

Jolanta FIEDUCIK<sup>1</sup>

Jan GODLEWSKI<sup>2</sup>

## ANALIZA MOŻLIWOŚCI WYKORZYSTANIA SŁONECZNYCH KOLEKTORÓW POWIETRZNYCH DO OGRZEWANIA DOMÓW JEDNORODZINNYCH ORAZ PODGRZEWANIA WODY

W artykule przedstawiono analizę możliwości wykorzystania słonecznych kolektorów powietrznych do uzyskania energii cieplnej dla energooszczędnego domu jednorodzinnego w celach grzewczych oraz ciepłej wody użytkowej dla mieszkańców. Przedstawiono rodzaje, budowę i zasadę działania kolektorów powietrznych oraz sprawność. Rozpatrzono ich zalety i wady. Kolektory powietrzne dodatkowo oprócz ogrzewania budynku mogą zapewniać jego całoroczną wentylację. Zaprezentowano parametry domu energooszczędnego i normy zużycia ciepłej wody użytkowej na mieszkańca. Analizę zapotrzebowania ciepła na ogrzewanie budynku energooszczędnego przez kolektory powietrzne przeprowadzono przy pomocy programu GetSolar. Program GetSolar Profesjonal służy do symulacji instalacji kolektorów słonecznych w różnych warunkach klimatycznych. Rozważania przeprowadzono dla warunków klimatycznych miasta Olsztyna, uwzględniając napromieniowanie w warunkach północnej Polski. Określono usytuowanie budynku względem stron świata, wyznaczono powierzchnię i lokalizację kolektorów słonecznych na dachu, oraz uwzględniono ich optymalne pochylenie względem padających promieni słonecznych. Przedstawiono bilans energii uwzględniając wartość energii napromieniowania słonecznego dla kolejnych miesięcy w roku oraz energii potrzebnej na ogrzanie energooszczędnego domu jednorodzinnego i ciepłej wody użytkowej. Do rozważań wykorzystano komercyjne zestawy słonecznych kolektorów powietrznych SolarVenti Hybryd. Na podstawie analizy wyników, stwierdzono, że przy zastosowaniu odpowiedniej powierzchni słonecznych kolektorów powietrznych w warunkach północnej Polski, jest możliwość ogrzania budynku i zaspokojenia potrzeb ciepłej wody dla mieszkańców poza dwoma miesiącami zimowymi. Wtedy należy zastosować alternatywne źródła ogrzewania.

**Słowa kluczowe:** napromieniowanie słoneczne, słoneczne kolektory powietrzne, system grzania w budynku, dom energooszczędny, program GetSolar.

<sup>1</sup> Autor do korespondencji: Jolanta Fieducik, Uniwersytet Warmińsko-Mazurski w Olsztynie, Wydział Nauk Technicznych, 10-900 Olsztyn ul. Oczipowskiego 11, telefon 89 523 3621, jolanta.fieducik@uwm.edu.pl.

<sup>2</sup> Jan Godlewski, Politechnika Gdańska, Wydział Fizyki Technicznej i Matematyki Stosowanej, 80-233 Gdańsk, ul. Gabriela Narutowicza 11/12, telefon 58 347 16 87, photooptics@pg.gda.pl.

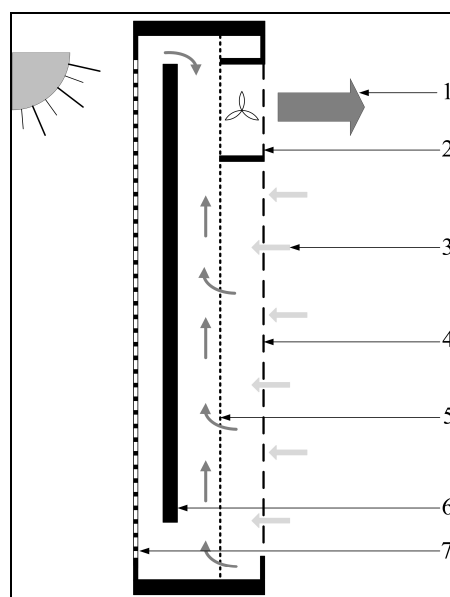
## 1. Wstęp

Wykorzystanie energii słonecznej w celach grzewczych budynków i zapewnienia ciepłej wody jest wciąż aktualną kwestią, ponieważ zasoby paliw konwencjonalnych wraz z czasem wyczerpują się [1, 2]. Zagadnienie to jest szczególnie aktualne i ważne dla niewielkich obiektów budowlanych. Przedmiotem rozważań są takie obiekty w których padająca energia słoneczna całkowicie zapewnia potrzeby energetyczne. Obiektami urzeczywistniającymi te wymagania są domy jednorodzinne. Powyższe zadanie zapewnienia energii cieplnej dla domów jednorodzinnych może być realizowane na różne sposoby [1, 2, 3, 4]. Celem tego artykułu jest analiza dotycząca możliwości wykorzystania kolektorów powietrznych dla uzyskania energii cieplnej w energooszczędnym domu jednorodzinnym w celach grzewczych oraz zapewnienia ciepłej wody użytkowej. Dodatkowo, przeprowadzona będzie analiza dotycząca jednoczesnego wykorzystania kolektorów dla celów chłodzenia obiektu. Analiza powyższa będzie dokonana na przykładzie warunków klimatycznych miasta Olsztyna, przy zastosowaniu komercyjnych kolektorów powietrznych. W ramach analizy zostanie dokonana ocena bilansu energetycznego obiektu. Niektóre warunki techniczne, jakim powinny odpowiadać budynki oraz ich usytuowanie, dotyczące efektywności energetycznej wynikają z unijnej Dyrektywy 2010/3/UE, która nakłada na państwa członkowskie obowiązek obniżania zużycia energii, aż do poziomu bliskiego zero z początkiem 2021 roku. Polski ustawodawca rozłożył te wymogi na trzy etapy, pierwszy zaczął obowiązywać już od 1 stycznia 2014 roku i zmienił dotychczasowe wskaźniki przenikania ciepła  $U$  dla różnych przegród budynku oraz wartości parametru  $Ep$ , mierzącego poziom zapotrzebowania na nieodnawialną energię pierwotną. Ważną rangę ze względu na nowe przepisy zyskuje parametr mówiący o zapotrzebowaniu budynku na nieodnawialną energię pierwotną, który ocenia go pod względem zużycia energii oraz wpływu na środowisko naturalne. O jego wartości decydują m.in. materiały izolacyjne, stosowane do ocieplenia przegród oraz sposób ogrzewania (ważne są zarówno urządzenia, jak i rodzaj paliwa). Maksymalna wartość wskaźnika  $Ep$  ujęta w nowym rozporządzeniu określa zapotrzebowanie na energię do ogrzewania, wentylację i przygotowanie ciepłej wody użytkowej ( $Ep_{h+w}$ ). W kolejnych latach będzie obowiązywać następujący standard dla wskaźnika  $Ep$  w budownictwie jednorodzinnym – nie więcej niż 120 kWh/m<sup>2</sup> od 2014, 95 kWh/m<sup>2</sup> od 2017 i 70 kWh/m<sup>2</sup> od 2021 roku.

## 2. Budowa i parametry kolektorów powietrznych

Słoneczne kolektory powietrzne mogą być zbudowane z obudowy i absorbera, występują jako odkryte w których promieniowanie słoneczne pada bezpośrednio na absorber lub zakryte w których absorber znajduje się pod przezroczystą osłoną. W kolektorach powietrznych energia promieniowania słoneczne-

go przekazywana jest do absorbera od którego ogrzewa się przepływające w kolektorze powietrze. Strumień powietrza w zależności od budowy kolektora może przepływać nad absorberem lub pod absorberem, a w kolektorach bardziej rozbudowanych nad i pod absorberem lub przez absorber. W kolektorze strumień powietrza przepływa przez specjalnie wyprofilowane kanały. Wyróżniamy kanały o przekroju prostokątnym, trójkątnym, owalnym. Absorber może być płaski, chropowaty lub porowaty przez co znacznie wzrasta powierzchnia a to wpływa na sprawność wymiany ciepła między absorberem a przepływającym powietrzem. Poniżej na rysunku 1 przedstawiono schemat budowy i działania kolektora powietrznego.



Rys. 1. Schemat budowy oraz zasada działania słonecznego kolektora powietrznego[6]. 1. Świeże ogrzane powietrze tłoczone przez wentylator; 2. Wentylator; 3. Powietrze zasysane przez perforowaną pokrywę płytę; 4. Perforowana pokrywa aluminiowa; 5. Mata z czarnego filcu; 6. Absorber; 7. Ogniwo fotowoltaiczne

Fig.1. A diagram and the working principles of an air collector [6]

Kolektory powietrzne charakteryzują się dużą sprawnością przetwarzania energii słonecznej na energię cieplną [1- 4] oraz tym, że czynnikiem roboczym jest powietrze. W temperaturach typowych dla klimatu na Ziemi, powietrze jest niepodatne na zmiany fazowe czynnika roboczego. Jednocześnie, powietrze ogrzane w kolektorze może być bezpośrednio używane do ogrzania obiektu, bez czynników pośrednich. Wykorzystanie przepływu ciepłego powietrza z kolektora może także zapewnić bardzo dobrą wentylację i osuszanie odpowiednich

pomieszczeń. Niewątpliwą zaletą kolektorów powietrznych jest łatwość sterowania strumieniem powietrza, szybkiej zmiany temperatury oraz monitorowania stanu termodynamicznego pomieszczeń. Poniżej przedstawiono na rysunku 2 schemat działania kolektora powietrznego podczas ogrzewania.



Rys. 2. Schemat działania kolektora powietrznego SolarVenti w cyklu ogrzewania [7]

Fig. 2. A working diagram of a SolarVenti air collector during a heating cycle [7].

Pewną wadą kolektorów powietrznych jest to, że przy zmianie czynnika roboczego, z powietrza na dowolną ciecz, w celu ogrzewania domu lub innego obiektu muszą być bardziej rozbudowane wymienniki ciepła niż ma to miejsce w przypadku wymienników typu ciecz-ciecz [4].

Istnieje szereg producentów kolektorów powietrznych różnego typu i przeznaczenia. Poniżej przedstawiono parametry techniczne typowego kolektora słonecznego w wersji do ogrzewania budynku i w wersji hybrydowej z możliwością podłączenia do układu zbiornika w celu ogrzewania wody.

Tabela 1. Wybrane parametry kolektora powietrznego SolarVenti SV30X i SV30 Hybrid [6]

Table 1. Chosen parameters of the air collector SolarVenti SV30X and SV30 Hybrid [6]

Typ kolektora powietrznego	SolarVenti SV30X	SolarVenti SV30 Hybrid
Powierzchnia kolektora powietrznego	3 m <sup>2</sup>	3 m <sup>2</sup>
Przepływ powietrza	200 m <sup>3</sup> /h	100-150 m <sup>3</sup> /h
Czas całkowitej wymiany powietrza w pomieszczeniu	2 godziny	3 godziny
Sprawność przetwarzania energii słonecznej	70%	70%
Średnia produkcja energii	2100 kWh/rok	2100 kWh/rok
Wzrost temperatury w kolektorze w stosunku do temperatury zewnętrznej	ok. 40°C (np. 10°C do 50°C)	ok. 30-40°C
Wymiary kolektora w mm: dł. x szer. x grubość.	3000 x 1020 x 75 mm	3000 x 1020 x 105 mm
Dodatkowe wyposażenie		
Ogniwo słoneczne PV – moc	38 W	24 W
Moc wentylatora	5,1 W	6,2 W
Waga (panel)	22,5 kg	31,3 kg
Bezobsługowe (liczba lat)	do 15 lat	do 15 lat
Gwarancja na produkt	5 lat	5 lat
Obudowa kolektora	aluminium	aluminium
Pokrywa (przezroczysta)	poliwęglan	poliwęglan
Zestaw z możliwością do chłodzenia pomieszczeń	tak	tak
Zbiornik na wodę	nie	100-150 l

### 3. Warunki energetyczne

W rozdziale tym dokonano analizy warunków energetycznych związanych z zapotrzebowaniem na energię ciepłą dla celów grzewczych w energooszczędnym domu jednorodzinnym i zapotrzebowania na ciepłą wodę użytkową dla trzech mieszkańców. Założono, że powierzchnia użytkowa domu wynosi 150 m<sup>2</sup>, natomiast wymiary domu w podstawie wynoszą 10 x 10 metrów. Uwzględniono dom zbudowany w standardzie energooszczędnym, którego zapotrzebowanie na ciepło według norm kształtuje się na poziomie 40 kWh/m<sup>2</sup>/rok. Natomiast dla ogrzania ciepłej wody użytkowej założono 8,37 kWh przeliczając na dzień dla 3 osób zużycie 160 litrów wody nagrzewanej od 10°C do 55°C. Do analizy zapotrzebowania domu na energię i możliwości jej uzyskania przyjęto, że dach domu jest usytuowany pod kątem 45°, a jednostronna powierzchnia dachu od strony słonecznej ma powierzchnię 60 m<sup>2</sup> i jest cała pokryta powietrznymi kolektorami słonecznymi.

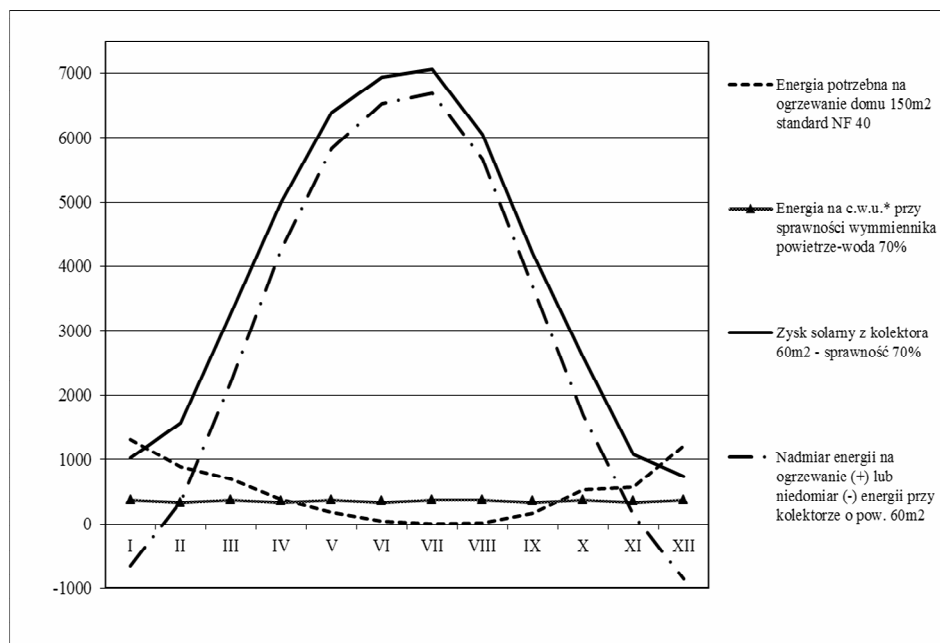
Na podstawie danych meteorologicznych dla miasta Olsztyna, z wykorzystaniem programu GetSolar Professional [5] w poszczególnych miesiącach otrzymujemy następującą wartość energii słonecznej padającej na 1 m<sup>2</sup> kolektora ( tzw. energia napromieniowania – kolumna 2 w tabeli 2). W tabeli 2 są także podane inne istotne wielkości dla zapewnienia ogrzewania domu i uzyskania ciepłej wody użytkowej.

Tabela 2. Bilans energetyczny dotyczący energii napromieniowania pochodzącej od Słońca oraz energii niezbędnej na cele grzewcze dla domu jednorodzinnego i c.w.u. w różnych miesiącach roku.

Table 2. The energy balance for solar energy obtained from the sun and energy necessary for heating purposes for a single family house and hot water in during the individual months of the year.

Mie- siąc	Napromieniowa- nie na 1m <sup>2</sup> kolektora	Energia potrzebna na ogrzewa- nie domu 150m <sup>2</sup> stan- dard NF 40	Energia na c.w.u.* przy sprawności wymennika powietrze- woda 70%	Napromie- niowanie cał- kowite kolek- tora po- wietrznego o pow. 60m <sup>2</sup>	Zysk solar- ny z kolek- tora 60m <sup>2</sup> - sprawność 70%	Nadmiar energii na ogrzewanie (+) lub niedomiar (-) energii przy ko- lektorze o pow. 60m <sup>2</sup>
1	2	3	4	5	6	7
	[kWh/m2]	[kWh]	[kWh]	[kWh]	[kWh]	[kWh]
I	24,4	1310	370	1464	1025	-655
II	37,2	886	334	2232	1562	342
III	77,9	700	370	4674	3272	2202
IV	119	379	359	7140	4998	4260
V	152	184	370	9120	6384	5830
VI	165	45	359	9900	6930	6526
VII	168	0	370	10080	7056	6686
VIII	144	13	370	8640	6048	5665
IX	100	160	359	6000	4200	3681
X	61,6	532	370	3696	2587	1685
XI	25,6	575	359	1536	1075	142
XII	17,4	1217	370	1044	731	-856
Razem	1092	6000	4359	65520	45864	35505

Tabela została utworzona w oparciu o dane uzyskane z programu GetSolar dla lokalizacji Olsztyna o szer. geograficznej 53,5 i długości geograficznej 20,3. Wyniki z tabeli 2 przedstawiono w formie graficznej na wykresie 1.



Wykres 1. Bilans energii uzyskanej z kolektorów słonecznych i energii potrzebnej na ogrzewanie domu i c.w.u.

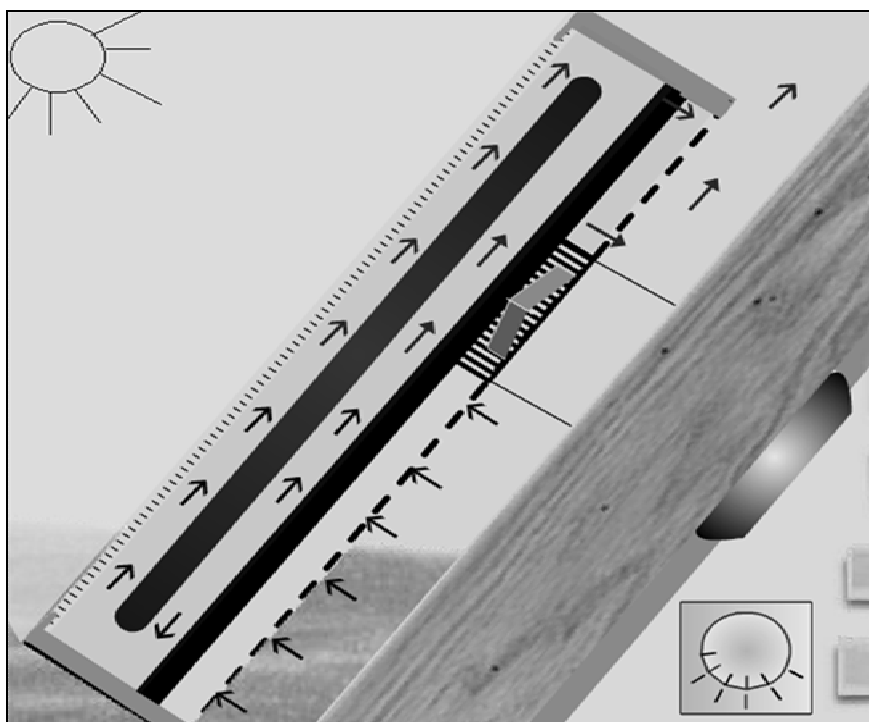
Graph 1: Energy balance obtained from collectors solar and the energy necessary to heat the house and hot water in

Jak już podkreślono przyjęto, że promieniowanie słoneczne pada na kolektor powietrzny o powierzchni  $60\text{m}^2$ . Podczas obliczeń uwzględniono zapotrzebowanie na energię cieplną do ogrzewania domu o powierzchni  $150\text{m}^2$  na poziomie  $6000\text{ kWh/rok}$ , zgodnie z zapotrzebowaniem na tą energię określoną przez normę dla domu energooszczędnego wynoszącą  $40\text{ kWh/m}^2$  na rok.

Z tabeli 2 i wykresu 1 wynika, że przy parametrach domu energooszczędnego, zastosowanych kolektorach powietrznych o powierzchni  $60\text{m}^2$  i zużyciu ciepłej wody użytkowej według norm istnieje nadmiar ciepła w wielu miesiącach, szczególnie letnich. Braki ciepła do ogrzewania domu istnieją tylko w dwóch miesiącach zimowych, a mianowicie w grudniu i styczniu. W miesiącach w których jest zdecydowany nadmiar energii, zgodnie z obliczeniami, całkowita jej wartość wynosi około  $35505\text{ kWh}$ . Relatywnie, w miesiącach zimowych niedomiar energii cieplnej jest niewielki i wynosi  $1511\text{ kWh}$ . Brakującą w miesiącach zimowych ilość energii należy zabezpieczyć przy pomocy innych źródeł energii, jeżeli nie dokonuje się magazynowania energii. W pracy [8] pokazano, że można z łatwością zmagazynować latem energię niezbędną do ogrzewania domu w miesiącach zimowych.

#### 4. Wykorzystanie kolektorów słonecznych dla uzyskania chłodu

Kolektory słoneczne mają także, choć w ograniczonym zakresie, możliwość chłodzenia obiektów. Wybrane typy kolektorów mają specjalnie przystosowane systemy wylotowe dla powietrza, aby uzyskać efekt chłodzenia.



Rys. 3. Schemat działania kolektora powietrznego SolarVenti w cyklu chłodzenia [7]

Fig. 3. A working diagram of the SolarVenti sun collector during a cooling cycle [7]

Uzyskanie efektu chłodzenia domu wymaga jednak dostosowania całego obiektu do tego celu. W przypadku domu jednorodzinnego kolektorami powietrznymi należy pokryć tę część budynku, którą oświetla Słońce, a pozostała część budynku powinna posiadać powierzchnie istotnie odbijającą promieniowanie słoneczne o różnej długości (np. folie metaliczne). Z oświetlonej części budynku pokrytej kolektorami należy odpompować nagrzane powietrze na zewnątrz lub użyć do magazynowania ciepła. Można oczekiwać, że w wyniku takich zabiegów temperatura wewnątrz obiektu może przekraczać tylko o kilka stopni temperaturę podłoża i wynosić około 20° Celsjusza. System chłodzenia za pomocą kolektora powietrznego jest stosunkowo prostą i taną instalacją. Taki układ nie zapewni wystarczającego chłodzenia w klimacie ciepłym.



W warunkach ciepłego klimatu należy zastosować bardziej złożone systemy chłodzenia w oparciu o kolektory słoneczne. Systemy tego typu były opisane w pracy [2].

## 5. Podsumowanie

Przedstawiono nowe możliwości zastosowania powietrznych kolektorów słonecznych w warunkach klimatycznych Polski. Ze względu na prostotę konstrukcji, względną taniość oraz fakt, że czynnikiem roboczym jest powietrze, kolektory te nadają się doskonale do ogrzewania domów, ogrzewania wody użytkowej a także do chłodzenia domów w klimacie umiarkowanym. Zastosowanie kolektorów powietrznych prowadzi także do właściwej wentylacji budynku, co szczególnie przy budownictwie energooszczędnym ma istotne znaczenie. Zastosowanie kolektorów powietrznych w budownictwie mieszkaniowym, dla zapewnienia energii cieplnej budynku i wody użytkowej, chłodu oraz odpowiedniej wentylacji budynku, powinno być przewidziane już w fazie projektowania obiektu.

## Literatura

- [1] Kalogirou S. A.: Solar thermal collectors and applications, *Progress in Energy and Combustion Science* 30, 2004, 231-295.
- [2] Kim D. S., Infante Ferreira C.A.: Solar refrigeration options – a state –of-the-art review, *International Journal of Refrigeration*, 31, 2008, 3-15.
- [3] Smolec W.: Fototermiczna konwersja energii słonecznej, PWN, Warsaw, Poland, 2000.
- [4] Timilsina G. R., Kurdgelashvili L, Narbel P. A.: A review of solar energy; Markets, economics and policie, *Polisy Research Working Paper 5845*, Soc. Sci. Res. Netw. 2011,49 pages.
- [5] GetSolar software Autor: Dipl.-ing Markus Maier. version 10.1.1. 21.12.2009.
- [6] <http://www.solarventi.com> [dostęp: 1 maja 2014 r.]
- [7] <http://www.galileaenergy.com/kolektory-powietrzne-systemy-solar-venti.php> [dostęp: 1 maja 2014 r.]
- [8] Fieducik J., Godlewski J.: Storing thermal energy from solar collectors for the needs of a detached house, *Polish Journal of Environment Studies*, 2014, (in print)

## ANALYSIS OF THE POSSIBILITY OF USING SOLAR AIR COLLECTORS FOR DETACHED HOUSES HEATING AND TO WATER PREHEATING

### Summary

The article gives an analysis of the possibility of using solar air collectors for acquiring thermal energy in energy-efficient detached house for heating purpose throughout the whole year

as well as domestic hot water for residents. Types, construction and principles of operation of air collectors and their efficiency were described. Consideration was also given to their advantages and disadvantages. In addition to heating, systems air collectors can provide year-round ventilation of building. The parameters and standards for energy-efficient home and hot water consumption per capita were presented. Analysis of the heat demand for heating of energy efficient building by air collectors were carried out using GetSolar software. The program is designed for the purposes of simulating of solar panels installations in different climatic conditions. Consideration was made for the climatic conditions of the city of Olsztyn, having regard to the solar radiation in the North Poland. The location of the building in relation to the quarters of the globe, and the location of the solar panel on the roof, as well as their optimum tilt relative to the falling sunlight were also specified. The energy balance, taking into account the value of the energy of the solar radiation for consecutive months of the year, the energy needed for heating of energy efficient house and domestic hot water preheating, was shown. For the considerations purposes, SolarVenti Hybryd solar air collectors sets were used. Based on an analysis of the results, it was found that using the appropriate surface of solar air collectors, it is possible to heat the building and meet the needs of hot water for residents in North Poland, excluding two months of winter, when alternative sources of heating should be used.

**Keywords:** solar radiation, solar air collectors, house heating systems, energy-efficient home, GetSolar software.

DOI:10.7862/rb.2014.81

*Przesłano do redakcji: 24.11.2014 r.*

*Przyjęto do druku: 18.12.2014 r.*