

**Gabriela RUTKOWSKA**

Katedra Budownictwa i Geodezji SGGW  
Department of Civil Engineering and Geodesy WULS

## **Analiza możliwości docieplania istniejących budynków jednorodzinnych w aspekcie wykorzystania niekonwencjonalnych źródeł energii**

### **The analysis of warming-up possibilities for existing detached houses with unconventional sources of energy**

**Słowa kluczowe:** docieplanie, niekonwencjonalne źródła energii

**Key words:** warming-up, unconventional sources of energy

#### **Wprowadzenie**

Pozyskiwanie energii na podstawie jej kopalnianych nośników stanowi coraz większy problem w ujęciu globalnym. Nadmierna emisja gazów wytworzonych przy spalaniu węgla kamiennego bądź brunatnego doprowadza do zwiększenia efektu cieplarnianego oraz zakwaszenia środowiska naturalnego. Problem stanowi także coraz większa liczba odpadów poprodukcyjnych, jak również praktycznie nieodnawialność tego typu źródeł energii. Według raportu amerykańskiego Departamentu Energii, opublikowanego w 2005 roku, do 2050 roku światowe zużycie energii podwoi się, a pod koniec tego stulecia wzrośnie trzykrotnie. Dla tego celowe jest odchodzenie od dotych-

czasowych źródeł energii i zastępowanie ich innymi – na razie nazywanymi niekonwencjonalnymi. Niekonwencjonalne źródła energii to takie, które do jej wytwarzania nie korzystają z organicznych paliw kopalnych, tzn. węgla brunatnego i kamiennego, gazu ziemnego, ropy naftowej i ich pochodnych. Energię przetwarzają, wykorzystując oddziaływanie wiatru, rzek, promieniowania słonecznego lub też w wyniku spalania biomasy (Ciśliński i Michlewicz 1996).

Udział w bilansie energetycznym energii odnawialnej dla Polski wynosi tylko 3%, podczas gdy w krajach Europy Zachodniej sięga nawet kilkunastu procent (Tymiński 1997). Strategia rozwoju energetyki odnawialnej, przyjęta przez Polski Sejm, zakłada 7,5-procentowy udział odnawialnych źródeł energii w bilansie energetycznym kraju w 2010 roku. Planowany wzrost produkcji elektrycznej w Polsce na 2010 rok przedstawia tabela 1. W 2020 roku, według za-

TABELA 1. Planowany wzrost produkcji energii z niekonwencjonalnych źródeł w Polsce (www.bio-masa.org)

TABLE 1. The planned increase in the production of energy of unconventional sources in Poland

Rodzaj energii Type of energy	Udział w 1995 roku [GW] Share in a total energy in 1995	Planowany udział w 2010 roku [GW] Planned share in 2010	Wzrost [%] Increase
Energia elektryczna			
Energia wiatru	2,5	40	1600
Duże elektrownie wodne	82,5	91	110
Małe elektrownie wodne	9,5	14	147
Razem elektrownie wodne	92	105	114
Energia fotowoltaniczna w szczycie	0,03	3	10 000
Energia geotermalna	0,5	1	200
Inne		1	
Energia cieplna			
Biomasa	44,8 Mtoe	135 Mtoe	301
Energia słoneczna	6,5 mln m <sup>2</sup>	100 mln m <sup>2</sup>	1538
Energia geotermalna	1,3 GW	5 GW	385
Pasywne systemy słoneczne	–	30 Mtoe	–

łożeń dokumentu, udział niekonwencjonalnych źródeł w energetyce ma wynosić 14% (Ministerstwo..., 2000).

Najwięcej energii odnawialnej produkują województwa pomorskie i kujawsko-pomorskie. Energetyka polska w dalszym ciągu oparta jest na węglu, który dostarcza najwięcej, bo aż 93% energii elektrycznej, jednocześnie powoduje też największe zanieczyszczenie środowiska. Udział poszczególnych źródeł w produkcji energii przedstawia rysunek 1.

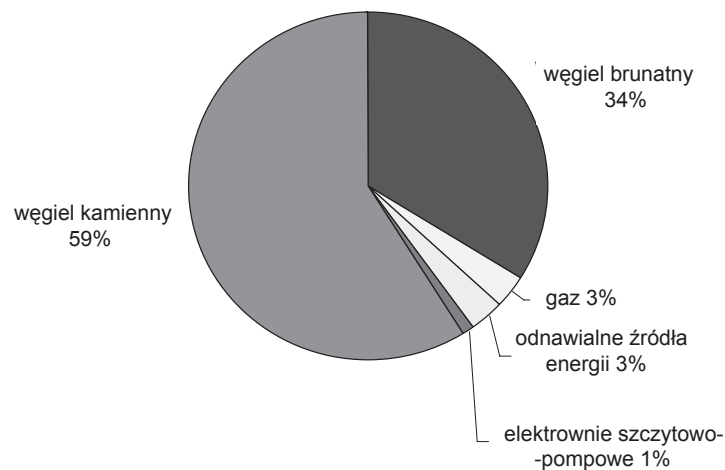
### Metoda pracy i założenia badawcze

Metodyka badawcza pracy oparta jest na analizie stanu badań – krytycznej analizie literatury przedmiotu, wyborze

i analizie obiektów zrealizowanych oraz syntezie badań. Analiza literatury przedmiotu dotyczy zagadnień związanych z możliwością docieplania istniejących budynków jednorodzinnych w aspekcie wykorzystania niekonwencjonalnych źródeł energii.

Wybór budynków jednorodzinnych oraz ich analiza dotyczy przykładów obiektów wybudowanych w różnych regionach Polski. Przykłady te pozyskane zostały z przeprowadzonych bezpośrednich badań terenowych.

Ilość energii wyprodukowanej przez zaprojektowane instalacje obliczona została dzięki ogólnodostępnym, programom komputerowym „Kolektorek v1.0”, „Wiatrak v1.1” oraz „AKWA-DUKT thermo”. Parametry niektórych instalacji grzewczych wyznaczano na



RYSUNEK 1. Procentowy udział produkcji elektrycznej poszczególnych źródeł energii w Polsce, stan na 2004 rok (www.biomasa.org)

FIGURE 1. The percentage of the electric production of individual energy sources in Poland, state in 2004

podstawie danych dostarczonych przez producentów systemu. Symulacja komputerowa pozwoliła na dokładną analizę funkcjonowania zaproponowanych rozwiązań instalacyjnych wykorzystujących niekonwencjonalne źródła energii.

W niniejszym artykule przedstawiono rozwiązania do jednego budynku. W pracy wybrano optymalne rozwiązania zastosowania niekonwencjonalnych źródeł ciepła do celów grzewczych. Przy sprawdzaniu poprawności przyjętych założeń wykorzystano wyżej wymienione programy komputerowe.

**Kolektorek v1.0.** Program komputerowy umożliwiający samodzielne zaprojektowanie instalacji solarnej do podgrzewania ciepłej wody użytkowej. Projektowanie kolektora słonecznego w programie obejmuje kolejno:

- obliczenie zapotrzebowania na energię do przygotowania ciepłej wody użytkowej,

- lokalizację instalacji (w tym nasłonecznienie, temperaturę, usłonecznienie),
- wybór okresu zapotrzebowania na ciepłą wodę użytkową (przyjmowano cały rok),
- obliczenie pojemności i dobór zasobnika na ciepłą wodę wraz z wyliczeniem strat hydraulicznych,
- wybór kolektora oraz wyznaczenie jego powierzchni,
- stabelaryzowane podsumowanie zysku energetycznego w ciągu roku,
- okres zwrotu inwestycji (przy założonej cenie paliwa konwencjonalnego).

**Wiatrak v1.1.** Program komputerowy pozwalający wyliczyć moc, jaką można uzyskać z zaprojektowanego silnika wiatrowego o osi wirnika równoległej do kierunku przepływu wiatru. Program pozwala zanalizować warunki pracy przydomowej elektrowni wiatrowej z uwzględnieniem:

- kształtu łopatek,
- kierunku napływu i prędkości powietrza względem łopatki,
- sił występujących na łopatkach,
- mocy oraz momentu obrotowego, jaką dana elektrownia wytworzy.

**AKWADUKT Thermo.** Program komputerowy, pozwalający zwymiarować przepływowe gruntowe wymienniki ciepła. Efektywność tego typu instalacji była wyliczana przy uwzględnieniu:

- strefy klimatycznej (według normy PN-B:02025:2001),
- rodzaju gruntu,
- kubatury budynku oraz krotności wymiany powietrza,
- głębokości ułożenia rur, ich średnicy oraz poziomu zwierciadła wody gruntowej,
- typu instalacji (forma Tichelmana, meandrowa, pierścieniowa).

Programy te pokazywały możliwe do uzyskania zyski energetyczne zaprojektowanych instalacji. Wybór rodzaju instalacji dobierano na podstawie symulacyjnych wyników z opisanych powyżej programów komputerowych i danych uzyskanych od producentów systemów pobierających energię z niekonwencjonalnych źródeł.

W pracy wstępnie zapoznano się z warunkami możliwości wykorzystania niekonwencjonalnych źródeł energii dla danego budynku (warunki atmosferyczne, uwarunkowania terenowe). Następnie wybierano te, które byłyby najbardziej efektywne pod względem ekonomicznym w stosunku do zysków energetycznych dla poszczególnych gospodarstw domowych. Wraz z opisem zaprojektowanej instalacji przedstawiono prawdopodobne zyski energetyczne

dla poszczególnych budynków jednorodzinnych.

## Charakterystyka budynku nr 1

Dom wolno stojący, niepodpiwniczony, z poddaszem użytkowym, o powierzchni zabudowy 209,9 m<sup>2</sup> i powierzchni użytkowej 182,6 m<sup>2</sup>, położony w III strefie klimatycznej.

Ogólne zapotrzebowanie ciepła dla parteru wynosi  $Q = 4640$  W, a dla poddasza  $Q = 3920$  W.

Wskaźnik sezonowego zapotrzebowania energii kształtuje się na poziomie  $E_v = 29,72$  kWh·m<sup>-3</sup>, natomiast wartość graniczna wskaźnika sezonowego zapotrzebowania energii –  $E_{vo} = 36,29$  kWh·m<sup>-3</sup>.

Dom ten ogrzewany jest przez 2 kotły gazowe naścienne, dwufunkcyjne, o wydajności  $Q = 11,0$ – $24,0$  kW, oddzielnie dla parteru i poddasza. Kotły jako paliwo wykorzystują gaz ziemny Gz-50.

## Wyniki badań

W badanym budynku jednorodzinnym zainstalowano 2 panele kolektora słonecznego Vitosol 100 o łącznej powierzchni 5 m<sup>2</sup>, które będą wykorzystane do podgrzewania wody użytkowej. Parametry pojedynczego kolektora zestawiono w tabeli 2.

Przy użyciu programu symulacyjnego „Kolektorek v1.0” wykonano analizę możliwości podgrzania wody w zbiorniku za pomocą danego kolektora. Przyjęto następujące dane wyjściowe dla programu:

TABELA 2. Parametry kolektora zainstalowanego w budynku  
TABLE 2. The parameters of the collector installed in the building

Parametry kolektora Parameters of the collector	Wartości parametrów Parameter values
Linowy wskaźnik przenikania ciepła [ $\text{W}\cdot\text{m}^{-2}\cdot\text{K}^{-1}$ ]	3,36
Sprawność optyczna [%]	84
Jednostkowe natężenie przepływu [ $\text{l}\cdot\text{h}^{-1}$ ]	80
Pojemność absorbenta [l]	2,2
Powierzchnia czynna absorbenta [ $\text{m}^2$ ]	2,5

- zapotrzebowanie na ciepłą wodę użytkową rzędu  $6600 \text{ l}\cdot\text{mies.}^{-1}$ ,
- 2 płaskie kolektory Vitosol 100 połączone szeregowo,
- kolektor odchylony od poziomu o  $40^\circ$  (nachylenie połączy dachu) względem południa o  $10^\circ$ ,
- zasobnik 300l dwuwężownicowy,
- nasłonecznienie dla  $52^\circ$  szerokości geograficznej (Warszawa).

Otrzymane wyniki przedstawia tabela 3.

Na podstawie przeprowadzonych obliczeń można stwierdzić, że instalacja tego typu nigdy nie pokryje zapotrzebowania na ciepłą wodę dla danego budynku jednorodzinny. System pozwoli jednak wyprodukować energię równą  $1417,6 \text{ kWh}\cdot\text{rok}^{-1}$ . Oznacza to, że w danym budynku jednorodzinny właściciel wyda o 225 zł mniej na ogrzanie wody rocznie (przy cenie za  $1000 \text{ m}^3$  gazu równej 1700 zł oraz 85% sprawności kotła). Cena takiej instalacji, podana przez producenta, wynosi 9500 zł zatem instalacja zwróci się za 32 lata.

Budynek ten mógłby posiadać elektrownię wiatrową. Wiatrak byłby oddalony od domu o 10 m i usytuowany tak, aby średnia prędkość wiatru wynosiła  $5 \text{ m}\cdot\text{s}^{-1}$  (jest to średnia prędkość wiatru dla danego regionu).

Elektrownia wiatrowa zaprojektowana za pomocą programu „Wiatrak 1.1” pracowałaby dla poniższych warunków i miałaby następujące parametry:

- prędkość wiatru  $5000 \text{ m}\cdot\text{s}^{-1}$ ,
- prędkość wiatru w kole wiatrowym  $3330 \text{ m}\cdot\text{s}^{-1}$  ( $0,666\cdot$ prędkość wiatru),
- prędkość wiatru za kołem wiatrowym 1,665 [m/s] ( $0,333\cdot$ prędkość wiatru),
- temperatura powietrza  $15^\circ\text{C}$ ,
- ciśnienie powietrza 101 325 Pa,
- gęstość powietrza  $1226 \text{ kg}\cdot\text{m}^{-3}$ ,
- liczba łopat wirnika 3,
- średnica zewnętrzna 4000 m,
- średnica wewnętrzna 0,800 m,
- prędkość obrotowa  $119\ 366 \text{ obr}\cdot\text{min}^{-1}$ ,
- wyróżnik szybkobieżności 5000 (stosunek prędkości obwodowej końcówki łopatki do prędkości wiatru).

Zaprojektowany wiatrak miałby moc rzędu 0,31 kW, co pozwalałoby na roczny zysk energii około 2450 kWh. Zbudowanie przydomowej elektrowni wiatrowej oraz zamontowanie kolektorów dałoby zyski, które w 65% pokryją roczne zapotrzebowanie energii na podgrzanie ciepłej wody użytkowej.

Kolejnym, ciekawym rozwiązaniem dogrzania istniejącego budynku jednorod-

TABELA 3 Dane na podstawie programu komputerowego „Kolektorek v 1.0” dla budynku nr 1  
TABLE 3. Data for the Building No 1 – according to the computer program “Kolektorek v1.0”

Miesiąc Month	Zapotrzebowanie na energię do podgrzania C.W.U. [kWh] Demand of the energy for heating	Energia możliwa do uzyskania z kolektorów [kWh] Energy from the collectors possible to acquire	Energia możliwa do uzyskania i wykorzystania z kolektorów [kWh] Energy from the collectors possible to acquire and use	Niedobór energii [kWh] Shortage of energy	Możliwy do uzyskania procent pokrycia solarnego [%] Solar compensation percentage, possible to acquire
Styczeń January	497,64	0	0	497,64	0,0
Luty February	497,64	10	5,9	491,74	1,2
Marzec March	497,64	116,2	79,2	418,44	15,9
Kwiecień April	497,64	199,1	143,1	354,54	28,8
Maj May	497,64	276,9	208,7	288,94	41,9
Czerwiec Jun	497,64	304,4	237,4	260,24	47,7
Lipiec July	497,64	341,1	266,2	231,44	53,5
Sierpień August	497,64	336,5	258,8	238,84	52,0
Wrzesień September	497,64	251,4	178,7	318,94	35,9
Październik October	497,64	64,1	38,6	459,04	7,8
Listopad November	497,64	1,8	1	496,64	0,2
Grudzień December	497,64	0	0	497,64	0,0
<b>Cały sezon The all season</b>	<b>5971,68</b>	<b>1901,5</b>	<b>1417,6</b>	<b>4554,08</b>	<b>23,7</b>

dzinnego jest zastosowanie gruntowego wymiennika przeponowego.

Za pomocą programu „AKWA-DUKT Thermo” obliczona została sezonowa temperatura dla zaprojektowanego gruntowego wymiennika ciepła (instalacja meandrowa: trzy rury o średnicy 350

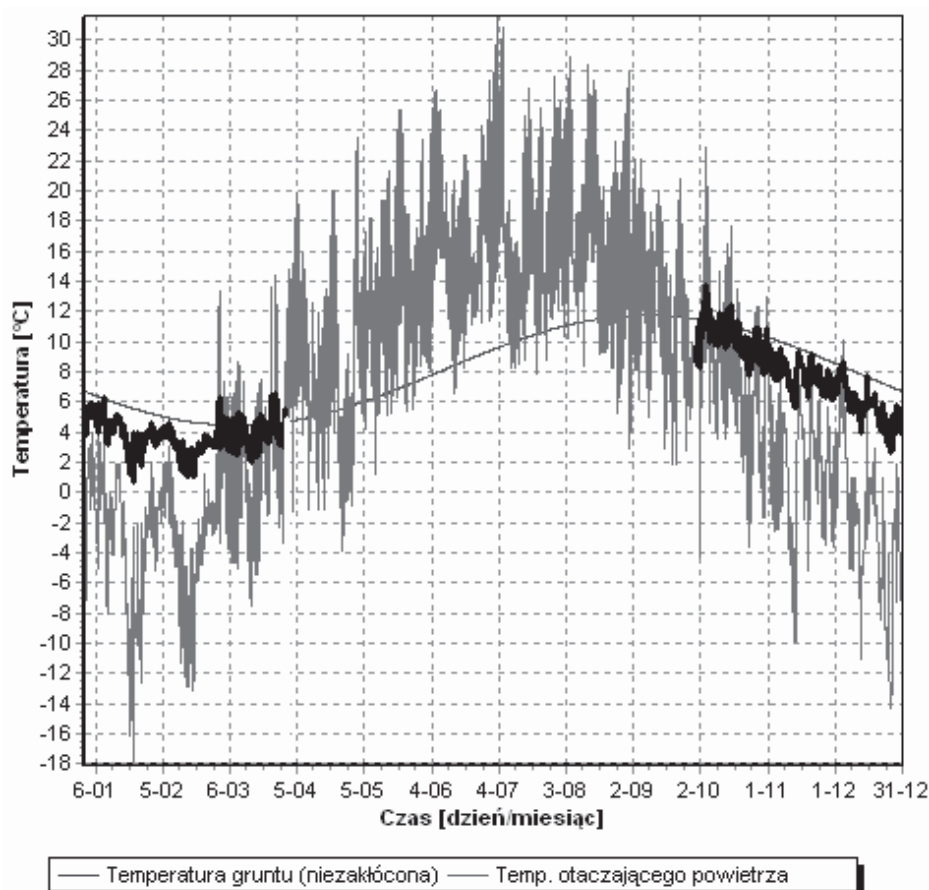
mm i długości 80 m) przy warunkach atmosferycznych i gruntowych, w jakich znajduje się dom (III strefa klimatyczna, zwierciadło wody gruntowej na poziomie 4 m, instalacja położona w piasku suchym na głębokości 2 m). Założono wymianę powietrza w budynku na po-

ziomie 0,5/h. Otrzymano wykres przedstawiony na rysunku 2.

Komputerowa symulacja pokazuje, że w okresie największych mrozów temperatura na wymienniku osiągnie  $0,7^{\circ}\text{C}$ , a w sezonie grzewczym będzie się ona zbliżać do temperatury gruntu na założonej głębokości. Wymiennik ciepła w połączeniu z wentylacją mechaniczną pozwoli na zyski energetyczne dzięki wykorzystaniu energii cieplnej z gruntu.

## Podsumowanie i wnioski

Niekonwencjonalne, odnawialne źródła energii charakteryzują się tym, że wykorzystywanie ich nie ma wpływu na ich energetyczny potencjał w przyszłości. Przedstawione powyżej systemy pozyskiwania energii stanowią o przyszłości energetycznej kraju. Domy jednorodzinne, pobierające energię z jej odnawialnego źródła, oznaczają oszczędności



RYSUNEK 2. Wykres z programu komputerowego „AKWADUKT Thermo” rozkładu sezonowej temperatury dla zaprojektowanego gruntowego wymiennika ciepła

FIGURE 2. Graph from the computer program “Akwadukt Thermo”, showing a distribution of seasonal temperatures for the designed ground heat exchanger



energetyczne na skalę krajową, a co za tym idzie – zwiększenie bezpieczeństwa energetycznego Polski.

Docieplenie budynku jednorodzinnego powinno obejmować renowację jego ogrzewania, a co jest z tym związane – zmianę źródła energii oraz jej nośnika, ogólnie całego systemu instalacji grzewczej. Sposób poboru energii dla budynku jednorodzinnego opisany w niniejszej pracy pozwoli zniwelować emisję szkodliwych substancji wydzielanych podczas konwencjonalnych sposobów produkcji energii. Ze względu na wyczerpalność dotychczas wykorzystywanych źródeł energii jej odnawialne źródła to także przyszłość całej naszej cywilizacji. W pełni zrozumiałe jest zatem stałe rozszerzanie prac badawczych dotyczących tej dziedziny energetyki. Prace te powinny obejmować zarówno poprawienie efektywności istniejących, jak i stałe szukanie nowych, sprzyjających (obojętnych) środowisku metod pozyskiwania energii.

Niewątpliwym plusem wykorzystania niekonwencjonalnych źródeł energii jest ich odnawialność, obojętność dla środowiska, znikomy koszt wytworzenia energii. Póki co wadą przy zastosowaniu do celów grzewczych dla budynku jednorodzinnego jest zdecydowanie zbyt wysoki koszt w stosunku do efektów grzejnych, jakie można uzyskać w polskich warunkach klimatycznych przy istniejącym zaawansowaniu technologicznym systemów grzewczych.

Na podstawie przeprowadzonej analizy możliwości docieplenia istniejących budynków jednorodzinnych z wykorzystaniem niekonwencjonalnych źródeł energii wyciągnięto następujące wnioski:

1. Wykorzystanie kolektorów słonecznych do celów grzewczych dla budynku jednorodzinnego przy obecnej efektywności technologicznej paneli słonecznych na terenie naszego kraju jest jak na razie mało efektywne.
2. Przy zainstalowanej w budynku jednorodzinnym wentylacji mechanicznej z wymiennikiem ciepła bardzo dobrym rozwiązaniem jest wstępne podgrzanie powietrza w wymienniku gruntowym.
3. Rozwiązaniem usprawniającym efektywność pozyskiwania energii cieplnej na potrzeby grzewcze budynku jednorodzinnego jest zastosowanie kotła o wysokiej sprawności działania. Doskonałym, ekologicznym rozwiązaniem są kotły wykorzystujące spalanie biomasy.
4. Bardzo dobrym rozwiązaniem pod względem oszczędności energetycznej jest zaprojektowanie domu pasywnie wykorzystującego energię słoneczną. Pomimo większych kosztów budowy takiego obiektu, całość inwestycji zwróci się dzięki mniejszemu zużyciu energetycznemu.

## Literatura

- CHOCHOWSKI A., CZEKALSKI D. 1999: Słoneczne instalacje grzewcze. COIB, Warszawa.
- CIŚLIŃSKI J., MICHLEWICZ J. 1996: Niekonwencjonalne źródła energii. WPG, Gdańsk.
- KOCZYK H., ANTONIEWICZ B. 2004: Nowoczesne wyposażenie techniczne domu jednorodzinnego. PWRiL, Poznań.
- RUBIK M. 1999: Pompy ciepła. OITwB, Warszawa.
- RYLEWSKI E. 2002: Energia własna. Tinta, Warszawa.



TYMIŃSKI J. 1997: Wykorzystanie odnawialnych źródeł energii w Polsce do 2030 roku. IBMER, Warszawa.

Ministerstwo Środowiska, 2000: Strategia rozwoju energetyki odnawialnej (realizacja obowiązku wynikającego z Rezolucji Sejmu Rzeczypospolitej Polskiej z dnia 8 lipca 1999 r. w sprawie wzrostu wykorzystania energii ze źródeł odnawialnych). Warszawa.

Rozporządzenia Ministra Infrastruktury z dnia 12 kwietnia 2002 r. w sprawie warunków technicznych, którym powinny odpowiadać budynki i ich usytuowanie (DzU nr 75, poz. 690).

Dyrektywa 2001/77/WE Parlamentu Europejskiego i Rady z dnia 27 września 2001 r. w sprawie wspierania produkcji na rynku wewnętrznym energii elektrycznej wytwarzanej ze źródeł odnawialnych.

<http://www.biomasa.org>

<http://www.elektrownie-wiatrowe.org.pl>

<http://www.certyfikat-energetyczny.pl>

<http://www.mojaenergia.pl>

<http://www.centropol.pl>

## Summary

### **The analysis of warming-up possibilities for existing detached houses with unconventionally sources of energy.**

The paper presents an analysis of the possibilities of warming-up of single-family houses from the point of view of the use of unconventional energy sources. A subject of the field studies were modern dwelling houses localized in various parts of our country which had been put through the theoretical analysis of the possibility of warming. The quantity of the energy produced by the designed installation was calculated with the use of the computer programs: „Kolektorek v 1.0”, „Wiatrak v1.1”, „Akwadukt thermo”.

#### **Author's address:**

Gabriela Rutkowska

Szkoła Główna Gospodarstwa Wiejskiego

Katedra Budownictwa i Geodezji

ul. Nowoursynowska 159, 02-776 Warszawa

Poland