INFRASTRUKTURA I EKOLOGIA TERENÓW WIEJSKICH
INFRASTRUCTURE AND ECOLOGY OF RURAL AREAS

Nr I/2/2017, POLSKA AKADEMIA NAUK, Oddział w Krakowie, s. 409–418
Komisja Technicznej Infrastruktury Wsi

DOI: http://dx.medra.org/10.14597/infraeco.2017.1.2.030

ANALIZA ZYSKÓW CIEPŁA Z HELIOAKTYWNYCH ELEMENTÓW W BUDYNKU O KONSTRUKCJI SZKIELETOWEJ

Piotr Herbut[1], Sabina Angrecka[1], Eugeniusz Herbut[2], Grzegorz Nawalany[1], Paweł Sokołowski[1]
[1]Uniwersytet Rolniczy im. H. Kołłątaja w Krakowie,
[2]Instytut Zootechniki Państwowy Instytut Badawczy

ANALYSIS OF THE HEAT PROFITS FROM THE HELIO ACTIVE ELEMENTS IN PREFABRICATAED TIMBERED BUILDING

Streszczenie

System zysków bezpośrednich ze słońca w budynkach mieszkalnych polega na maksymalnym pozyskiwaniu promieniowania słonecznego przenikającego przez okna i inne przeszklone przegrody. Najpowszechniejszymi systemami do biernego pozyskiwania ciepła są: okna, przegrody akumulacyjno kolektorowe, ogrody zimowe.

Celem pracy była analiza trzech przyjętych rozwiązań materiałowo-konstrukcyjnych służących do biernego pozyskiwania ciepła słonecznego w modelowym budynku o konstrukcji szkieletowej pod kątem jego zapotrzebowania na energie grzewczą. Zakres badań obejmował wykonanie dokumentacji technicznej oraz niestacjonarną analizę energetyczną budynku. Jako kryterium rozstrzygające o wyborze najkorzystniejszego systemu biernego pozyskiwania energii słonecznej został przyjęty wskaźnik ilości energii którą można zaoszczędzić na 1 m^2 powierzchni użytkowej budynku.

Na podstawie przeprowadzonych badań stwierdzono, że najefektywniejszym systemem pozyskującym energię cieplną ze

Artykuł został opublikowany na licencji Creative Commons BY-NC-ND licence
(http://creativecommons.org/licences/by-nc-nd/4.0/)

słońca są duże przeszklenia okienne na południowej ścianie budynku. Dzięki zastosowaniu takiego rozwiązania można ograniczyć zużycie energii grzewczej w budynku modelowym nawet o 14% przy jego prawidłowej lokalizacji względem stron świata.

Słowa kluczowe: budynek szkieletowy, energia grzewcza, zyski ciepła, słońce

Abstract

The biggest and basic advantage of the system of sun direct profits is a simple way it design and subsequently construction. It involves obtaining maximum solar radiation penetrating through windows and other glazed partition. The most common systems for the passive heat obtaining in buildings are the direct profits systems, thermal storage wall, conservatories.

The aim of the study was to analyze three of the solutions adopted material and construction used for passive heat obtaining in solar model-timbered building in terms of energy demand for heating. The scope of research involved the making of technical documentation and non-stationary building energy analysis using computer programs. As the decisive criterion for selecting the most favorable passive solar energy obtaining system has been accepted indicator of the amount of energy you can save per 1 m^2 of usable floor space.

Based on the research it was found that the most effective energy solar heat obtaining system are large glass windows on the south wall of the model building. By using this solution you can reduce heating energy consumption in the model building by as much as 14% at its correct location relative to the world directions.

Keywords: *prefabricated timbered building, heating energy, heat profits, sun*

WSTĘP

Zużywaniu się dostępnych ilości tradycyjnych nośników energii towarzyszy wzrost ich ceny oraz problemy ekologiczne związane z efektem cieplarnianym. Bardzo ważne staje się racjonalne wykorzystanie dostępnych konwencjonalnych źródeł energii, łatwych do pozyskania oraz poszukiwanie nowych, niekonwencjonalnych. Jednym ze sposobów pozyskiwania taniej energii jest przetworzenie powszechnie dostępnego promieniowania słonecznego, które jest nośnikiem ciepła. Można je wykorzystać zarówno do bezpośredniego konwekcyjnego ogrzewania budynków jak i podgrzewania ciepłej wody (Furtak M., 2015).

Podstawowym założeniem budownictwa opierającego się o wykorzystywanie biernej energii słonecznej jest umiejscowienie jak największej ilości przeszklonych przegród na elewacji południowej. W systemie zysków bezpośrednich promieniowanie słoneczne przenika i ogrzewa wnętrze mieszkalne przez przeźroczyste przegrody budowlane: okna, drzwi balkonowe, dachowe świetliki okienne lub całe duże przeszklone ściany południowe. Pozwala to na przejęcie i zakumulowanie jak największej ilości promieniowania padającego na przegrodę podczas sezonu grzewczego (Chwieduk D., 2006). Przejmowana w ten sposób energia absorbowana jest w strukturze ścian i stropów, których cechą powinna być duża masa i zdolność do jej akumulowania. Najpowszechniejszymi systemami do biernego pozyskiwania ciepła są: system zysków bezpośrednich, przegrody akumulacyjno kolektorowe, ogrody zimowe (Lichołai L., 2000). Co jest również istotne bierne systemy nie potrzebują do swojej pracy dodatkowego wspomagania w postaci urządzeń mechanicznych, a ich eksploatacja jest mniej uciążliwa dla użytkownika.

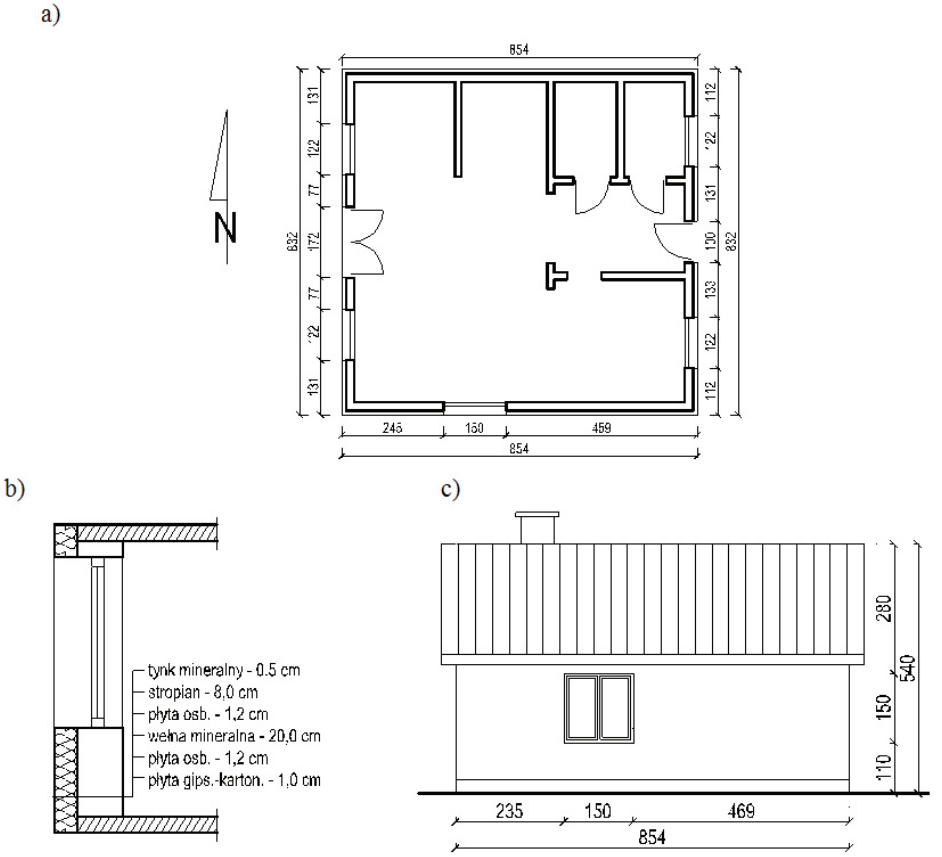
Budownictwo energooszczędne staje się jednym z ważnych elementów kształtowania środowiska w sposób zrównoważony. Realizuje się je również poprzez odpowiednie kształtowanie formy budynku do otoczenia, jego ekspozycji oraz uwzględnianiu kierunków dominujących wiatrów. Najbardziej zaawansowanymi rozwiązaniami w tym zakresie w naszych warunkach klimatycznych są technologie określane mianem budownictwa pasywnego (Dubas W., 2006). W takich budynkach zapewnienie komfortu cieplnego jest możliwe przy zużyciu poniżej 15 $kWh \cdot m^{-2} \cdot rok^{-1}$ (Wehle-Strzelecka S., 2007). Aby uzyskać pożądany efekt oszczędności energii bryła budynku powinna być zwarta, jej obrys prosty, z niewielką powierzchnią ścian zewnętrznych (Dubas W., 2006). Konstrukcja ściany powinna umożliwiać akumulację i transmisję ciepła do środka budynku. Wymagania dotyczące przenikalności ciepła ścian wymuszają również konieczność likwidacji tzw. mostków cieplnych (np. balkonów) (Nawalany G. *et al.*, 2015).

Celem przeprowadzonych obliczeń było wykazanie, który z pasywnych systemów słonecznych jest optymalnym rozwiązaniem w sezonie grzewczym dla modelowej południowej ściany typowego budynku jednorodzinnego o konstrukcji szkieletowej. W pracy wykorzystano wyniki własnych badań i obliczeń oraz dane (Załuski D., 2008) uzyskane przy realizacji pracy realizowanej pod kierunkiem autorów.

Zakres pracy obejmował wykonanie dokumentacji technicznej i analizę energetyczną budynku modelowego. Decydującym kryterium była ilość zaoszczędzonego ciepła na 1 m^2 powierzchni użytkowej, pochodzącego ze źródeł konwencjonalnych po zastosowaniu jednego z wybranych pasywnych systemów słonecznych.

METODYKA BADAŃ

Przedmiotem badań był projekt modelowego budynku mieszkalnego jednorodzinnego (DM), niepodpiwniczonego z poddaszem użytkowym o konstrukcji szkieletowej, wypełnionej wełną mineralną o grubości 20 cm (Rys. 1). Powierzchnia ogrzewanych pomieszczeń wynosiła 135,4 m^2, kubatura 345 m^3 a wysokość kondygnacji 2,7 m. Dla celów obliczeniowych przyjęto wskaźnik krotności wymiany powietrza 0,5 (okna i drzwi szczelnie zamknięte). Dla ścian zewnętrznych współczynnik przenikania ciepła wynosił U = 0,20 $W \cdot m^{-2} \cdot K^{-1}$, zaś dla stropu nad parterem U = 0,17 $W \cdot m^{-2} \cdot K^{-1}$.



Rysunek 1. Budynek modelowy; a) rzut, b) przekrój ściany południowej przez okno, c) elewacja ściany południowej

Analizie poddano wykorzystanie pasywnych elementów pozyskiwania energii cieplnej w ścianie południowej budynku modelowego poprzez określenie jego zapotrzebowania na ciepło grzewcze. Jako kryterium rozstrzygające o wyborze najkorzystniejszego systemu został przyjęty wskaźnik ilości energii którą można zaoszczędzić na 1 m^2 powierzchni użytkowej budynku, dzięki zastosowaniu jednego z przyjętych biernych systemów słonecznych.

Zapotrzebowanie na energię grzewczą budynku zostało obliczone za pomocą programu Epass-Helena oraz OBL_EP (Laskowski L., 1992) służących do obliczania bilansu cieplnego budynku przy ogrzewaniu konwencjonalnym z biernym wykorzystywaniem promieniowania słonecznego. Program oparty był na metodzie SLR, w której udział użytecznego ciepła od nasłonecznienia przy ogrzewaniu pomieszczeń jest funkcją wskaźnika zysków energii słonecznej (SLR) zdefiniowanego jako stosunek promieniowania pochłoniętego przez absorbery do obliczeniowego zapotrzebowania na ciepło. Przyjęto założenie, że wymiana ciepła między pomieszczeniami a otoczeniem przez przegrody zewnętrzne jest quasi-ustalona. Podstawą do sporządzania bilansu cieplnego były średnie miesięczne wartości temperatury powietrza zewnętrznego i sumy całkowitego promieniowania słonecznego przyjęte z normy PN-B-02025 dla stacji meteorologicznej Kraków-Bielany. Dane klimatyczne, które zostały użyte do obliczenia bilansu cieplnego w okresie grzewczym budynku dla obszaru południowej Polski przedstawiono w Tabeli 1.

Tabela 1. Dane klimatyczne do obliczeń

Miesiąc	X	XI	XII	I	II	III	IV
Te [°C]	8,60	1,23	-0,70	-0,90	-0,40	1,70	9,14
Ht [kWh·m^{-2}]	49,60	20,20	11,90	17,10	33,60	65,50	102,40
Rt	1,48	1,93	21,60	2,07	1,70	1,23	0,83

Te – średnie wieloletnie temperatury miesięcy w sezonie grzewczym dla stacji meteorologicznej Kraków – Bielany przyjęto z normy roczników agrometeorologicznych

Ht – wartość obliczeniowa całkowitego promieniowania padającego na płaszczyznę poziomą dla stacji aktynometrycznej Kraków–Bielany przyjęte z normy PN-B-02025 [kWh·m-2]

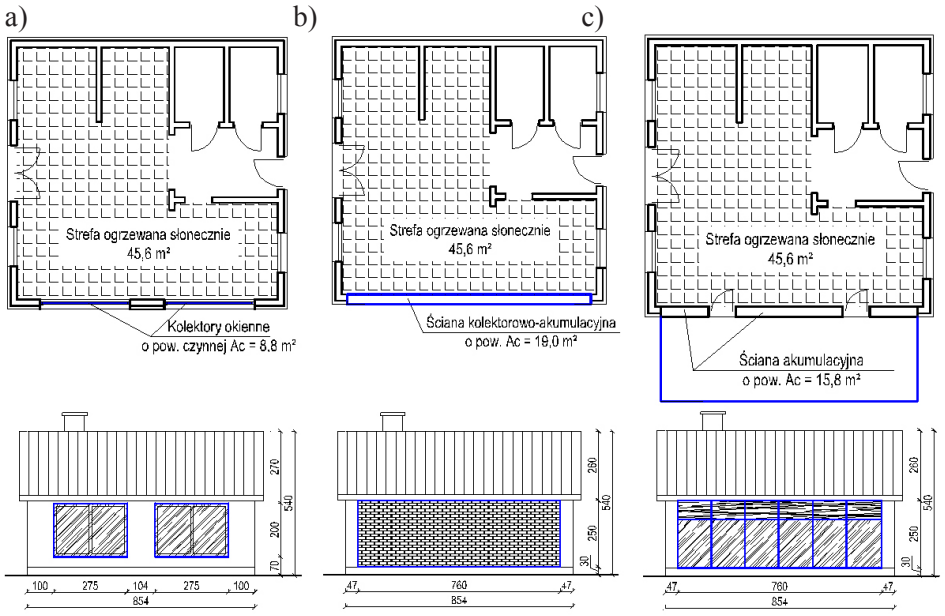
Rt – średni współczynnik przeliczeniowy sumy promieniowania słonecznego dla płaszczyzny pionowej o orientacji południowej (Laskowski L., 1992)

Analiza została wykonana przy założeniu współczynnika przepuszczania promieniowania słonecznego $\tau = 0,65$ (Laskowski L., 1993).

WYNIKI BADAŃ

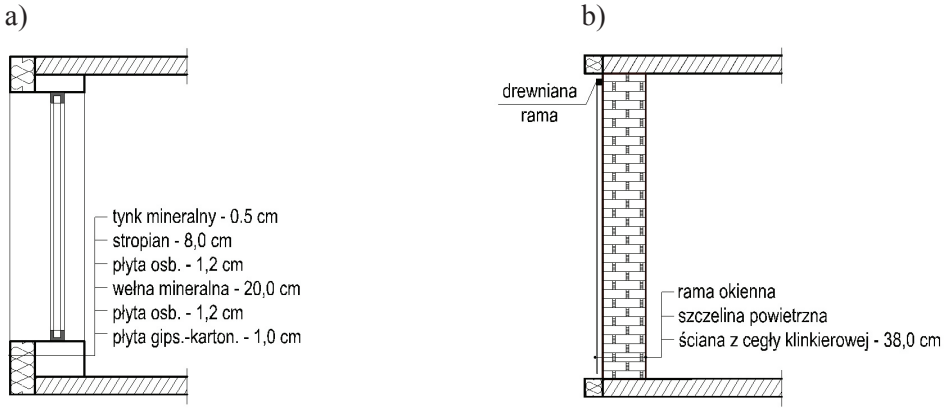
Obliczenia zysków bezpośrednich oraz zapotrzebowania na ciepło grzewcze budynku przeprowadzono dla trzech systemów pasywnego pozyskiwania

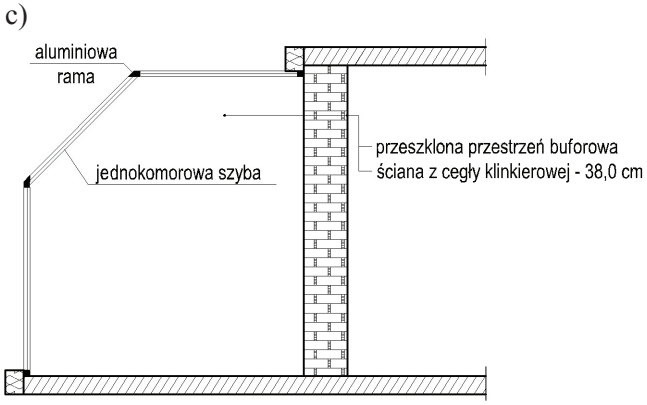
energii cieplnej tj.: ściany z oknami (SO), ściany z cegły klinkierowej (CK), ogrodu zimowego (OZ) (Rys. 2).



Rysunek 2. Rzuty i elewacje budynku z przyjętymi rozwiązaniami pozyskującymi energię słoneczną; a) ściana z oknami (SO), b) ściana akumulacyjna z cegły klinkierowej (CK), c) ogród zimowy (OZ)

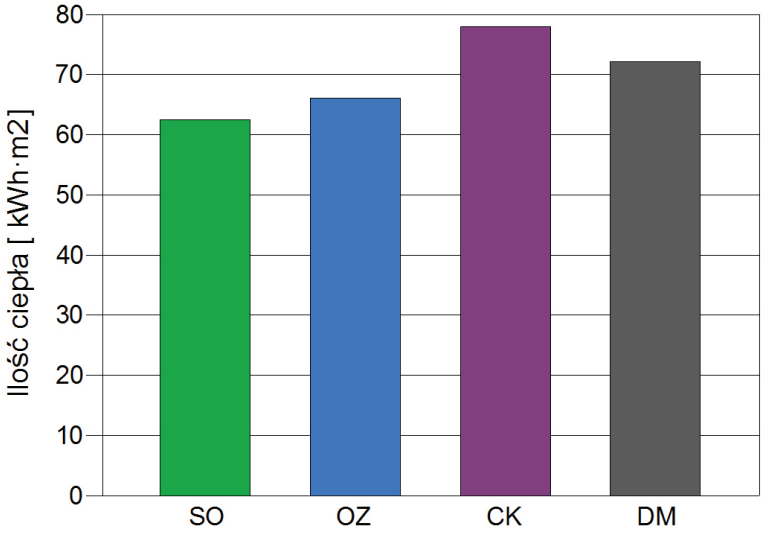
Dla powyższych rozwiązań przyjęto rozwiązania materiałowo-konstrukcyjne przegród ściany południowej budynku modelowego przedstawione na Rys. 3.





Rysunek 3. Przekroje ścian z przyjętymi rozwiązaniami pozyskującymi energię słoneczną; a) ściana z oknami (SO), b) ściana akumulacyjna z cegły klinkierowej (CK), c) ogród zimowy (OZ)

Przeprowadzone obliczenia zapotrzebowanie na ciepło grzewcze jakie powinny dostarczyć grzejniki w domu modelowym (DM) oraz zapotrzebowanie po uwzględnieniu systemu zysków bezpośrednich na ścianie południowej w przyjętych rozwiązaniach zestawione zostały na Rys. 4.



Rysunek 4. Zapotrzebowanie na ciepło grzewcze w trzech porównywanych systemach pasywnego pozyskiwania ciepła oraz w domu modelowym

Przy zastosowaniu SO, która posiadała współczynnik przenikania ciepła U = 0,6 $W \cdot m^{-2} K^{-1}$ zapotrzebowanie na ciepło wyniosło 62 $kWh \cdot m^{-2}$ podczas okresu grzewczego. Uwzględnieniu systemu zysków ze ściany kolektorowo-akumulacyjnejz cegły klinkierowej pełnej CK (współczynnik U = 1,35 $W \cdot m^{-2} K^{-1}$) umieszczonej na ścianie południowej wyniosło 78 $kWh \cdot m^{-2}$. Z kolei przy rozwiązaniu z przestrzenią buforową w postaci ogrodu zimowego OZ zapotrzebowanie na ciepło wyniosło 66 $kWh \cdot m^{-2}$.

Porównanie jednostkowego zapotrzebowania na ciepło, które zostały przeprowadzone w trzech wariantach dla modelowego domu jednorodzinnego pozwoliło stwierdzić, że w klimacie umiarkowanym w jakim analizowano budynek najefektywniejszym rozwiązaniem było użycie najprostszego z systemu zysków bezpośrednich ze słońca czyli dużych okien (SO). Zużycie energii grzewczej w budynku modelowym na poziomie 62 $kWh \cdot m^{-2}$, pozwala zaliczyć budynek do energooszczędnych.

PODSUMOWANIE I WNIOSKI

Na skutek usytuowania geograficznego Polski większa część dziennego promieniowania słonecznego w okresie zimowym pada na elewacje południową. Znaczący udział ma również promieniowanie słoneczne w miesiącach wiosennych i letnich. W miesiącach letnich jednak udział promieniowania znacząco zmniejsza się w wyniku maksymalnej w ciągu roku wysokości słońca nad horyzontem i odpowiadającemu im kątom padania promieniowania słonecznego.

Największą i podstawową zaletą systemu zysków bezpośrednich ze słońca jest prosty sposób jego projektowania i późniejszego budowania. Polega on na maksymalnym pozyskiwaniu promieniowania słonecznego przenikającego przez okna i inne przeszklone przegrody budynku, podnosząc temperaturę i komfort cieplny wewnątrz budynku w chłodnym okresie. Niestety i ten system posiada wady. Najistotniejszą wadą jego jest to, że w letnim okresie dochodzi do przegrzewania się pomieszczeń oraz do cyklicznych zmian strumienia cieplnego co przyczynia się do wahań temperatury wewnątrz budynku (Gawrońska P., 2008). Aby zapobiec temu zjawisku w lecie wykonuje się w budynku okapy i żaluzje ograniczające nadmierne nasłonecznie. Pod względem energetycznym całkowite przeszklenie elewacji południowej budynku nie jest korzystne. Mimo powiększonej przeszklonej powierzchni ściany przez którą wchodzą promienie słoneczne, jak wykazały przeprowadzone obliczenia ilość zakumulowanej energii nie dorówna stratom spowodowanym dużymi przeszkleniami.

W systemach zysków bezpośrednich funkcję magazynu ciepła i elementów absorbujących przejmują podłogi i ściany (Kotarska K., Kotarski Z., 1989). Ściany powinny być wykonane z materiałów o bardzo dużej pojemności cieplnej i barwie ułatwiającej absorbowanie i pochłanianie promieni słońca. Przy czym

muszą mieć jednocześnie właściwą grubość dzięki czemu mogą być masywną obudową cieplną pomieszczenia. Dzięki temu zmniejszają wahania temperatury wewnątrz pomieszczeń. Przegrody znajdujące się w zasięgu bezpośredniego oddziaływania promieniowania winny mieć ciemną barwę aby zwiększyć możliwości pochłaniania promieni słonecznych. Natomiast ściany i sufit nie poddane bezpośrednio promieniowaniu albo poddane w sposób krótko trwały powinny mieć barwę jasną w celu rozproszenia światła wewnątrz pomieszczeń.

Na podstawie przeprowadzonych badań stwierdzono, że najefektywniejszym systemem pozyskującym energię cieplną ze słońca są duże przeszklenia okienne na południowej ścianie budynku modelowego. Przy takim rozwiązaniu zapotrzebowanie na ciepło grzewcze wyniosło dla badanego budynku 62 $kWh \cdot m^{-2}$ w całym sezonie grzewczym. Dzięki zastosowaniu takiego rozwiązania można ograniczyć zużycie energii grzewczej w budynku modelowym nawet o 14% przy jego prawidłowej lokalizacji względem stron świata.

LITERATURA

Chwieduk D. (2006). Modelowanie i analiza pozyskiwania oraz konwersji termicznej energii promieniowania słonecznego w budynku. Warszawa. IPPT PAN.

Dubas W. (2006). Podstawy budownictwa energooszczędnego. Przegląd budowlany, 5, 19-24.

Furtak M. (2015). Energooszczędne elewacje – elementy kształtowania obudowy architektonicznej budynku. Materiały budowlane, 7, 111-115.

Gawrońska P. (2008). O oszklonej przestrzeni buforowej. Część 1. Świat szkła, 6, 14-21.

Kotarska K., Kotarski Z. (1989). Ogrzewanie energią słoneczną: systemy pasywne. Warszawa. Wydawnictwo Czasopism i Książek Technicznych SIGMA-NOT.

Laskowski L. (1992). Ogrzewnictwo. Część II. Projektowanie systemów biernego ogrzewania słonecznego w energooszczędnych budynkach. Kielce. Dział Wydawnictw Politechniki Świętokrzyskiej.

Laskowski L. (1993). System biernego ogrzewania słonecznego. Zagadnienia funkcjonowania i efektywności energooszczędnej. IPT PAN.

Lichołai L. (2000). Analiza funkcjonowania pasywnych systemów ogrzewania słonecznego: prognozowanie ich efektywności energetycznej. Rzeszów. Oficyna Wydawnicza Politechniki Rzeszowskiej.

Nawalany G., Sokołowski P., Herbut P., Angrecka S. (2015). Charakterystyka cieplno-wilgotnościowa termomodernizowanych przegród w budynkach mieszkalnych na wybranym przykładzie. Infrastruktura i ekologia terenów wiejskich, IV/1, 887-897.

PN-B-02025. (1999). Obliczenie sezonowego zapotrzebowania na ciepło do ogrzewania budynków mieszkalnych i użyteczności publicznej. Warszawa. Polski Komitet Normalizacyjny.

Wehle-Strzelecka S. (2007). Współczesne technologie pozyskiwania energii słonecznej i ich wpływ na estetykę rozwiązań architektonicznych. Czasopismo techniczne, 4-A, 313-320.

Załuski D. (2008). Możliwość modernizacji domu o konstrukcji szkieletowej na dom energooszczędny pod względem rozwiązań materiałowo-konstrukcyjnych. Praca magisterska. Kraków.

dr hab. inż. arch. Piotr Herbut
dr inż. Sabina Angrecka
prof. dr hab. Eugeniusz Herbut
dr hab. inż. Grzegorz Nawalany
mgr inż. Paweł Sokołowski
Katedra Budownictwa Wiejskiego
Uniwersytet Rolniczy w Krakowie
al. Mickiewicza 24-28, 30-059 Kraków
email: p.herbut@ur.krakow.pl

Wpłynęło: 02.08.2016
Akceptowano do druku: