# **ENERGY AUDIT OF THE RESIDENTIAL BUILDING**

Małgorzata SIKORA 1\*, Krystian SIWEK,

<sup>1\*</sup>Faculty of Mechanical Engineering, Department of Energy, Koszalin University of Technology, Raclawicka 15-17, 75-620, Koszalin, Poland, e-mail: malgorzata.sikora@tu.koszalin.pl

(Received 3March 2017, Accepted 26May 2017)

Abstract: One of the ways to reduce the energy consumption from conventional sources is the introduction of an energy audit, which aims to inform the owner / user of a building about its energy consumption and possible ways of its reduction. For this purpose, the coefficients EK (annual demand for final energy) and EP (the amount of non-renewable primary energy to satisfy the energy needs of the building) were introduced. Their maximum values are deter-mined in accordance with the regulations of the Minister of Infrastructure for each type of building covered by the energy audit obligation. Audit is an expertise designed to gain knowledge about energy consumption in a given building, a set of buildings, a system or an installation. It is to provide information on how to save an energy and their results. The following article presents the purpose and methodology of performing the energy audit for residential buildings.

Keywords: energy audit, primary energy EP, final energy EK, energetic efficiency, methodology

# 1. INTRODUCTION

Audit is an expertise designed to gain knowledge about energy consumption in the building, a set of buildings, a farm or an installation. It should provide information about ways of energy savings and their results. Performing an energy audit is called auditing. It is a set of activities covering the assessment of the existing state of energy use in the investigated building. A person who performs this type of audit is called an energy auditor. He is a specialist in the scope of technical means of saving energy and environmental protection as well as in the field of economic efficiency assessment of energy-saving investments, working as an independent, objective adviser [1, 11]. It is import ant to be noted that the auditor is treated as an expert. His task, except the assessment of the existing state, is to propose the ways of saving energy, providing approximate costs of their introduction and the resulting profits.

One of the ways to reduce the costs of obtaining energy is the use of renewable energy sources. This direction of the power engineering is more popular for some time due to the innovativeness of this type of energy generation. What is more, it is a cost-effective method for people using buildings in which renewable energy sources are used. In addition, the European Union insists on development of RES in accordance with Directive 2009/28 / EC [4]. The emphasize of the European Union is related to the amount of  $CO_2$ emitted during energy production, which affects the deterioration of the natural environment state around the world from one year to another. High emission of greenhouse gases affects the growth of the ozone hole. This directive aims to completely reduce the consumption of energy from conventional sources by 20%. At the same time, this goals have been broken down into the partial-goals at the national levels, taking into account different starting positions of individual Member States [2]

Similarly to the White Book, the European Commission emphasizes in the directive the necessity to undertake actions to protect the environment, mitigate climate change and to fulfill the global RES target set by the White Book. In this case, it should be achieved by in-creasing energy production from renewable energy sources. In addition to the assumption of 20% of energy from renewable sources, the aim of the directive was also to reduce green-house gas emissions by 20% [5].

One of the ways to reduce energy consumption from conventional sources is the introduction of an energy audit, which aims to inform the owner / user of a building about its energy consumption and possible ways of its reduction. For this purpose, coefficients EK (annual demand for final energy) and EP (the amount of non-renewable primary energy to meet the energy needs of the building) were introduced. Their maximum values are deter-mined in accordance with the ordinances of the Minister of Infrastructure [7,8] for each type of building covered by the energy audit obligation.

The energy audit is performed by a person called an auditor in the form of a detailed report. There are currently various types of audits that can be divided as follows:

- due to the level of detail:
  - preliminary,
  - detailed,
- due to the position of the ordering person:
  - for the user (investor),
  - for the bank,
- due to the scope:
  - fragmentary (for a separate installation),

- detailed (covering the entire facility and all issues related to it),

- due to the contractor:
  - performed by an auditor,
- performed by an user (eg. in the case of mass shares),
- depending on the facility on which the audit is carried out:
  - a residential building,
  - industrial facility,
  - energy management of the community.

# 2. METHODOLOGY FOR CONDUCTING AN ENERGY AUDIT

The methodology of conducting the energy audit together with the example of energy performance certificates are presented in the Regulations of the Minister of Infrastructure [7,8]. These documents contain detailed formulas for determining the energy demand for specific purposes throughout the year.

The determination of energy efficiency can be divided into four stages. The individual stages are illustrated and described in the diagram shown in Figure 1. The first one consists in analyzing the current state of affairs. Depending on the type of audit, this stage will vary in steps of proceeding. If it is an audit of a designed building, calculations of the demand for particular types of energy should be carried out based on project data obtained from the investor. This type of audit is aimed at checking the compliance of the project with the requirements for newly constructed buildings.

In the case of an existing building (renovation audit), the procedure in stage I involves systematic collection of data, inspections of the tested object condition (analysis of thermal bridges and leaks in eg. using infrared camera) and consumption of media using various types of meters and sensors. Water, gas and electricity bills are also helpful in the analysis, allowing to determine the consumption of energy carriers and, as a result, the consumption of energy. In addition, reviewed should be to building partitions, the installation and the heat sources. The second stage of the audit is to determine the reliability of the data obtained. It consists in verifying the obtained data, determining the final energy consumption and primary energy from non-renewable sources. These values, after made the calculations are compared with limit values of EK and EP coefficients for a given type of building.

Based on the audit results, the auditor is required to present several optional concepts that will allow the reduction of the EK and EP coefficients, presenting the results of the implementation of the concept, its costs and the possibility of co-financing from various sources. The next step is developing the concept. It consists in considering hypothetical threats in its implementation. Typical obstacles that interfere with the development of the concept are the lack of technical knowledge, negligible market knowledge, lack of time (unavailable contractors), lack of capital, limited information of decision makers, energy and technology costs, unallocated fixed costs. The last step is to implement the chosen concept. In the case of an enterprise, it proceeds according to the following stages: changing the company's vision in the area of energy, improving the energy management system, motivating and sensitizing employees, monitoring and controlling the energy management system [9].



Fig. 1. The ideological scheme of methodology during proceeding of the energy audit of a building or its part [9]

#### 2.1. Calculation of energy demand

The main values in the energetic audit of a singlefamily house are the demand of energy for heating and hot water preparing. The demand for usable energy for cooling and lighting in the case of a single-family home may be omitted. The cooling demand is calculated only if there is a cooling installation that supports more than one room, and for lighting purposes only in public buildings. Calculations aimed at determining the annual demand for final energy should be made as a ratio of the demand for usable energy (which is determined by a heat balance of building) by the seasonal efficiency of a given technical system. The calculations are aimed at estimation the demand of energy for heating purposes and are given by equation (1):

$$Q_{K,H} = \frac{Q_{H,nd}}{\eta_{H,tot}} \left[ \frac{kWh}{year} \right],\tag{1}$$

where:

 $Q_{K,H}$  – demand for usable energy (useful heat) for the building (residential premise) for heating, [kWh / year],  $\eta_{H,tot}$  – average seasonal overall efficiency of the building's heating system.

In addition to the energy required for heating purposes, the preparation of hot water should also be taken into account using the dependence (2):

$$Q_{K,W} = \frac{Q_{W,nd}}{\eta_{W,tot}} \left[ \frac{kWh}{year} \right]$$
(2)

where:

 $Q_{W,Nd}$  – demand for useful heat to prepare hot water, [kWh / year],  $\eta_{W,tot}$  – average seasonal total efficiency of the hot water preparation system. All the formulas described so far lead to the calculation of the most important coefficient EK and EP. The final energy demand coefficient is calculated from the dependence (3):

$$EK = \frac{Q_{K,H} + Q_{K,W}}{A_f} \left[ \frac{kWh}{m^2 \cdot year} \right]$$
(3)

where:

 $A_f$  – heating or cooling area (with regulated temperature) of building or local, [m2].

The coefficient of primary energy demand is calculated using the annual primary energy demand, which is the sum of energy demand for:

- heating,
- hot water preparation,
- cooling and ventilation for cooling rooms,
- lighting.

EP coefficient of the annual primary energy demand is calculated from the dependence (4):

$$\mathbf{EP} = \frac{\mathbf{Q}_{\mathbf{p}}}{A_f} \left[ \frac{kWh}{m^2 \cdot year} \right] \tag{4}$$

where:

 $A_f$  – heating or cooling area (with regulated temperature) of building or local, [ $m^2$ ].  $Q_p$  - annual demand for primary energy

The annual demand is calculated from formula (5):

$$Q_{p} = Q_{P,H} + Q_{P,W} + Q_{P,C} + Q_{P,L} \left[\frac{kWh}{year}\right], \quad (5)$$

where:

 $Q_{P,H}$  – annual demand for primary energy through the heating and ventilation system for heating and

ventilation, [kWh / year],  $Q_{P,W}$  – annual primary energy demand by the system for preparing hot water, [kWh / year],  $Q_{P,C}$  annual demand for primary energy through a cooling and ventilation system for room and air cooling, [kWh / year],  $Q_{P,L}$  annual primary energy demand by a lighting system (only included in public buildings), [kWh / year] [8].

# 2.2. Energy demand of the building (gains and losses)

To determine the energy demand of the building, the energy balance of the building should be made. Taking into account the direction of the flow of energy balance components, they are divided into gains and losses. To the gains are included energy provided by the heat transfer through divisions, solar energy from insolation of transparent divisions in the form of windows, glazing or doors, and insolation of opaque partitions, energy from people in the room, thermal energy being a side effect of mechanical and electronic working devices located in the room. Energy losses include losses due to heat transfer through the partitions (winter), ventilation, and transmission losses (networks and installations) [5].

The pie chart presented in Fig. 2 shows the distribution of energy components brought to a single-family home. The largest part of the supplied energy is from fuel, then from the sun, and on the end energy of the person and the device. The largest part of the energy supplied is obtained due to the use of high energy raw material (fuel) or depending on the type of installation, from the use of electricity. The effect of using this energy is its conversion into the form of thermal energy. Solar energy is a much smaller percentage of energy in relation to fuel, most often it comes from insolation of transparent divisions.



Fig. 2. Distribution of energy components supplied in the average house with an energy demand index of 150 kWh / (m2a), according to Reinmuth [6]

Fig. 3 presents a pie chart of thermal energy loss in a single-family home. The biggest part of losses comes from windows. These losses can be aggravated by the wrong selection of windows and their incorrect placement. In order to minimize heat loss through the windows, the spaces between the glass are filled with gas, in eg. argon. However, the most heat is conducted through the window frames.



Fig. 3. Distribution of components of energy losses in the average home with an energy demand in-dex of 150 kWh / (m2a), according to Reinmuth [6]

According to Fig.3, heat transfer through the partitions is the second largest heat loss. To reduce the amount of heat losses due to this, it is necessary to compensate thermal bridges and increase the thickness of wall insulation. There is a problem regarding the identification of a thermal bridge in a building partition. To detect thermal bridge, an infrared camera can be used. The higher the temperature difference between the inside of the house and the outside environment, the more visible is the bridge on the thermovision image. Therefore, the most favorable time of year for this type of diagnostics is winter.

Currently, the audit can be carried out using specialized programs such as ArCADIA-TERMOCAD from Intersoft, which allows to enter geometry and thermal parameters of the building and individual rooms in order to make a thermal balance of the building. The pro-gram contains climate data for individual zones of the country. The program also has an option to model the building in 3D where it has the ability to determine the thickness of the walls and the number of storeys, etc. The audit aims to improve the energy efficiency that can be obtained through thermomodernization projects. Examples are: the improvement, which reduces the energy demand for heating and hot water preparing in residential buildings, complexes of buildings and buildings owned by local government units.

Another goal is to reduce the consumption of primary non-renewable energy. This objective can be obtained by making a technical connection to a centralized heat source, due to the liquidation of the local heat source, resulting in a reduction in the cost of acquiring heat delivered to the buildings. Another method is the total or partial change of energy sources to renewable sources or the use of high-efficiency cogeneration [10]. Figures 4 and 5 present the printout of the calculation results of the final energy demand coefficient EK, usable energy coefficient EU and nonrenewable primary energy coefficient EP from the ArCADia-TERMOCAD program. The printout also

a)

includes a graph of the permissible value of the EP coefficient. The figures show the results of an energy audit for the same building taking into account different energy sources. In the audit presented in Fig. 4, the coal-fired boiler was assumed as the source of heat, and the biomass boiler was used In building from figure 5.

Ocena charakterystyki energetyczne	budynku 50)							
Wskażniki charakterystyki energetycznej	Oceniany b	budynek	÷			Wymagania dla now przepisów technicze	ego budynku według no-budowlanych	
Wskażnik rocznego zapolitzebowania na energie użytkową	EU= 66,5 k	White?.	rok)			1	1000	
Wskatnik rocznego zapotrzebowania na energie końcowa 11)	EK= 123,1	KANN(m <sup>2</sup>	rok)					
Wskatnik rozznego zapotrzebowania na nieodnawiatna energie pierwotna 11)	EP= 145,9	KWN(m <sup>2</sup>	rok)			EP= 95,0 kWh/(m <sup>2</sup> -mk)		
Jednostkova wiekość emisji CO2	Eccore 0.043531 COrplin 2-rik)							
Udział odnawiatnych żródel energi w rocznym zapotrzebowaniu na energie kohotwa	UOZE* 0,0	6%						
Wskaźnik rocznego	a zapotrzel	bowani	ia na niece	Inawialną en	orgię	pierwotną EP (kV	Vhi(m <sup>1</sup> -rok)]	
	Ocernery I	burtynek						
6							and the second second	
50 100	150	200	250	1300	1350	400 45	0 <u>500 &gt;500</u>	
Мульрана	Ea nowego to	utynku						
Obliczeniowa roczna ilość zużywane	go nosinika w	nergii kul	ninergii prze	nz bustymek 12)				
System techniczny	Rodzaj nor	Rodzaj noinika energii lub energii		Bość nośnika energi lub energii	Jednostka/jm2-rok			
Oazewania	Mescover	eyfeini2 is	nie energi w b	udynku - Węgiel		11,19	kg(m <sup>2</sup> -rok)	
	Sieć elektro	energely	zna systemo	na - Energia elekt	rycana	0.87	kWh/(m <sup>2</sup> rok)	
Przypołowania siepiej wody uzytkowej	Mejscover	erfentet a	nie energii w b	udynku - Wegiel		8,33	kp(m <sup>2</sup> -rok)	
	Sind elektro	enerosty	consistence	ea - Energía elekt	rycinha.	0.88	KANAN Z-mki	

Fig. 4. Printout of an energy audit fragment from the ArCADia-TERMOCAD program for a building with a coal-fired boiler.

Ocena charakterystyki energetyczne	j budynku 10)			
Wskaźniki charakterystyki energetycznej	Oceniany budynek	Wymagania dla nowego budynku według przepisów techniczno-budowtanych		
Wskażnik rocznego zapotrzebowania na energię użytkową	EU= 57,3 kWh/(m <sup>2</sup> -rok)			
Wskażnik rocznego zapotrzebowania na energie końcowa 11)	EK= 139,7 W/W(m <sup>2</sup> -rok)			
Wskażnik rocznego zapotrzebowania na nieodnawialną energie pierwotną 11)	EP= 37,2 kWh/(m <sup>2</sup> -rok)	EP= 95,0 kWh/(m <sup>2</sup> -rok)		
Jednostkowa wielkość emisji CO2	ECO2= 0.00059 t CO2(m 2+rok)			
Udział odnawialnych źródeł energii w rocznym zapotrzebowaniu na energię końcowa	U <sub>OZE</sub> = 98,76 %			
Oceniary budynek	zaporizenowania na meounawianig energię	bierwound Er frie	ia(iii · tok)j	
Oceniary budynek	,150 200 ,250 ,300 ,350	1400 1450	,500 > 500	
Oceniary budynek	zapori zeuowana na na unounawising uningiy 150 200 250 300 350 Ia rosego bušysku	,400 ,450	s00 > 500	
Uceriary budynek	z zapod z eszowania na nakodniawania energi 150 200 1250 1300 1350 da romojo hocycku go rocinka mengi lak energi przez budynał <sup>1</sup> 2)	1400 (450	500 > 500	
VYSKAZINK FOCTOGY Conterny budynok 50 100 Wymogania ( Obliczersiowa roczma ilłość zużywane System techniczny	y zgrod z kolowania na nakodnaw kanej vinej pr 19. juli 200 j 250 j 300 j 350 da rozengo bozysku go rozistka mengi kilo mengi przez bodywał <sup>72)</sup> Rozisty nociska emegi kilo mengi	,400 ,450	Jednostkai(m²-rok	
ViskaZink rocznego Comary bodynek 10 100 Vymogała i Obliczeniowa roczna Bołć zużywane System techniczny	2 separa zerovenimi na nakodnak komi energi 150 200 1250 1300 1350 da noangi bozysku ge notraka energi ka energi pezet budynak <sup>12)</sup> Rodzi notraka energi ka energi Mejecove ykozeti energi božyku- Sonasa	,400 ,450 Iloić nośnika energii lub energii 18.46	_500 > 500 Jednostka/(m <sup>2</sup> -rok)	
Viskazink rocznegi Cremary budynek 10 Lito Wymogana - Otkiczenowa mocna ikóć zuływane System techniczny Ogrzewania	2 200 2 200 waterie na navodnak eren en en pro 2 200 2 200 1 200 1 300 1 310 En reverse butysku en osiska energi ka energi przez butyski <sup>7</sup> (1 Rodzaj nodeka energi ka energi Meljecow yteczzie energi todysku. Bornas Ene debiorografizer za yderow. Borga debyzna	1400 (450 Ilošć nośnika energi Isb. energi 18,46 0.85		
ViskaZink rocznego Centary bodynek 10 centary bodynek 10 trocznego Vymnegania i Obliczeniowa mozma itość zużywane System techniczny Ogrzewania	1200         2200         1200         1300         1300           1210         200         1200         1300         1300           1210         200         1200         1300         1300           1210         200         1200         1300         1300           1210         200         1200         1300         1300           1210         200         1200         1000         1000           1210         200         1200         1000         1000           1210         200         1200         1000         1000         1000           1210         200         1200         1000	,400 ,450 Ilošć nošnika energii 18,46 0,85 13,39	_500 > 500 Jednostka/(m <sup>2</sup> rok) kg/m <sup>2</sup> rok) kWh/(m <sup>2</sup> rok)	

Fig. 5. Printout of an energy audit fragment from the ArCADia-TERMOCAD program for a building with a biomass boiler

Figure 6 shows the printout of selected pages of the energy audit for the above-described building with a biomass boiler as a source of heat. The document contains, in addition to building data and calculated values of EK, EU and EP coefficients, the results of heat transfer coefficient U calculation for individual partitions as well as calculations for individual heating systems.

SWIADECTWO CHARAKTERYSTY	KI ENERGETYCZNEJ BUDYNKU		
Numer swiadectwa 1)	1		
Oceniany barboak			
Rodrai hudarku 2)	Mieszkalny	-	A
Przezowanie busterku 3)	Dom jednorodzinny		
Adres budynku	78-220 Tychowo ul. Akaciowa 9		THE LOCAL
Budynek, októrym mowa w art. 3 ust. 2 ustawy 4)	Tak		
Rok oddania do uzvľkowania budvnku 5)	2002	in 15 1	
Metoda wyznaczania charakterystyki energetycznej <sup>6)</sup>	metoda obliczeniowa dla przyjętego sposobu użytkowania i standardowych warunków klimatycznych	A PROPERTY	
Povierzchnia pomieszczeń o regulowanej temperaturze powietrza (powierzchnia ogrzewana lub chłodzona) Ag (m 2) 7)	220,00 m <sup>2</sup>		
Powierzchnia użytkowa [m 2]	220,00 m <sup>2</sup>		
Ważne do (mm-dd) <sup>8)</sup>	20.03.2023		
Stacja meteorologiczna, według której danych jest wyznaczana charakterystyka energetyczna <sup>(B)</sup>	Koszalin		
Ocena charakterystyki energetycznej l	budynku 10)		
Wskażniki charakterystyki energetycznej	Oceniany budynek	Wymagania dla nowe przepisów techniczno	go budynku wedlug ⊨budowlanych
Wskaźnik rocznego zapotrzebowania na energię użytkową	EU= 57,3 kWh/(m <sup>2</sup> -rok)		
Wskażnik rocznego zapotrzebowania na energię końcową 11)	EK= 139,7 kWh/(m <sup>2</sup> -rok)		
Wskażnik rocznego zapotrzebowania na nieodnawialną energię pierwotną 11)	EP= 37,2 kWh/(m <sup>2</sup> -rok)	EP= 95,0 kWh/(m <sup>2</sup> -rok	)
Jednostkowa wielkość emisji CO2	ECO2= 0,000591 CO2(m 2-rok)		
Udzial odnawialnych źródel energii w roczrym zapotrzebowaniu na energię końcowa	U <sub>OZE</sub> = 98,76 %		
Wskaźnik rocznego	zapotrzebowania na nieodnawialną energię į	pierwotną EP [kW	h/(m²-rok)]
<u> </u>			
50 100	150 200 250 300 350	400 450	500 > 500
∱ Wymagania di	a nawogo budyeku		
Obliczeniowa roczna ilość zużywaneg	o nośnika energii lub energii przez budynek <sup>12</sup> )		
System techniczny	Rodzaj nośnika energii lub energii	Ilość nośnika energii lub energii	Jednostka\(m <sup>2</sup> •rok
Ogrzewania	Miejscowe wytwarzanie energii w budynku - Biomasa	18,46	kg/(m <sup>2</sup> •rok)
•	Sieć elektroenergetyczna systemowa - Energia elektryczna	0,85	kWW(m <sup>2</sup> •rok)
Przyactowania cieplej wody użytkowej	Miejscowe wytwarzanie energii w budynku - Biomasa	13,39	kg/(m <sup>2</sup> •rok)
	Sieć elektroenergetyczna systemowa - Energia elektryczna	0,88	KWW(m <sup>2</sup> +rok)
Chlodzenia		**	-
Wbudowanej instalacji oświetlenia 11)		**	-
Sporządzający świadectwo Imię i nazwisko: Krystian Siwek Mrazinu do autoru 131			

ArcAbis-TERNOCAD P0 7.0.4CAbisot Chuddk sp. j. ul. Sienkiewicza 55/87, 50-667 Łódz, tał (42/566-11-11, e-mai): arcadisot@arcadias www.arcadisot.pl

#### b)

Portistaname narametry technicznos	isticose burbaku			
Liczba kondvoracii budvrku	4			
Kubatura hudanku (m. 3)	780 11m 3			
Kubatura budynku o regulovanej temperaturze powietrza (m <sup>3</sup> )	780,11m <sup>3</sup>			
Podział powierzchni użytkowej budynku 14)	222 m powierzchni użytkow	vej, 78 m powierzchni nieużytkowej (strych, garaż)		
Temperatury wewnętrzne w budynku w zależności od stref ogrzewanych	Pomieszczenia ogrzewane ogrzewany 12 stopni, strych	20 stopni, pomieszczenia podpiwniczane nieogrzewan h nieogrzewany 12 stopni.	e 12 stopni, g	paraž
Rodzaj konstrukcji budynku	PBU-59			
Przegrody budynku	Narwa przegody	Cois przegrody	Współczynnik przenikania ciepla przegrody U [WI(m <sup>2</sup> •K)]	
			Uzyskany	Wymagany 15)
	Balkon 90x235-Okno zewnętrzne	Szerokość: 0,9m, Wysokość: 2,35m	0,23	1,10
	BRAMA 240x220-Drzwi zewnętrzne	Szerokość: 2,4m, Wysokość: 2,2m	0,00	1,50
	D 1-Dach	$\begin{array}{l} Biacha trapecoa-coyskycena (0.001 m., h=50,000 Wilm$	0,61	0,70
	Drzwi front 18st-Drzwi zewnętrzne	Szerokość: 0,9m, Wysokość: 2m	0,23	1,50
	Drzwi pirwnica 8st-Drzwi zewnętrzne	Szerokość: 2,6m, Wysokość: 0,6m	0,45	1,50
	DW 1-Drzwi wewnętrzne	Szerokość: 0,9m, Wysokość: 2m	0,23	1,50
	lazienka 60x150-0kno zewnętrzne	Szerokość: 0,6m, Wysokość: 1,5m	0,23	1,10
	Okno dachowe 70x110-Okno polaciowe	Szerokość: 0,7m, Wysokość: 1,1m	0,23	1,30
	PG 1-Podioga na grunole	Pospółka (0,4 m, $\lambda$ =1,950 Wi(m+K)); Beton o średniej gestości (0,1 m, $\lambda$ =1,360 Wi(m+K)); Papa safatowa na goraco (0,002 m, $\lambda$ =0,758 Wi(m+K)); Bytopian (0,2 m, $\lambda$ =0,045 Wi(m+K); Bytopian (0,2 m, $\lambda$ =0,045 Wi(m+K); Bytopian (0,005 m, $\lambda$ =1,350 Wi(m+K)); Pytód ceramiczne (0,005 m, $\lambda$ =1,300 Wi(m+K))	0,20	0,30
	Piwnica 90x40-Okno zewnętrzne	Szerokość: 0,9m, Wysokość: 0,4m	0,45	1,10
	Poddasze-Strop wewnętrzny	Tynk lub gładź cementowo-wapienna (0,005 m. $\lambda$ =0,820 W/(m·K)); Płyła gipsowo kartonowa (0,01 m. $\lambda$ =0,230 W/(m·K)); Welna mineralna granulowana 40 (0,3 m. $\lambda$ =0,050 W/(m·K)); Deska Dachowa (0,003 m. $\lambda$ =0,033 W/(m·K))	0,16	0,18
	SG 1 pod ziemia -Ściana na gruncie	Tynk (0.2 m, λ=0.800 WI(m+K)); Styropian (0.05 m, λ=0,045 WI(m+K)); Papa asfaltowa izolacyjna gr	0,24	Bez wymagań

www.arcadiasoft.pl Licencja dla: student Krystian Swek :czasowa.niekomercyjna (L01

C	۰١.
۰.	· I

ŚWIADECTWO CHARAKTERYSTYKI ENERGETYCZNEJ BUDYNKU Numer świadectwa 1) 1

	wewnętrzna	λ=0,820 W/(m·K)): Bloczek betonowy komórkowy 590x120x240 (0.12 m, λ=0,140 W/(m·K)); Tynk lub gladż cementowo-wapienna (0.02 m, λ=0,820 W/(m·K))		
	SW 24cm -Ściana wewnętrzna	Tynk lub gladż cementowo-wapienna (0,02 m, $\lambda$ =0,820 W/(m-K)); Bioczek betonowy komórkowy 650x240x240 (0,24 m, $\lambda$ =0,140 W/(m-K)); Stycpian 10 (0,1 m, $\lambda$ =0,045 W/(m-K)); Tynk lub gladż cementowo-wapienna (0,02 m, $\lambda$ =0,820 W/(m-K))	0,24	0,30
	Sypialnia 180x150-	Szerokość: 1,8m, Wysokość: 1,5m	0,23	1,10
	SZ 1 parter I pietro - Ściana zewnętrzna	Tynk strukturalny Cersit CT 36-ziarno 2,0 mm (0,002 m, $\lambda$ =1,000 W/(m-K)); Styropian (0,16 m, $\lambda$ =0,045 W/(m-K)); Biozzki betonowy komórkowy 560c240c240 (0,24 m, $\lambda$ =0,190 W((m-K)); Tynk ceramiczno-wapienny (0,02 m, $\lambda$ =0,820 W/(m-K))	0,21	0,23
	SZ nad ziemia piwnica-Sciana zewnętrzna	$ \begin{array}{l} Tyrk mozelikowy (0,002 m, \lambda=0,300 WW(m+K));\\ Styropian (0,1 m, \lambda=0,045 WW(m+K); Papa astatowa kołosyjna gr 5 mm (0,005 m, \lambda=0,180 WW(m+K)); Eloczek fundamentowy batomory (0,22 m, \lambda=0,080 WW(m+K); Tyrk wajenno plaskowy (0,02 m, \lambda=0,800 WW(m+K); Gladź cemertowa-wajenna (0,020 m, \lambda=0,820 WW(m+K)); $	0,20	0,23
	Tarasowe 180x235-	Szerokość: 1,8m, Wysokość: 2,35m	0,23	1,10
	Wykusz 236x150-	Szerokość: 2,36m, Wysokość: 1,5m	0,23	1,10
	Wykusz boczne 90x150-	Szerokość: 0,9m, Wysakość: 1,5m	0,23	1,10
System ogrzewania <sup>16)</sup>	Elementy skladowe systemu	Opis	Średnia sezonowa sprawność	
	Nazwa źródła ciepła: Nowe	żródlo ogrzewania		
	Wytwarzanie ciepła	Kolly na biomasę (słoma), wrzutowe, z obsługą ręczi do 100kW	ną, o mocy	0,60
	Prizesyl ciepta	C.o. wodne z lokalnego źródła ciepła usytuowanego ogrzewanym budynku z zaizolowanymi przewodami, urządzeniami, które są zainstalowane w przestrzeni	w armaturą i ogrzewanej	0,96
	Alumulacja ciepła	Zasobnik ciepła w systemie ogrzewania o parametra w przestrzeni ogrzewanej	ch 70/55/C	0,93
	Regulacja i wykorzystanie ciepła	Ogrzewanie wodne z grzejnikami członowymi lub pły przypadku regulacji centralnej bez automatycznej reg miejscowej	towymi w pułacji	0,77
System przygotowania cieplej wody użytkowej 16)	Elementy skladowe systemu	Opis		Średnia roczna sprawność
	Nazwa źródła ciepła: Nowe	žródlo cieplej wody		
	Wytwarzanie ciepla	Węzel ciepiny kompałdowy z obudową, o mocy nomi 100 kW	nalnej do	0,70
	Przesyl ciepla	Centralne podgrzewanie wody — systemy z obiegan cyrkulacyjnymi z pionami instalacyjnymi nielizolowany izolowanymi przewodami rozprowadzającymi	ii mii	0,60
	Alumulacja ciepła	System przygotowania cieplej wody użytkowej bez za cieplej wody użytkowej	isobnika	1,00
System chlodzenia <sup>16)</sup>	Elementy składowe systemu	Opis		Średnia sezonowa sprawność

ArCADia-YERMOCAD PRO 7.0 ArCADiasoft Chudzik sp. j. sl. Sienkiewicza 85/67, 90-057 Łośź, tel (42/680-11-11, e-mail: arcadiasoft@ar www.arcadiasoft.pl Licencia dai: student Kristian Swek: czasowa niekomercvina 1L011

d)

Wskaźnik rocznego zapotrzel	oowania na ener	gię użytkową EU [	(Wh/(m 2+rok)] 17	)	
	Ogrzewanie i wentylacja	Ciepła woda użytkowa	Chlodzenie	Oświetlenie wbudowane	Suma
Suma [kWh/(m <sup>2</sup> •rok)]	32,99	24,36	0,00		57,35
Udział [%]	57,52	42,48	0,00		100,00
Wskażnik rocznego zapotrzel	powania na ener	gię użytkową EU:	57,35 [kWh/(m <sup>2</sup> +r	ok)]	
Wskażnik rocznego zapotrzel	oowania na ener	gię końcową EK ()	Wh/(m 2+rok)] 17	)	
Rodzaj nośnika energii lub energii	Ogrzewanie i wentylacja	Ciepla woda użytkowa	Chlodzenie	Oświetlenie wbudowane <sup>11)</sup>	Suma
Miejscowe wytwarzanie energii w budynku - Biomasa	79,98	58,00	0,00	0,00	137,98
Sieć elektroenergetyczna systemowa - Energia elektryczna	0,85	0,88	0,00	0,00	1,73
Suma [kWh/(m <sup>2</sup> •rok)]	80,83	58,89	0,00	0,00	139,71
1.001 loish1		10.15	0.00	0.00	400.00
Wskaźnik rocznego zapotrzel Wskaźnik rocznego zapotrzel Rodzai nośnika energii lub	57,85 bowania na ener bowania na nieo Ogrzewanie i	42,13 gię końcową EK: dnawialną energię Ciepis woda	pierwotną EP [kV	rok)] Wh/(m 2-rok)] 17) Oświetlenie	100,00
Wskaźnik rocznego zapotrzel Wskaźnik rocznego zapotrzel Rodzaj nośnika energii lub	57,85 powania na ener powania na nieo Ogrzewanie i	42,15 gię końcową EK: * dnawialną energię Ciepła woda	0.00 39,71 [kWh/(m 2. pierwotną EP [kV Chłodzenie	0,00 rok)] Wh/(m 2-rok)] 17) Oświetlenie	Suma
Wskaźnik rocznego zapotrzel Wskaźnik rocznego zapotrzel Rodzaj nośnika energii lub energii Miejscowe wytwarzanie energii	57,85 bowania na ener bowania na nieo Ogrzewanie i wentylacja 16.00	42,15 glę końcową EK: 1 dnawialną energię Ciepia woda użytkowa 11,60	pierwotną EP (kW Chlodzenie	0,00           rok)]           Wh/(m 2-rok)] 17)           Oświetlenie wbudowane <sup>11</sup> )           0,00	Sum a
Wskaźnik rocznego zapotrzel Wskaźnik rocznego zapotrzel Rodzaj nośnika energii lub energii Wsjęcowe wytwarzanie energii w budynku - Biom asa	57,85 bowania na ener bowania na nieo Ogrzewanie i wentylacja 16,00	42,10 gię końcową EK: 1 dnawialną energię Ciepia woda użytkowa 11,60	39,71 [kWh/(m <sup>2</sup> - pierwotną EP [kW Chładzenie 0,00	0.00           rok)]           Wh/(m 2-rok)] 17)           Odswietlenie wbudowane11)           0.00	Suma 27,60
Wskaźnik rocznego zapotrzel Wskaźnik rocznego zapotrzel Rodzaj nośnika energii lub energii Miejscowe wyśwarzanie energii w budynku - Biomasa Sieć elektrocenergetyczna system owa - Energia elektryczna	57,85 bowania na ener Ogrzewanie i wentylacja 16.00 2,55	#2,15       gię końcową EK: *       dnawialną energię       Ciepła woda       użytkowa       11,60       2,65	0.00           339,71 [kWh/(m ²-           pierwotną EP [kW           Chładzenie           0,00           0,00	0.00           rok]]           Vh/(m 2-rok)] 17)           Oświetlenie wbudowane11)           0.00           0.00	Sum a 27,60 5,20
Wskaźnik rocznego zapotrzel Wskaźnik rocznego zapotrzel Rodzaj nośnika energii lub energii Miejscowe wytwarzanie energii w budynku - Biomasa Siści elektroenergetyczna system owa - Energia elektryczna Suma (kWh/(m 2-rok))	57,85 Dowania na nieo Ogrzewanie i wentylacja 16,00 2,55 18,55	42,15 glę końcową EK: 1 dnawialną energię Ciepla woda użyłkowa 11,60 2,65 14,25	0.00         339,71 [kWh/(m ²-           pierwotną EP [kW         Chłodzenie           0.00         0.00           0.00         0.00	0.00  tok]  twk(m 2-rok]] 17)  Oswietlenie wbudowane11)  0.00  0.00  0.00  0.00	Sum a 27,60 5,20 32,80
Wakazhik rocznego zapotrzel Wakażnik rocznego zapotrzel Rodzą nosłuka energii lub Rodzą nosłuka energii lub Słoś elektronergatyczna Słoś elektronergatyczna elektryczna Sima (WAhy(m <sup>2</sup> -rok)) Udział [%]	57,85 Dowania na nieo Ogrzewanie i wentylacja 16,00 2,55 18,55 56,55	42,15 gię końcową EK: dnawialną energię Ciepta woda użytkowa 11,60 2,65 14,25 43,45	D.00           0330,71 [kWh/(m ².           pierwotną EP [kW           Chłodzenie           0,00           0,00           0,00           0,00           0,00	0.00           0.00           whi(m 2-rok)] 17)           Oswietlenie           wbudowane11)           0.00           0.00           0.00           0.00	Sum a 27,60 5,20 32,80 100,00
Wakazhik rocznego zapotrzeł Wakazhik rocznego zapotrzeł Rodzą nośnika energii lub donengu Wokazhik rocznego zapotrzeł Sie dekitronegytyczna systemowa - Energia debi yczna Suma (kłwi(m <sup>2</sup> -roki)) Udzia(kłwi) (zaj	57,85 oowania na ener oowania na nieo Ogrzewanie i wentylacja 16,00 2,55 18,55 56,55 oowania na nieo	42,15 gię końcową EK: dnawialną energię Ciępia woda użytkowa 11,60 2,65 14,25 43,45 dnawialną energię	D.00         D.00           1339.71 [kWh/(m ².4)         Pierwotną EP [kW           pierwotną EP [kWh/(m ².4)         0.00           0.00         0.00           0.00         0.00           0.00         0.00           pierwotną EP [kWh/(m ².4)	0.00           trokij           Vh/(m 2-rokij 17)           Osvietlenie wbudowane11)           0,00           0,00           0,00           0,00           0,00           0,00           0,00           0,00           0,00           0,00           0,00           0,00	Suma 27,60 5,20 32,80 100,00
Wakabuk rocznego zapotrzel Wakabuk rocznego zapotrzel Wakabuk rocznego zapotrzel Wajecow u vytwarzanie onergi Wajecow u vytwarzanie onergi Wajecow u vytwarzanie onergi Sied elektryczna Sied elektryczna Sied wietrowarzego zapotrzel Wakabuk rocznego zapotrzel Wakabuk rocznego zapotrzel	57,85 oowania na ener oowania na ener ogrzewanie i wentylacja 16,00 2,55 18,55 56,55 56,55 oowania na nieo nej ekonomicznia	42.13 glą końcową EK: 1 drawialną energię Uzytkowa 11,80 2,85 14,25 43,45 drawialną energię si wykonalnej tech	0.00 339,71 [kWh/(m 2- pierwotną EP [kW Chłodzenie 0.00 0.00 0.00 0.00 pierwotną EP: 37 unicznie poprawy	0.00           00/mt           00/mt           00/mt           0.00	Sum a 27,60 5,20 32,80 100,00

Fig. 6. Selected cards of energy audit from the ArCADia-TERMOCAD program for a building with a biomass boiler

## 3. SUMMARY

European Union directives are designed to force on Member States to reduce energy consumption, especially from non-renewable sources. They provide the basis and guidance for the legislation of the Member States of the European Union. Ways of achieving the set goal are not imposed on the Union, so each state has the possibility to implement projects in its own way. In Poland and in several other countries, one of the ways to achieve the goal of reducing energy consumption from non-renewable sources is to introduce energy audits of newly designed buildings as well as existing ones. The audit allows to determine if the de-signed building meets the standards related to low energy consumption set by the legislator. In the case of renovation audits, the project involves checking the condition of the building and installation, presenting ways to reduce energy consumption for heating and hot water preparing by carrying out thermo-modernization and reducing the consumption of primary non-renewable energy through the exchange of heat sources for renewable energy. On the basis of figures 4 and 5 can be determined a significant reduction of the EP coefficient value when as a heat source is using a biomass boiler. It fell by over 100 kWh/(m2 /year). Another indirect goal is to reduce CO2 emissions. The reduction of energy consumption for heating purposes, especially those from fossil fuels, significantly reduces the emission of greenhouse gases. In addition to economic benefits, the energy audit of the building also brings environmental benefits.

#### Nomenclature

#### Symbols

- $Q_{K,H}$  Annual demand for final energy  $\frac{kWh}{vega}$
- $Q_{H,nd}$  demand for usable energy  $\left[\frac{kWh}{vear}\right]$
- η<sub>H,tot</sub> average seasonal overall efficiency of the building's heating system
- $Q_{K,W}$  energy required for heating purposes, (the preparation of hot water  $\left[\frac{kWh}{vear}\right]$
- $Q_{W,nd}$  demand for useful heat to prepare hot water  $\left[\frac{kWh}{vear}\right]$
- $\eta_{W,tot}$  average seasonal total efficiency of the hot water preparation system
- A<sub>f</sub> heating or cooling area (with regulated t temperature) of building or local, [m2].
- $Q_p$  The annual demand  $\left[\frac{kWh}{vear}\right]$
- $Q_{P,H}$  annual demand for primary energy through the heating and ventilation system for heating and ventilation,  $\left[\frac{kWh}{vear}\right]$
- $Q_{P,W}$  annual primary energy demand by the system for preparing hot water,  $\left[\frac{kWh}{year}\right]$
- $Q_{P,C}$  annual demand for primary energy through a cooling and ventilation system for room and air cooling,  $\left[\frac{kWh}{vear}\right]$ ,
- $Q_{P,L}$  annual primary energy demand by a lighting system (only included in public buildings),  $\left[\frac{kWh}{verr}\right]$

#### Acronyms

EK - Final energy.

EP – Primary energy.

## References

- Błajszczak G.: Efektywność energetyczna przegląd przepisów i norm. Polskie Sieci Elektroenergetyczne Operator S.A.
- Dobrzańska B., Dobrzański G., Kiełczewski D.: Ekologia i ochrona środowiska, PWN, Warszawa 2012r.
- Dyrektywa 2002/91/WE Parlamentu Europejskiego i Rady z dnia 16.12.2002r. "w sprawie charakterystyki energetycznej budynków" (Dz.U. C213 Ez 31.7.2001 str 266 i Dz. U. C 203 E z 27.08.2002, str 69, Dz.U C 36 z 8 2.2002 str 20, Dz.U. C 107, 3.5.2002, str 76. Opinia Parlamentu Europejskiego z 6 lutego 2002)
- 4. DYREKTYWA PARLAMENTU EUROPEJSKIEGO I RADY 2009/28/WE z dnia 23 kwietnia 2009 r. w sprawie promowania stosowania energii ze źródeł odnawialnych zmieniająca i w następstwie uchylająca dyrektywy 2001/77/WE oraz 2003/30/WE
- Guła A., Gumuła S., Buczek A.: Poradnik: Odnawialne i niekonwencjonalne źródła energii, Tarbonus, Kraków 2008r.
- Reinmuth F.: Energiesparung in der Geb ä udetechnik, Vogel Buchverlag, Würzburg 1994.
- 7. ROZPORZĄDZENIE MINISTRA **INFRASTR-**UKTURY 17 z dnia marca 2009 r. "w sprawie szczegółowego zakresu i form audytu energetycznego oraz części audytu remontowego, wzorów kart audytów, a także algorytmu oceny przedsięwzięcia opłacalności termo modernizacyjnego"(Dz. U. Nr 223, poz. 1459)
- ROZPORZĄDZENIE MINISTRA INFRASTR-UKTURY1) z dnia 6 listopada 2008 r. "w sprawie metodologii obliczania charakterystyki energetycznej budynku i lokalu mieszkalnego lub części budynku stanowiącej samodzielną całość technicznoużytkową oraz sposobu sporządzania i wzorów świadectw ich charakterystyki energetycznej "(Dz. U. z 2006 r. Nr 156, poz. 1118)
- 9. Ulbrich R.: Audyt energetyczny, a dom energooszczędny. Politechnika Opolska. Opole 2001r.
- 10. Ustawa z dnia 21 listopada 2008 roku o wspieraniu termomodernizacji i remontów 11.2008r.
- Życzyńska A.: Wykorzystanie audytu oraz świadectwa energetycznego budynku przy zarządzaniu nieruchomością, Budownictwo i Architektura 12(4) (2013) 107-116