu luminancji, uzyskiwanego przez specyfikowanie źródeł światła o różnych mocach. Na przykładzie propozycji iluminacji Bazyliki Santa Maria Maggiore w Rzymie, przeprowadzono badania możliwości barwnego akcentowania wybranych stref obiektu. Badania skoncentrowano na problematyce użycia źródeł światła bez filtrów barwnych (ryzyko dużych strat strumienia świetlnego przenikającego filtr barwny).

1. WPROWADZENIE

Klasyczne metody iluminacji opierają się na tworzeniu akcentów świetlnych poprzez wykorzystanie opraw oświetleniowych ze źródłami światła o zróżnicowanych mocach (strumieniu świetlnym). Zatem na tło o niższym poziomie luminancji – często jest to iluminacja konturowa, nakładane są mocniejsze plamy świetlne reflektorów wąskostrumieniowych, tworzące punkty ogniskowe [1], [7]. Ten klasyczny typ iluminowania bazuje na kontraście luminancji. Coraz częściej wykorzystywany jest drugi mechanizm identyfikacji obrazu, wykorzystujący kontrast barwy. Jego idea polega na oświetleniu tła oraz obiektu różną barwą światła [5].

Kluczową kwestią pozwalającą na skuteczne wykonanie tego zadania jest dostępność źródeł światła o możliwie różnych rozkładach widmowych promieniowania optycznego. Oczywiście możliwe i stosowane w praktyce jest wyposażanie reflektorów w filtry barwne, deformujące barwowo wyjściową wiązkę świetlną. Jednak w rozbudowanych instalacjach iluminacyjnych takie rozwiązanie podnosi koszty eksploatacyjne (dość duża pochłaniania strumienia świetlnego źródła światła przez filtr barwny [13].

Korzystniejszym rozwiązaniem jest zastosowanie asortymentu źródeł światła składającego się z np.: lamp sodowych (temperatura barwowa ok. 2100 K – barwa ciepła), lamp metalohalogenkowych (temp. barwowa ok. 4200 K – barwa neutralna) czy lamp rtęciowych (temp barwowa ok. 4800 K) [6]. Rozmieszczenie tych barw na wykresie chromatyczności można zlokalizować na rys.1.



Rys. 1. Wykres chromatyczności z naniesionym zakresem barw źródeł światła [3]

Fig. 1. The graph of chromaticity with plotted the hue range of the lighting sources [3]

Zatem różnice barw wymienionych niektórych źródeł światła są na tyle duże, iż mogą tworzyć czytelny kontrast barw iluminacji [8],[9].

2. WYBÓR OPIEKTU RZECZYWISTEGO DO DAJSZYCH PRAC SZCZEGÓŁOWYCH

Iluminacje oparte na kontraście barw najkorzystniej jest planować w odniesieniu do obiektów posiadających niejednorodną barwowo elewację. Można wówczas przyporządkować każdemu z uczestniczących w analizie barwnej materiałów źródło światła podkreślające jego barwę. Przykładowo ceglany materiał elewacyjny najkorzystniej będzie iluminować źródłami sodowymi o barwie cieplej. Efekt optyczny takiego działania jest bez wątpienia satysfakcjonujący, bez ryzyka przekłamania barwy elewacji oświetleniem iluminacyjnym. Inne występujące w strukturze materiałowej elewacji pokrycie – np. piaskowiec należałoby iluminować światłem zimniejszym np 4200-4600 K. Obiektem rzeczywistym, spełniającym powyższe postulaty, który wybrano do badań kontrastu barwowego, jest Bazylika Santa Maria Maggiore w Rzymie (rys.2).



Rys. 2. Bazylika Santa Maria Maggiore w Rzymie – stan obecny [2]

Fig. 2. The Basilica di Santa Maria Maggiore in Rome – the present state [2]

Centralną strefę frontonu wypełnia loggia, która w swej zewnętrznej części posiada białą kolorystykę – wyraźnie odcinającą się od pozostałego fragmentu budowli. Dodatkowo loggia wewnątrz posiada ciemniejszą barwę, zawdzięczając to liczным malowidłom ściennym i zdobieniom. Przystępując do projektowania iluminacji z wykorzystaniem kontrastu barwy, należałoby tę kompozycję barw materiałów elewacyjnych zachować.

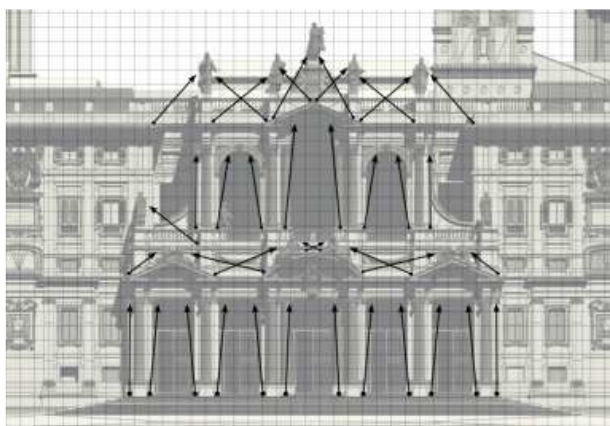
3. KONCEPCJA REALIZACJI KONTRASTU BARWY

Dobór barwy źródeł światła oraz ich najkorzystniejsze miejsca mocowania przeprowadzono w środowisku modelu komputerowego loggii Bazyliki (rys.3.) [4].



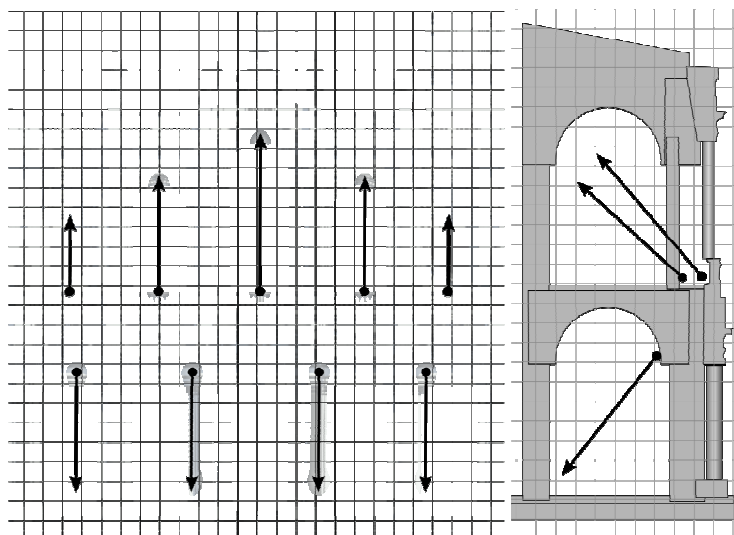
Rys. 3. Komputerowe odwzorowywanie geometrii loggii Bazyliki [10]
 Fig. 3. The computer model of the geometry of loggia of Basilica [10]

Dla zewnętrznych powierzchni logii (widok pierwszego planu) najkorzystniej było zaproponować instalowanie grupy reflektorów ze źródłami metalohalogenkowymi o barwie neutralnej. Ich lokalizacja i nacelowanie (oznaczone odpowiednio punktem i grotem) umożliwiły ponadto estetyczną ekspozycję bogatych zdobień frontonu (rys.4).



Rys. 4. Przyjęta lokalizacja reflektorów iluminujących pierwszy plan obrazu obiektu [10]
 Fig. 4. The proposal of location of reflectors illuminating the first plan of the building [10]

Zamierzony kontrast barwy możliwy był do osiągnięcia przez rozświetlenie wnętrza loggi inną – cieplejszą barwą. Reflektory, dla uzyskania możliwie dużych równomierności oświetlenia, zostały wyposażone w układy optyczne, formujące szerokie rozsyły strumienia świetlnego oraz przemieszczone możliwie najdalej od wewnętrznej ściany logii. (rys. 5).



Rys. 5. Proponowana lokalizacja reflektorów iluminujących drugi plan obrazu obiektu [10]

Fig. 5. The proposal of location of reflectors illuminating the second plan of the building [10]

Dodatkowo, duży poziom równomierności oświetlenia przestrzeni wewnątrz loggii zapewnią odbicia wielokrotne promieni świetlnych reflektorów, kierowanych na pierwszej kondygnacji ku wejściom do Bazyliki, natomiast na drugiej kondygnacji ku sklepieniu. W odróżnieniu od reflektorów pierwszego planu iluminowanie akcentowe wnętrza loggii nie przyniosłoby korzystnego efektu estetycznego.

4. ETAP EKSPERYMENTU WIZUALIZACYJNEGO

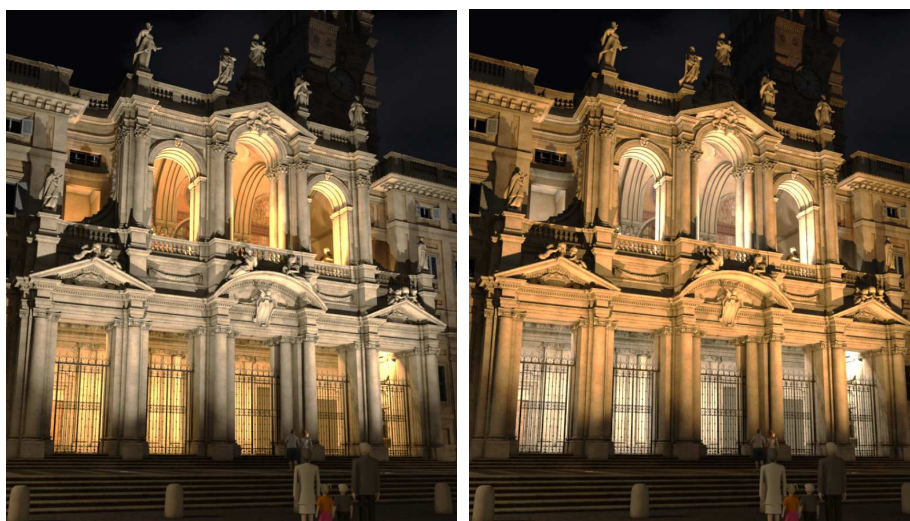
Powyższe zamierzenia koncepcyjne zrealizowano korzystając z przygotowanego modelu komputerowego loggii. Zaproponowano dwa warianty iluminacji wnętrza loggii z przyjętymi skrajnymi temperaturami barwowymi zastosowanych źródeł światła (rys.6). Krytyczna ocena uzyskanych wizualizacji prowadzi zdaniem autora do wniosku, iż zdecydowanie korzystniejszym rozwiązaniem jest iluminowanie wewnętrznych ścian loggii światłem ciepłym, korespondującym z kolorystyką bogatych zdobień i malowideł.

W następnym kroku dla uzyskania kontrastu barwy doświetlono zewnętrzne powierzchnie loggii, przyjmując zasadę doboru do ciepłej barwy wnętrza neutralną barwę pierwszego planu iluminacji loggii i odwrotnie (rys.7) Również w tym przypadku przypisanie barwy neutralnej źródła światła do jasnej barwy pierwszego planu loggii przynosi najkorzystniejszy efekt optyczny. Wnętrza loggii należało dodatkowo rozpatrywać pod kątem rozróżnialności barw naniesionych na ściany malowideł. Zatem specyfikowane do projektu źródła metalohalogenkowe powinny cechować się również wysokim wskaźnikiem oddawania barw Ra [11], [12].



Rys. 6. Warianty iluminowania wnętrza loggii barwą ciepłą oraz barwą neutralną [10]

Fig. 6. The variants of illuminating the interior of loggia with warm hue and neutral hue [10]



Rys. 7. Iluminacja pierwszego planu fasady światłem neutralnym oraz ciepłym [10]
Fig. 7. The proposal of surface illuminating of the first plan of facade with warm light and neutral light [10]

5. KOMPLEKSOWA ILUMINACJA BAZYLIKI SANTA MARIA MAGGIORE Z ELEMENTAMI KONTRASTU BARWY

Tworząc kompleksową iluminację Bazyliki oraz uwzględniając dodatkowe kryteria prawidłowego projektowania oświetlenia dekoracyjnego (poziomu luminancji tła, głów-

nych kierunków obserwacji itd.), wykorzystano mechanizm kontrastu barwy w odniesieniu do innych stref obiektu: cokołu wieży zegarowej i okien wieży, hełmu wieży i cokołu wieży zegarowej oraz bogatych zdobień boków fasady. Ostateczny rezultat pracy został przedstawiony na renderingu komputerowym (rys. 8).



Rys. 8. Końcowa propozycja iluminacji Bazyliki Santa Maria Maggiore z zastosowaniem kontrastu barwy [10]

Fig. 8. The final proposal of the hue contrast method of illuminating the Basilica [10]

6. PODSUMOWANIE

Przeprowadzone próby symulacyjne potwierdzają dużą użyteczność mechanizmu kontrastu barwy w pracach projektowych iluminacji. Na płaszczyźnie oceny estetycznej bez wątplenia atutem tej metody jest mały stopień przekształcania barw materiałów elewacyjnych. Na poziomie ekonomicznym, w odróżnieniu do filtrów barwnych, można uzyskiwać kontrast pomiędzy tłem a akcentem plamy świetlnej bez zwiększania strumienia świetlnego źródła światła. Dzięki temu wyeliminuje się niepożądaną konieczność zwiększenia mocy zainstalowanych źródeł światła. Dynamiczny rozwój technologii źródeł światła będzie z pewnością sprzyjać poszerzeniu dostępnego zakresu barwowego promienników iluminacyjnych. Należy oczekiwać zatem zrównania użyteczności kontrastu luminancji z kontrastem barwy w zastosowaniach iluminacyjnych.

7. LITERATURA

- [1] CIE Technical Report No 94 – Guide for floodlighting.
- [2] http://pl.wikipedia.org/wiki/Bazylika_Matki_Bożej_Większej.

- [3] http://www.lighting.philips.pl/connect/pla/pts_p003.wpd.
- [4] Murdock Kelly L.: "3ds Max 2010 Biblia Wiedza obecna", Helion, Gliwice, 2010.
- [5] Neumann D.: Architecture of the night. The illuminated building. Prestel. Berlin 2001.
- [6] PN-EN 12464-1:2003 (U). Światło i oświetlenie. Oświetlenie miejsc pracy. Część 1: Miejsca pracy we wnętrzach.
- [7] PN-90/E-01005 Technika Świetlna. Terminologia.
- [8] Rea M.: Vision and Perception, Lighting Handbook, Reference & Application, IES of North America, IESNA, New York 1993.
- [9] R.H. Simon and A.R. Bean: Lighting Engineering. Applied calculation. MPG Books Ltd. Bodmin, Cornwall 2001.
- [10] Wizualizacje komputerowe, wykonane w ramach prac Koła Naukowego ELEKTRO-ENERGETYK, działającego przy Katedrze Energoelektroniki i Elektroenergetyki Politechniki Rzeszowskiej.
- [11] Żagan W.: podstawy techniki świetlnej. Oficyna wydawnicza Politechniki Warszawskiej Warszawa 2005.
- [12] Żagan W.: Iluminacja obiektów. Oficyna Wydawnicza Politechniki Warszawskiej. Warszawa 2003.
- [13] Mielicki J.: Zarys wiadomości o barwie. Fundacja Rozwoju Polskiej Kolorystyki, Łódź 1997.

Praca została zrealizowana z wykorzystaniem aparatury zakupionej w wyniku realizacji Projektu: "Budowa, rozbudowa i modernizacja bazy naukowo-badawczej Politechniki Rzeszowskiej", współfinansowanego ze środków Unii Europejskiej w ramach Regionalnego Projektu Operacyjnego Województwa Podkarpackiego na lata 2007-2013, Oś priorytetowa 1 – Konkurencyjna i innowacyjna gospodarka.

THE BASILICA DI SANTA MARIA MAGGIORE IN ROME AS THE EXAMPLE OF THE HUE CONTRAST METHOD USED TO ZONAL ILLUMINATING OF ANTIQUE BUILDINGS

SUMMARY

The subject of the paper refers to the lighting technique, enclosing the issue of the hue in creating the lighting elements. The contrast between the background and the illuminated building is effectually deepen by dint of using the lighting sources with the different hue or adapting the hue filters. This method is the superseded method to the universally applied method of contrast of luminance. The contrast of luminance in this method is the effect of specification the lighting sources with different power. The proposition of illumination The Basilica di Santa Maria Maggiore in Rome is an example of researching the possibility of the hue accenting the specified areas of the buildings. The investigation was concentrated on the issue of using the lighting sources without the hue filters (the risk of large losses of stream of light infiltrating the hue filter).

Henryk WACHTA, dr inż.
Krzysztof BARAN, mgr inż.
Marcin LEŚKO, mgr inż.

Politechnika Rzeszowska
Katedra Energoelektroniki i Elektroenergetyki
al. Powstańców Warszawy 12, 35-959 Rzeszów
e-mail: hwachta@prz.edu.pl, kbaran@prz.edu.pl, mlesko@prz.edu.pl

UWARUNKOWANIA TERMICZNE INSTALOWANIA REFLEKTORÓW DOZIEMNYCH W BUDOWNICTWIE

STRESZCZENIE

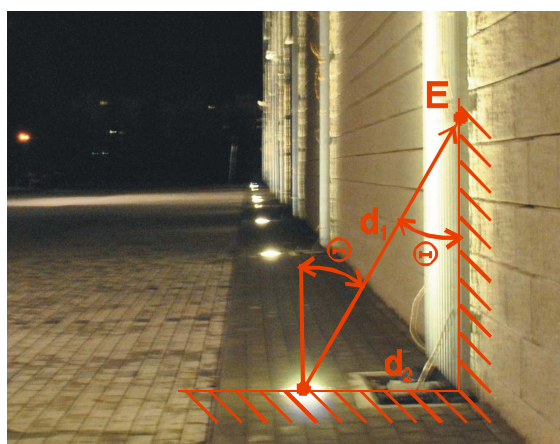
W artykule przedstawiono analizę uwarunkowań termicznych, związanych z instalowaniem reflektorów doziemnych, stosowanych w iluminacji obiektów architektonicznych. Celem analizy było sprawdzenie, jak termiczne oddziaływanie reflektorów instalowanych w niewielkiej odległości od elewacji budynku, związane z promieniowaniem ciepłym emitowanym przez źródła światła wykorzystywane w tych oprawach, wpływa na jej stan. W tym celu przeprowadzono badania termowizyjne polegające na pomiarze rozkładu temperatury wokół pracującego reflektora, ze szczególnym uwzględnieniem temperatury elewacji.

1. WPROWADZENIE

Istotą iluminacji są walory estetyczne, które należy traktować jako naczelną kryterium doboru sprzętu iluminacyjnego oraz jego lokalizacji. Uwarunkowania lokalizacyjne należy rozpatrywać pod kątem technicznych możliwości zainstalowania wybranych opraw oraz warunków fotometrycznych ograniczających oślnienie. Łącząc te dwa aspekty można przyjąć, że iluminacja elewacji budowli powinna tworzyć niewypaczony obraz obiektu z dogodnymi warunkami funkcjonowania w jego otoczeniu.

Zasadniczo ten cel realizuje się przez zastosowanie metody zalewowej iluminacji, z wykorzystaniem reflektorów rozpraszających, montowanych na słupach zlokalizowanych w znacznych odległościach od obiektu. [10] Pozwala to "ogarnąć" wiązką świetlną całą elewację oraz, wykorzystując osłony antyolśnieniowe, ograniczyć olśniewające działanie optycznie aktywnych stref reflektorów. W takim przypadku lokalizacji strumień świetlny kierowany jest w górną półprzestrzeń, co eliminuje zagrożenie powstania olśnienia odbiciowego. Jednakże w tego typu rozwiązaniach należy liczyć się z koniecznością specyfi-

kowania źródeł światła o większej mocy (co rzutuje na ogólne koszty eksploatacji instalacji) oraz niedoświetloną strefę przygruntową elewacji. Aby temu zaradzić wprowadzono w ofercie sprzętowej rozwiązania konstrukcji sprzętu iluminacyjnego instalowanego w podłożu - oprawy doziemne. Pozwala to na lokalizowanie opraw w bezpośrednim sąsiedztwie elewacji i lepsze doświetlenie jej dolnych partii (rys. 1) [7].



Rys. 1. Widok reflektora doziemnego oraz zależność natężenia oświetlenia od odległości od elewacji i kąta padania. E - natężenie oświetlenia, Θ - kąt padania, d_1 - droga strumienia świetlnego, d_2 - odległość reflektora od elewacji.

Fig. 1. A view of ground mounted luminary with a dependence of illuminance from distance and angle. E - illuminance, Θ - angle, d_1 - luminous flux distance, d_2 - elevation distance.

W związku z tym należy spodziewać się mniejszych mocy źródeł światła (prawo odwrotnych kwadratów) (1.1) i mniejszych strat świetlnych związanych z imisją świetlną [6]. Oczywiście należy zauważyć, że zagrożenie olśnieniowe istnieje, jednak na drodze od reflektora do punktu oświetleniowego nie występuje (w klasycznym rozumieniu komunikacji pieszej) ewentualność pojawienia się obserwatora.

$$E = \frac{I_{\theta}}{d_1^2} \cos \theta \quad (1.1)$$

Na tle powyższych uwarunkowań lokalizacyjnych reflektorów doziemnych warto zwrócić uwagę na możliwość oddziaływania cieplnego reflektorów doziemnych na środowisko. Wynika to ze znacznego udziału promieniowania cieplnego w całej emisji promieniowania źródła światła oraz jego relatywnie małych odległości od elewacji.

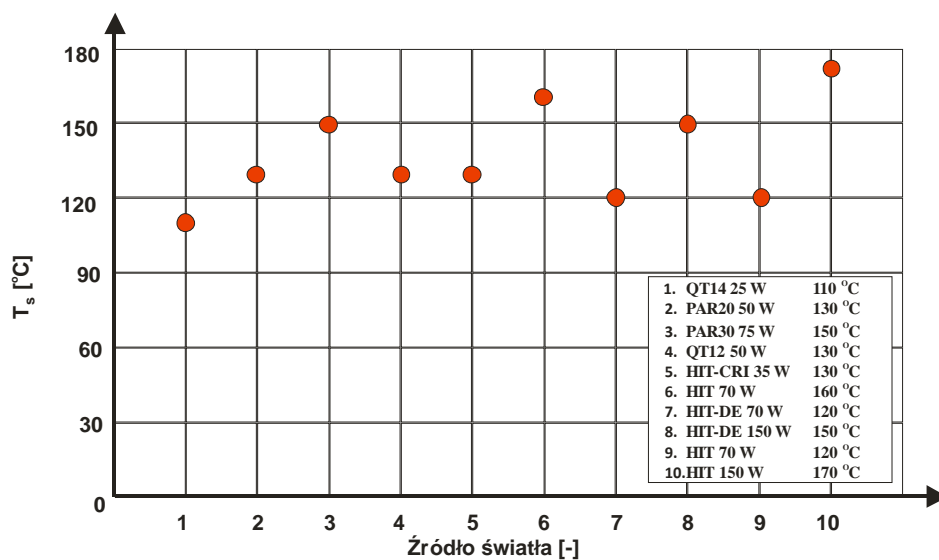
2. UWARUNKOWANIA ŚRODOWISKOWE ZWIĄZANE Z MIEJSCEM MOCOWANIA OŚWIETLA ILUMINACYJNEGO

Reflektory doziemne znajdują coraz szersze zastosowanie w iluminacji obiektów architektonicznych głównie dzięki walorom estetycznym, jakie można uzyskać przez ich instalowanie, w taki sposób, że idealnie komponują się z otoczeniem, zarówno podczas

pracy instalacji iluminacyjnej, jak i wtedy, gdy instalacja jest wyłączona. Dodatkowym atutem współczesnych opraw doziemnych są ich stosunkowo małe wymiary zewnętrzne (poziom zagłębienia w gruncie), korzystnie wpływające na łatwość instalacji w terenie z np. gęstą podziemną siecią mediów. Niestety w niektórych przypadkach lokalizacja opraw doziemnych może okazać się niekorzystna dla obiektów znajdujących się w sąsiedztwie reflektora. Należy zwrócić uwagę przede wszystkim na oddziaływanie termiczne oprawy.

Zwykle dla uzyskania jak najlepszych efektów iluminacji, głównie w celu zapewnienia odpowiedniej równomierności oświetlenia, reflektory doziemne instaluje się w bliskim sąsiedztwie elewacji. Ma to ścisły związek z uwarunkowaniami fotometrycznymi stosowanych opraw. Z uwagi na minimalizację strat świetlnych oraz ograniczanie ryzyka powstawania oślepienia, wykorzystuje się najczęściej reflektory wąskostrumieniowe, bądź też asymetryczne, aby skupić większość strumienia świetlnego na elewacji, w postaci akcentów świetlnych.

Światło emitowane przez różnorodne źródła zawiera, pomijając promieniowanie ultrafioletowe, zasadniczo dwie główne składowe: promieniowanie widzialne oraz promieniowanie ciepłne. Najczęściej stosowanymi źródłami światła w oświetleniu iluminacyjnym są źródła wyładowcze (głównie metalohalogenkowe), które charakteryzują się tym, że udział składowej ciepłej w promieniowaniu przez nie emitowanym jest relatywnie duży, dla przykładu w lampach metalohalogenkowych ok. 73 % całkowitej energii elektrycznej pobieranej przez te lampy jest zamieniane na ciepło[9].



Rys. 2. Temperatura szyby oprawy doziemnej w zależności od zastosowanego źródła światła.

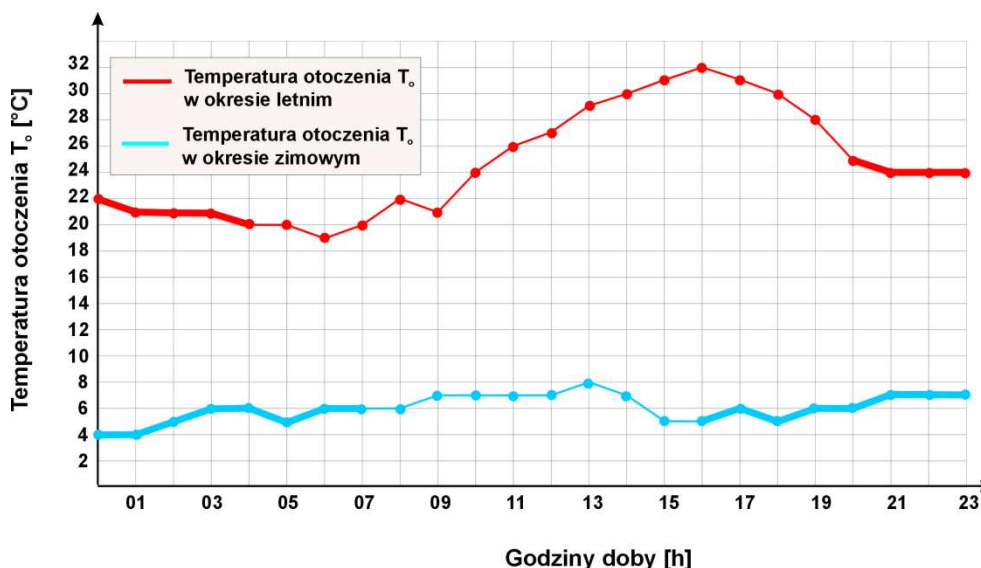
Fig. 2. Glass temperature of the ground mounted luminary depending on applied light source.

Wobec tego powstaje rzeczywisty problem wpływu cieplnej składowej promieniowania emitowanego przez oprawy iluminacyjne, zlokalizowane w nieznacznej odległości od elewacji, na materiały, z których elewacja została wykonana (wierzchnia warstwa elewacji w postaci zewnętrznej powłoki - farby). Zastosowana technologia przetwarzania energii elektrycznej na promieniowanie wymusza udział składowej cieplnej w widmie tego promieniowania. Drugim elementem wpływającym na ciepłe oddziaływanie źródła światła na otoczenie jest jego moc (ilość wypromieniowanego ciepła wzrasta proporcjonalnie do mocy źródła światła) (rys.2) [2]. Stąd efektem ubocznym przy skupianiu strumienia świetlnego jest równoczesne skupianie emisji ciepła w kierunku elewacji, co, z uwagi na długotrwałą pracę instalacji iluminacyjnej, poddaje zewnętrzną warstwę elewacyjną długotrwałej ekspozycji na ciepło. Może ona w dłuższej perspektywie wywołać działanie niszczące, mające wpływ na stan elewacji.

Innym stosowanym wariantem sprzętu iluminacyjnego, związanym ze strefowym oświetlaniem kondygnacji, jest wariant polegający na montażu reflektorów na gzymsach lub we wnękach okiennych, itp. Jednakże w tego typu rozwiązaniach sprzętowych bazuje się na zastosowaniu źródeł światła w postaci świetlówek liniowych np. TL5 lub coraz częściej systemów LED-owych [5]. W obu przypadkach, z uwagi na zarówno małą moc źródeł światła oraz niewielką termiczną składową promieniowania, można spodziewać się słabego oddziaływania termicznego na stan elewacji.

3. ODDZIAŁYWANIE TERMICZNE ŚRODOWISKA NATURALNEGO NA STAN ELEWACJI.

Elewacje budynków narażone są na działania wielu niekorzystnych czynników atmosferycznych. Strefę klimatyczną Polski charakteryzują znaczne wahania temperatury (dobowe, roczne - w zależności od pory roku), a także intensywne oddziaływanie promieniowania UV w sezonie letnim i mrozu w okresie zimowym. Działania powyższych czynników mogą przyczyniać się do utraty koloru, tworzenia pęknięć, od spojeń i pęcherzy, może doprowadzić również do kredowania powłoki malarskiej [11]. Producenci materiałów elewacyjnych, określając cechy eksploatacyjne swych produktów, przyjmują temperaturę środowiskową T_o na poziomie 20° C - 25° C. Należy rozważyć zachowanie tego poziomu temperaturowego dla rzeczywistych warunków środowiskowych. Uwzględniając oddziaływanie bezpośredniego promieniowania słonecznego na powłoki elewacyjne przyjmuje się, dla najniekorzystniejszej ekspozycji pomalowanej powierzchni (prostopadłe promieniowanie słoneczne), temperaturę maksymalną T_o 70° C [12]. W celu zbadania kształtowania się rozkładu temperatur dobowych przeanalizowano średnie temperatury dobowe z ostatnich dwóch lat w Warszawie.



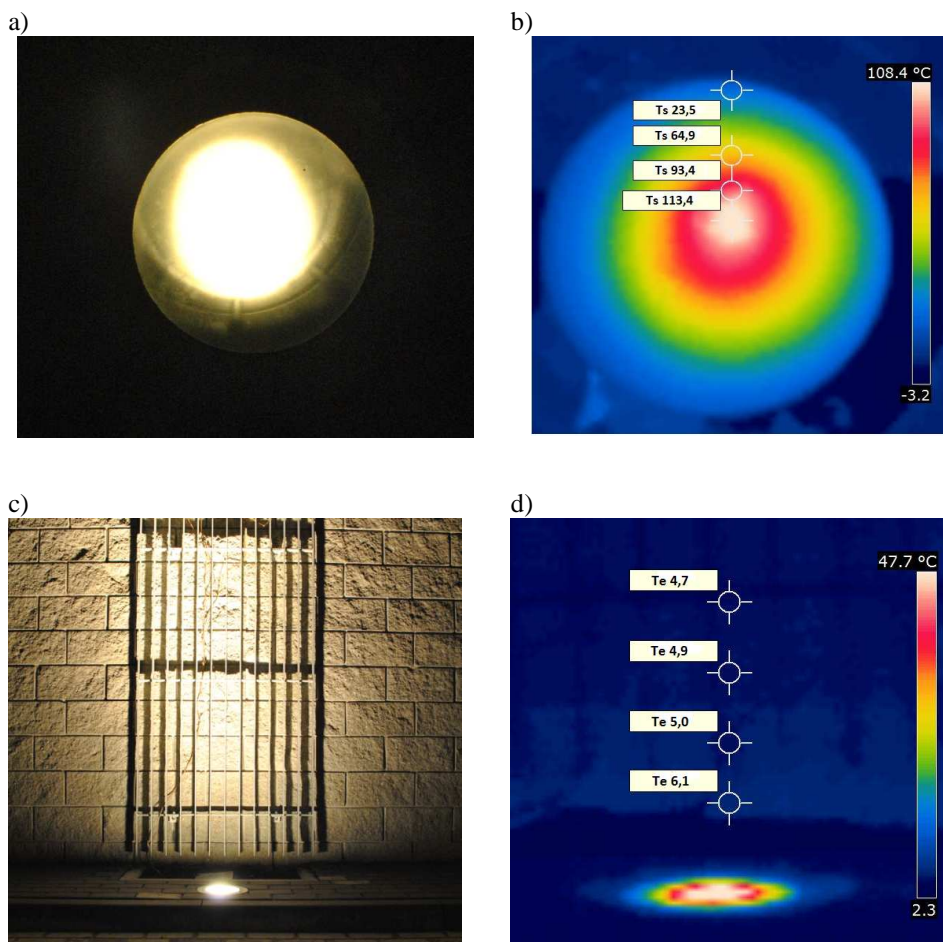
Rys. 3. Temperatura otoczenia w najcieplejszym dniu w okresie letnim i zimowym (Warszawa, 27.08.2011 oraz 26.12.2011) [13]

Fig. 3. Ambient temperature in the warmest day in the summer and winter time (Warsaw, 27.08.2011 and 26.12.2011)

Na rys. 3. przedstawiony został dobowy przebieg temperatury otoczenia T_o (bez rozgraniczenia na warunki słoneczne i zachmurzenie) dla najcieplejszego dnia z rozpatrywanego przedziału czasowego. Odpowiednio kolorem czerwonym i niebieskim oznaczono przebiegi najcieplejszego dnia lata i zimy. Pogrubioną linią na wykresie zaznaczone zostały średnie czasy pracy instalacji iluminacyjnych (z uwzględnieniem średniej godziny załączenia i wyłączenia instalacji). Z powyższego wynika, iż cieplne oddziaływanie oświetlenia naturalnego nieznacznie przekracza temperaturę 20°C . Natomiast w porze oddziaływania oświetlenia iluminacyjnego temperatura otoczenia nie przekracza 25°C . Należy zatem przyjąć brak oddziaływania temperatury środowiskowej na cechy pokryć elewacyjnych.

4. ROZKŁAD TEMPERATURY REFLEKTORA ORAZ ELEWACJI NA PRZYKŁADZIE ILUMINACJI WYBRANEGO OBIEKTU

W celu zbadania wpływu instalowania reflektorów doziemnych na temperaturę na powierzchni elewacji T_e , do badań wybrano jeden, spośród wielu istniejących obiektów iluminacyjnych w Rzeszowie. Obiekt ten oświetlany jest reflektorami doziemnymi z metalohalogenkowymi źródłami światła o mocy 75W. Odległość zainstalowanych reflektorów doziemnych od powierzchni ściany elewacyjnej wynosi 55 cm. Pomiary wykonano po kilku godzinach pracy reflektorów, z wykorzystaniem kamery termowizyjnej, przy ustalonej już maksymalnej temperaturze T_s na ich szybie. Temperatura otoczenia T_o w dniu pomiaru wynosiła $4,5^{\circ}\text{C}$.



Rys. 4. Rzeczywisty obraz oraz rozkład temperatury reflektora i ściany elewacyjnej w badanym obiekcie iluminacyjnym

Fig. 4. Real picture and temperature distribution of lamp and wall elevation in researched illumination object

Na rys. 4. przedstawiono rzeczywisty obraz badanego reflektora doziemnego (ppkt. a), oświetlanej ściany elewacyjnej (ppkt. c) a także poziomy oraz pionowy rozkład temperatury na badanym obiekcie. Poziomy rozkład temperatury na powierzchni reflektora pokazano w ppkt. b) natomiast pionowy rozkład temperatury na powierzchni elewacji został przedstawiony w ppkt. d).

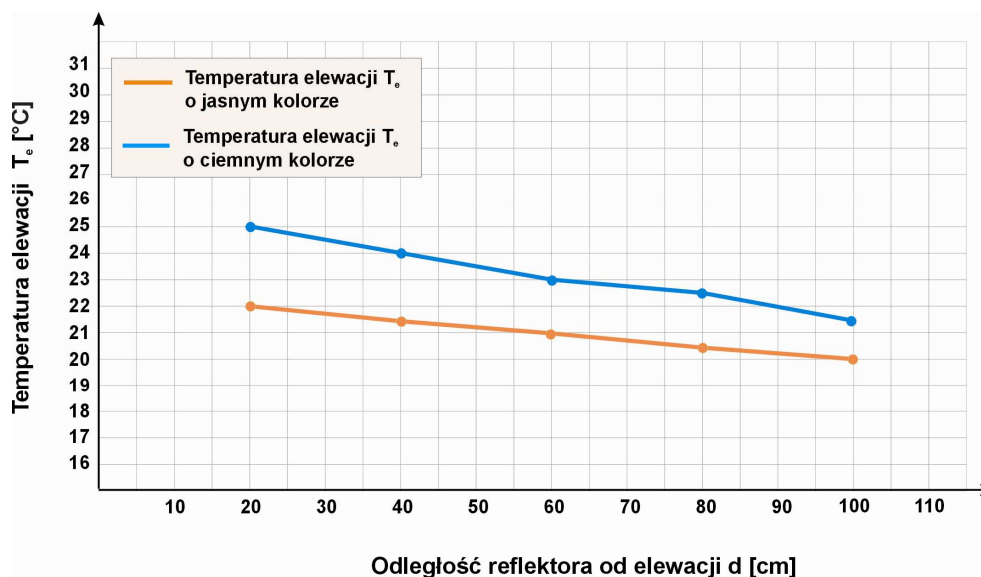
Na podstawie wykonanych pomiarów można wnioskować, że zainstalowane reflektory doziemne nieznacznie wpływały na temperaturę T_e , panującą na powierzchni

elewacji. Temperatura ta oscylowała wokół temperatury otoczenia T_o i wynosiła około 5°C . Największa wartość temperatury na powierzchni elewacji T_e , jednakże nieznacznie wyższa od temperatury otoczenia T_o , została zmierzona w najjaśniejszym punkcie płamy świetlnej (30cm nad powierzchnią podłoża) i wynosiła 6°C . Należy jednak zwrócić uwagę na wysoką temperaturę T_s panującą na szybie reflektora. Temperatura ta w centralnym punkcie szyby wynosiła $113,4^{\circ}\text{C}$. Zwykle producenci reflektorów doziemnych nie zamieszczają informacji na obudowie reflektorów doziemnych o tak wysokiej temperaturze T_s , mogącej występować na szybie reflektora. Informacja ta przeważnie zamieszczona jest tylko w karcie technicznej produktu. Reflektory te, zainstalowane głównie w ogólnie dostępnych miejscach (oświetlenie kościołów, obiektów publicznych, nowoczesnej architektury) mogą być przyczyną nieświadomych poparzeń, gdyż właściciele iluminowanych obiektów, z reguły również nie zamieszczają informacji o zagrożeniu związanym z przypadkowym dotknięciem reflektora.

5. WPLYW ODLEGŁOŚCI INSTALOWANIA REFLEKTORÓW DOZIEMNYCH NA ROZKŁAD TEMPERATURY NA POWIERZCHNI ELEWACYJNEJ

Niektórzy producenci reflektorów doziemnych, zamieszczają informację, zalecającą instalowanie reflektorów doziemnych w odległości 0,5m [2] od ściany obiektu iluminowanego. Odległość ta, związana jest głównie z jak najlepszym wyeksponowaniem oświetlanego obiektu. Czasami jednak mogą wystąpić przeszkody np. w postaci drzew, uniemożliwiające zainstalowanie reflektora w zakładanej odległości. Często wówczas, reflektor jest instalowany bliżej, niż sugerowana odległość przez producenta. Przy tak blisko umiejscowionym reflektorze, nasuwa się pytanie, czy temperatura T_s na szybie reflektora, mogąca dochodzić do 170°C , zbyt gwałtownie nie przenosi się na powierzchnię ściany elewacyjnej.

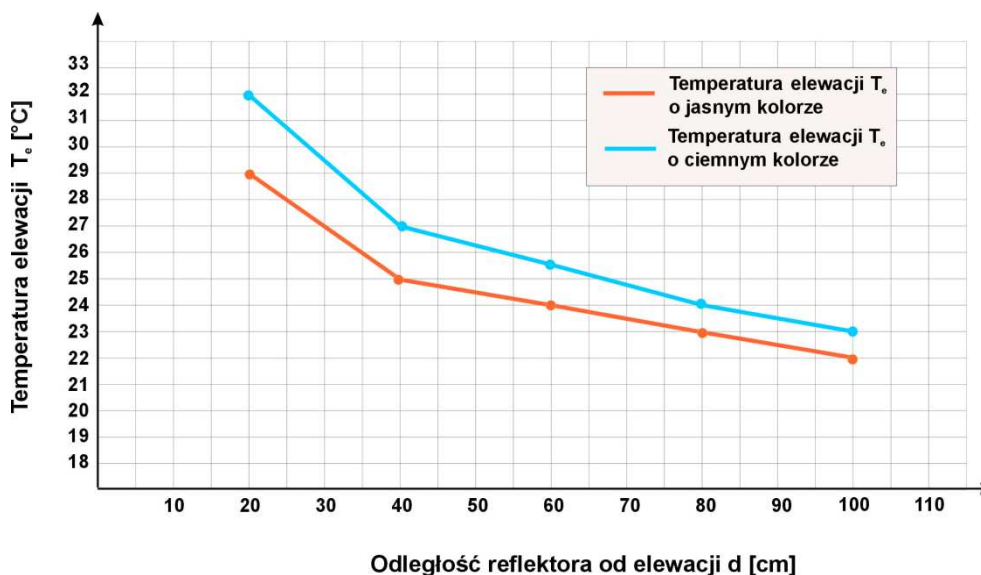
W celu określenia wpływu odległości zainstalowania reflektorów doziemnych od ściany elewacyjnej na rozkład temperaturowy na jej powierzchni, wybrano przykładowy obiekt, a następnie oświetlono go, zmieniając położenie reflektorów doziemnych. Ponieważ kolor elewacji również może mieć wpływ na temperaturę na jej powierzchni (ciemne kolory posiadają większy współczynnik pochłaniania ciepła), pomiary wykonano najpierw na tynku o jasnym kolorze (piaskowy), a następnie powtórzono na ścianie elewacyjnej o ciemnym kolorze (ciemnoniebieski). Do badań wykorzystano dwa reflektory z metalohalogenkowymi źródłami światła, o mocach odpowiednio 70 i 150W. Temperatura otoczenia T_o podczas pomiarów wynosiła 17°C .



Rys. 5. Temperatura na powierzchni elewacji w funkcji odległości reflektora od oświetlanej ściany - źródło światła o mocy 70W

Fig. 5. Elevation surface temperature in function of distance from illuminated wall - 70W power light source

Na rys. 5. przedstawiony został przebieg temperatury T_e na powierzchni elewacji dla badanego reflektora o mocy 70W. Kolorem niebieskim zaznaczono temperaturę na ścianie o ciemnym kolorze elewacji, natomiast kolorem czerwonym temperaturę na elewacji o jasnym kolorze. Początkowa odległość d zainstalowania reflektora wynosiła 100cm, a następnie była zmniejszana do wartości równej 20cm. . Temperatura T_s na szybie podczas pracy reflektora, osiągnęła wartość równą 100° C. Na podstawie wykresu można wnioskować, iż wpływ zainstalowania reflektora, nawet w bardzo bliskiej odległości od ściany oświetlanego obiektu, nieznacznie wpłynął na temperaturę T_e na powierzchni elewacji, zarówno tej o jasnym, jak i ciemnym kolorze. Temperatura ta, przy reflektorze zainstalowanym 100cm od powierzchni ściany, wynosiła nieznacznie więcej niż temperatura otoczenia T_o . W miarę zbliżania reflektora do ściany oświetlanego budynku, temperatura elewacji T_e nieznacznie rosła i w najbardziej krytycznym położeniu reflektora (20 cm od ściany budynku) wyniosła odpowiednio 22° C - dla jasnej i 25° C - dla ciemnej elewacji.



Rys. 6. Temperatura na powierzchni elewacji w funkcji odległości reflektora od oświetlanej ściany - źródło światła o mocy 70W

Fig.6. Elevation surface temperature in function of distance from illuminated wall - 150W power light source

Na rys. 6. pokazano analogiczny do poprzedniego wykresu, przebieg temperatury na elewacji, z tą różnicą, że badany obiekt został oświetlony reflektorem o mocy 150W. Temperatura T_s na szybie reflektora podczas jego pracy wynosiła 160° C. W porównaniu z reflektorem o mocy 70W, temperatura elewacji T_e była wyższa o kilka ° C. W najbardziej krytycznym miejscu zainstalowania reflektora (20cm od elewacji) wyniosła odpowiednio 29° C - dla jasnej i 32° C - dla ciemnej elewacji.

Reasumując, na podstawie powyższych wykresów można wnioskować, iż zainstalowanie reflektorów doziemnych o dużej mocy (150W), nawet w bliskim położeniu (20cm) od ścian obiektów oświetlanych, nie wykazuje niekorzystnego wpływu na stan materiałów elewacyjnych. Wzrost temperatury T_e na powłokach elewacyjnych, związany z zainstalowaniem reflektorów doziemnych, nie jest na tyle znaczący, że powinien powodować powstawanie niekorzystnych efektów we właściwościach eksploatacyjnych materiałów elewacyjnych.

6. PODSUMOWANIE

Celem przeprowadzonej analizy rozkładu temperatury wokół iluminacyjnych opraw doziemnych było sprawdzenie, czy elewacja budynku, w sąsiedztwie której zainstalowano wymienione reflektory, jest narażona na niszczące oddziaływanie termiczne. Z wykonanych pomiarów termowizyjnych wynika, że zgodnie z postawioną tezą, instalowanie opraw doziemnych w pobliżu elewacji wpływa na temperaturę na jej powierzchni. Wzrost temperatury o kilka lub kilkanaście stopni Celsjusza, w zależności od mocy

oprawy, nie powinien mieć istotnego wpływu na pogorszenie właściwości eksploatacyjnych materiałów elewacyjnych oraz przyczyniać się do ich przyspieszonej degradacji.

7. LITERATURA

- [1] Instrukcja obsługi kamery termowizyjnej FLIR i5,
- [2] Katalog opraw zewnętrznych System Uran 2011-2012 ES-SYSTEM,
- [3] Katalog zewnętrznych opraw oświetleniowych 2010 - 2012 PHILIPS,
- [4] Katalog źródeł światła 2012 OSRAM,
- [5] Katalog źródeł światła i osprzętu 2011 PHILIPS,
- [6] PN-90/E-01005, Technika świetlna. Terminologia, Wydawnictwa Normalizacyjne Warszawa 1991,
- [7] Simons R. H., Bean A. R.; Lighting Engineering. Applied Calculations, Architectural Press 2001,
- [8] The IESNA Lighting Handbook. Reference & Application, The Lighting Authority 2000,
- [9] Wiśniewski A.; Elektryczne źródła światła, Oficyna Wydawnicza Politechniki Warszawskiej, Warszawa 2010,
- [10] www.thornlighting.pl
- [11] www.tikkurila.pl - " Poradnik malowania elewacji ".
- [12] www.dekoral.pl - " EKO - Fasada - karta charakterystyki".
- [13] www.meteoprog.pl

THERMAL CONDITIONS RELATED WITH INSTALLATION OF GROUND MOUNTED LUMINAIRES IN ARCHITECTURE

SUMMARY

In article there was presented analysis of thermal conditions related with installation of ground mounted luminaires used in illumination of architectural objects. The objective of the analysis was verification of the thesis, that thermal effect of lamps installed near to elevation of building, which is associated with heat emission of light sources, has an impact to elevation condition. There was made a research of temperature distribution around the reflector and elevation using thermo vision.

