

Beata SADOWSKA\*  
Politechnika Białostocka

## **BADANIA ENERGETYCZNE I UŻYTKOWE ENERGOOSZCZĘDNEGO BUDYNKU JEDNORODZINNEGO W WARUNKACH KLIMATU PÓŁNOCNO-WSCHODNIEJ POLSKI**

**Streszczenie.** W artykule wskazano elementy pozwalające na znaczne obniżenie wskaźnika sezonowego zapotrzebowania na ciepło do ogrzewania. Przedstawiono wyniki pomiarów efektywności zastosowania w systemie wentylacji budynku rekuperatora krzyżowego współpracującego z gruntowym wymiennikiem ciepła oraz eksploatacyjne wskaźniki energetyczne.

## **ENERGY AND UTILITY MONITORING OF LOW-ENERGY HOUSE IN CLIMATIC CONDITIONS OF NORTHEAST REGION OF POLAND**

**Summary.** Solutions and elements used in building for achieving the low level of energy saving are specified in this paper. The results of measurements of heat utilization factor in system of mechanical ventilation of building with cross-flow recuperator co-operating with heat ground exchanger, as well as energy consumption indexes are presented.

### **1. Wstęp**

W Polsce istnieje kilkadziesiąt budynków, którym można przypisać miano energooszczędnych, przy czym pojęcie to nie jest jednoznacznie zdefiniowane. Uznanie pewnych wartości wskaźnika rocznego zapotrzebowania na ciepło do ogrzewania  $E$  jako granicy, poniżej której możemy mówić o tego typu budynkach, jest całkowicie umowne.

Sformułowania kryteriów budynków energooszczędnych można dokonać na podstawie doświadczeń z eksploatacji budynków o niskim zapotrzebowaniu na energię,

---

\* Opiekun naukowy: Prof. dr hab. inż. Jerzy Andrzej Pogorzelski

z uwzględnieniem oceny ekonomicznej. W tym celu prowadzone są badania budynku jednorodzinnego położonego w Białymstoku, uznawanego za energooszczędny.

## 2. Charakterystyka badanego budynku

Przedmiotem badań jest jednorodzinny dwukondygnacyjny budynek mieszkalny wolno stojący, niepodpiwniczony, z dobudowanym garażem, położony w Białymstoku. Został wzniesiony w roku 2000, w technologii tradycyjnej. Kubatura wynosi  $732 \text{ m}^3$ , a ogrzewana powierzchnia użytkowa  $177 \text{ m}^2$ . Wyglądem zewnętrznym nie różni się on od innych budowanych obecnie i posiada standardowo rozwiązaną funkcję wnętrza.

Zastosowane w budynku elementy pozwalające na znaczne obniżenie wskaźnika sezonowego zapotrzebowania na ciepło do ogrzewania to:

- relatywnie zwarta bryła ( $A/V = 0,68$ ),
- wysoka izolacyjność cieplna przegród zewnętrznych (ściany zewnętrzne trójwarstwowe ocieplone 18 cm wełny mineralnej; dach 18 cm wełny szklanej między krokiewiami i 2 cm styropianu od strony wewnętrznej; podłoga na gruncie 10 cm styropianu),
- odpowiednie rozwiązanie szczegółów, takich jak: nadproża, połączenia ścian z płytami balkonów, posadzka na gruncie, połączenie konstrukcji drewnianej dachu ze ścianami, osadzenie stolarki okiennej i drzwiowej, zapewniające praktyczne wyeliminowanie mostków termicznych (ich brak potwierdzono wykonując przegląd obiektu kamerą termowizyjną),
- bierne wykorzystanie energii słonecznej (powierzchnie przeszklone od strony południowej, duża akumulacyjność cieplna ścian),
- dobra jakościowo i szczelna stolarka,
- wymiennik gruntowy do wstępnego podgrzania powietrza wentylacyjnego nawiewanego do budynku,
- regulowana wentylacja mechaniczna z odzyskiem ciepła,
- wysoko sprawny system ogrzewania (piec z automatyką, grzejniki, zawory termostatyczne oraz kominek z częściowym rozprowadzeniem ciepłego powietrza).

### 3. Cel monitoringu energetyczno-użytkowego

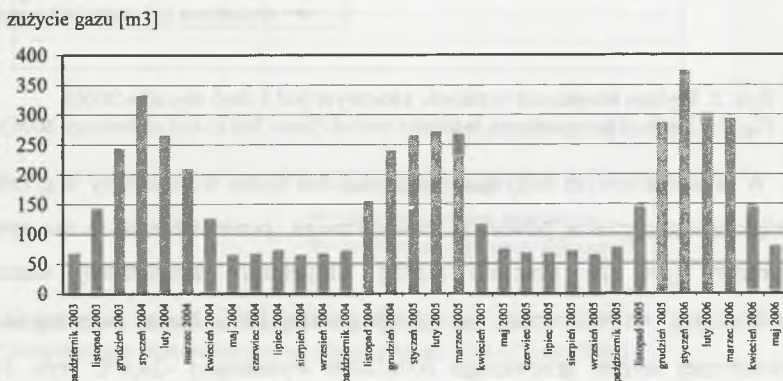
Prowadzone badania mają wykazać możliwość oszczędzania energii do ogrzewania budynku w warunkach klimatu północno-wschodniej Polski przy jednoczesnym zapewnieniu komfortu cieplnego wnętrza, w warunkach opłacalności ekonomicznej. Monitoring dotyczy:

- dostaw energii do budynku (zużycia gazu),
- efektywności działania poszczególnych elementów zastosowanych w systemie wentylacji mechanicznej, czyli wymiennika gruntowego oraz rekuperatora (pomiar temperatury powietrza: zewnętrznego, wentylacyjnego nawiewanego za wymiennikiem gruntowym, wentylacyjnego nawiewanego do pomieszczeń – za rekuperatorem oraz wewnętrznego w budynku),
- klimatu wewnętrznego (temperatury oraz wilgotności względnej powietrza).

Oszacowane zostaną rzeczywiste potrzeby energetyczne eksploatowanego budynku położonego w północno-wschodniej Polsce oraz wysokość dodatkowych nakładów koniecznych do doprowadzenia budynku standardowego do statusu energooszczędnego.

### 4. Wyniki badań

Zużycie gazu na ogrzewanie i ciepłą wodę użytkową w kolejnych latach eksploatacji budynku (rys. 1) wahało się od 1 390 do 1 714 m<sup>3</sup>.



Rys.1. Zużycie gazu w poszczególnych miesiącach  
Fig.1. Fuel consumption in each month

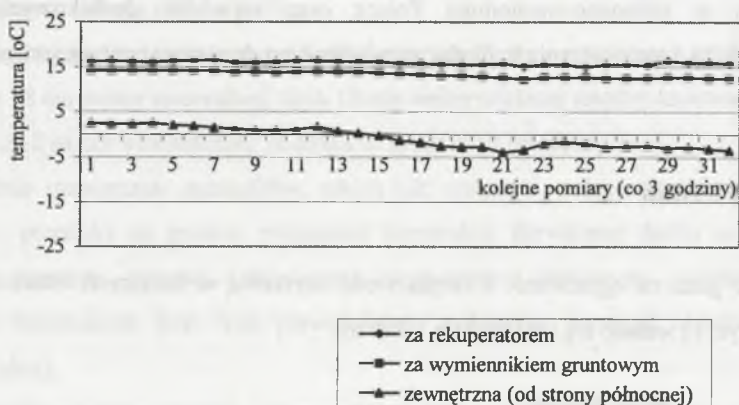


Do oceny ilości zużytego paliwa na podgrzewanie wody posłużono się pomiarami poza sezonem grzewczym.

Zarówno w pierwszym, jak i drugim roku eksploatacji uzyskiwano dodatkową energię na potrzeby ogrzewania wnętrza, wykorzystując kominek (spalono ok.  $1 \text{ m}^3$  drewna w każdym sezonie ogrzewczym). Działanie wentylacji mechanicznej z wymiennikiem krzyżowym powoduje zużycie energii elektrycznej do napędu wentylatorów (średnia moc 80 W).

Średni eksploatacyjny wskaźnik sezonowego zapotrzebowania na energię  $E$  po uwzględnieniu wszystkich rodzajów energii wykorzystywanej na potrzeby ogrzewania budynku wyniósł  $35,1 \text{ kWh}/(\text{m}^2\text{a})$  (dla temperatury wewnętrznej w budynku około  $19^\circ\text{C}$ ).

Monitorowanie przebiegu temperatur na zewnątrz budynku, za wymiennikiem gruntowym i za rekuperatorem pozwala zobrazować zarówno efekt energetyczny zastosowania wymiennika gruntowego, jak i rekuperatora.

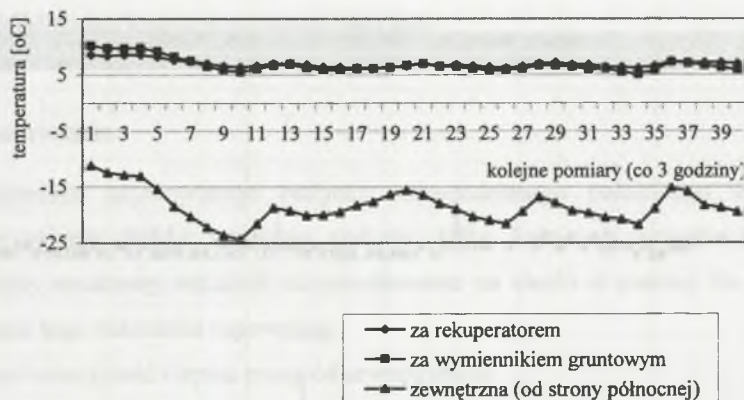


Rys. 2. Wykres temperatur w okresie zimowym (od 3 do 6 stycznia 2006)

Fig. 2. Graph of temperatures in winter period (from 3rd to 6th of January 2006)

W przedmiotowym budynku rekuperator nie został wyposażony w grzałkę elektryczną do wstępnego podgrzania powietrza zewnętrznego, ponieważ rolę tę ma spełniać wymiennik gruntowy (rys. 2). Pomimo niskiej temperatury zewnętrznej wartości temperatury "wchodzącej" na rekuperator nie spadają poniżej  $10^\circ\text{C}$ . Nawet przy najniższej temperaturze zewnętrznej sezonu grzewczego 2005/2006 wynoszącej  $-24,4^\circ\text{C}$  (rys. 3) temperatura za wymiennikiem gruntowym (przed rekuperatorem) wyniosła  $+5,5^\circ\text{C}$  (nie bez znaczenia była pozytywna rola pokrywy śnieżnej pokrywającej grunt nad wymiennikiem). Widoczny jest

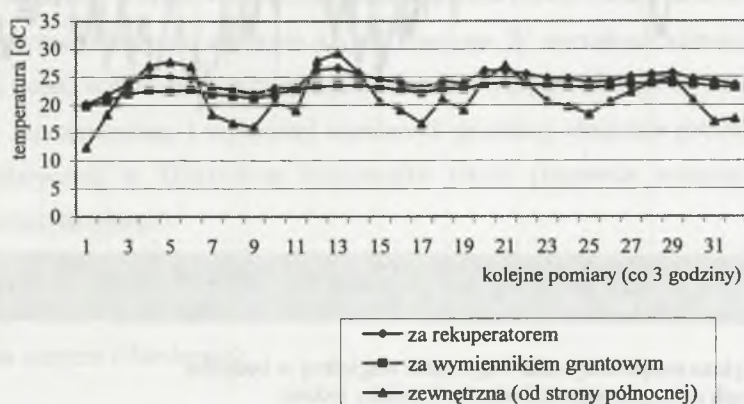
także efekt "wygładzenia" i stabilizacji temperatury po przejściu przez wymiennik gruntowy i rekuperator.



Rys. 3. Wykres temperatur w okresie zimowym (od 19 do 23 stycznia 2006)

Fig. 3. Graph of temperatures in winter period (from 19th to 23rd of January 2006)

Na rys. 4 pokazano przykładowe przebiegi temperatur w okresie letnim. Widoczne jest znaczne schłodzenie powietrza zewnętrznego po przejściu przez wymiennik gruntowy.

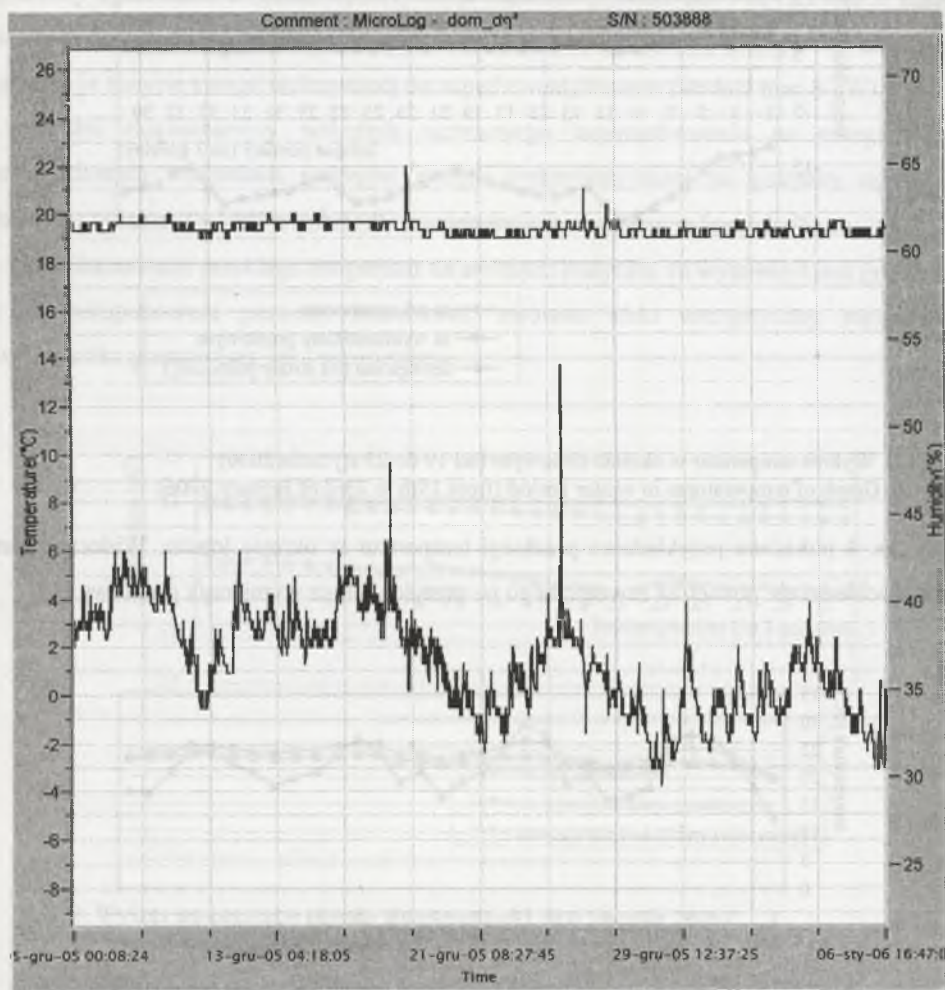


Rys. 4. Wykres temperatur w okresie letnim (od 14 do 17 czerwca 2005)

Fig. 4. Graph of temperatures in summer period (from 19th to 23rd of June 2005)

Wyższe wartości temperatury za rekuperatorem od temperatury za wymiennikiem gruntowym należy tłumaczyć podgrzewaniem powietrza w rekuperatorze (energia cieplna elektrycznych wentylatorów). Efektem działania wymiennika gruntowego (oraz znacznej

akumulacyjności i izolacyjności cieplnej budynku) jest praktycznie liniowy zapis temperatury wewnętrznej przy znacznych wahanach temperatury zewnętrznej (w przedziale od 12 do 29°C).



Rys. 5. Wykres temperatury oraz wilgotności względnej w budynku  
Fig. 5. Graph of temperature and relative humidity indoors

Na rys. 5 pokazano przykład zmian temperatury i wilgotności w budynku w okresie sezonu grzewczego 2005/2006. Temperatura wewnętrzna utrzymuje się w granicach 18,3÷20,7°C. Średnia wilgotność względna powietrza wewnętrznego w tym okresie nie przekracza 50%, a więc w budynku nie powinno wystąpić zagrzybienie.



Koszty ponadstandardowych elementów budynku poniesione na dodatkową izolację termiczną przegród zewnętrznych, lepsze okna, wentylację mechaniczną, rekuperator oraz wymiennik gruntowy wyniosły w prezentowanym przypadku około 11 000 zł, co stanowi około 5% całkowitego kosztu wzniesienia budynku.

## 5. Podsumowanie

Dla normalnie użytkowanego budynku jednorodzinnego położonego w północno-wschodnim rejonie Polski uzyskano podczas kilku kolejnych sezonów grzewczych eksploatacyjny sezonowy wskaźnik zapotrzebowania na ciepło  $E$  poniżej  $36 \text{ kWh}/(\text{m}^2 \cdot \text{a})$ . Niską wartość tego wskaźnika zapewniają:

- wysoka izolacyjność cieplna przegród zewnętrznych,
- dobra jakościowo i szczelna stolarka,
- wysoko sprawny system ogrzewania,
- regulowana wentylacja mechaniczna z odzyskiem ciepła oraz wymiennik gruntowy współdziałający z wentylacją.

Możliwe jest wnoszenie w warunkach klimatu północno-wschodniej Polski budynków niskoenergetycznych przy nieznacznym wzroście nakładów inwestycyjnych (około 5%).

Niskie wskaźniki energetyczne umożliwiają skrócenie rzeczywistego sezonu grzewczego dla rozpatrywanego budynku do około 4,5 - 5 miesięcy. W warunkach klimatu północno - wschodniej Polski w przeciętnych budynkach sezon grzewczy trwa od 6,5 do 7 miesięcy.

Dobrze zaprojektowany i wykonany wymiennik gruntowy eliminuje potrzebę używania grzałki elektrycznej w krzyżowym wymienniku ciepła (zapewnia wstępne podgrzanie powietrza wentylacyjnego).

Wymiennik gruntowy w połączeniu z odpowiednią akumulacyjnością wnętrza budynku i dobrą izolacyjnością przegród zewnętrznych wpływa w okresie letnim pozytywnie na mikroklimat wnętrza (chłodzenie).

## LITERATURA

1. Kasperkiewicz K., Kowalewska K.: Budynki o niskim zużyciu energii do ogrzewania i pasywne, Materiały Budowlane nr 1, Warszawa 2003.

2. Sarosiek W., Sadowska B.: Kompleksowe badania energetyczne energooszczędnego budynku jednorodzinny w warunkach klimatu północno-wschodniej Polski, praca W/IIB-12/03, Politechnika Białostocka, Białystok 2005.
3. Sarosiek W., Sadowska B.: Doświadczenia energooszczędnego czteroletniej eksploatacji budynku energooszczędnego, Materiały Budowlane, nr 1, Warszawa 2005.

Wykonano na Politechnice Białostockiej w ramach pracy S/IIB/2/06

Recenzent: Prof. dr hab. inż. Antoni Stachowicz