

## AUDYT ENERGETYCZNY BUDYNKU

DLA PRZEDSIĘWZIĘCIA TERMOMODERNIZACYJNEGO PRZEWIDZIANEGO DO REALIZACJI W TRYBIE USTAWY  
O WSPIERANIU TERMOMODERNIZACJI I REMONTÓW Z DNIA 21.11.2008r.



KRYTA PŁYWALNIA

ul. Belzacka 106

kod: 97-300 miejscowość: Piotrków Trybunalski

województwo: łódzkie

Wykonawca:

SOLARSYSTEM s.c. Łapa M., Olesek W., Skorut E.

ul. Słowackiego 42, 32-400 Myślenice

1. Strona tytułowa audytu energetycznego budynku			
1. Dane identyfikacyjne budynku			
1.1. Rodzaj budynku	Kryta Pływalnia	1.2. Rok budowy	2003
1.3. Inwestor (nazwa lub imię i nazwisko, adres do korespondencji)  tel. / fax.: PESEL*	Miasto Piotrków Trybunalski ul. Pasaż Rudowskiego 10 97-300 Piotrków Trybunalski Województwo łódzkie tel. 44 732 77 33 fax. 44 732 77 35	1.4 Adres budynku  Kryta Pływalnia ul. Belzacka 106 kod: 97-300 miejscowość: Piotrków Trybunalski województwo: łódzkie	
2. Nazwa, nr REGON i adres firmy wykonującej audyt			
		SOLARSYSTEM s.c. ul. Słowackiego 42 32-400 Myślenice woj. małopolskie tel./fax.: 12 272 15 82 REGON 120437965	
3. Imię i nazwisko oraz adres audytora koordynującego wykonanie audytu, podpis			
1.	mgr inż. Tomasz Żak oś. 1000 Lecia 18/18 32-400 Myślenice	mgr inż. Inżynierii środowiska Nr upr. MAP/0238/POOS/09	
4. Współautorzy audytu: imiona, nazwiska, zakres prac, posiadane kwalifikacje			
1.	Imię i nazwisko	Zakres udziału w opracowaniu audytu	Posiadane kwalifikacje (ew. uprawnienia)
2.	mgr inż. Michał Łapa	wizja lokalna	mgr inż. Górnictwa i Geoinżynierii Spec. Inżynieria Środowiska
3.	Inż. Wojciech Olesek	sporządzenie bilansu ciepła	mgr inż. Inżynierii Mechanicznej i Robotyki Spec. Maszyny, Urządzenia i Systemy Energetyczne
5. Miejscowość i data wykonania opracowania		Myślenice 17.06.2011r.	

6.	Spis treści
<b>Spis treści:</b>	
1.	Strona tytułowa audytu energetycznego budynku..... 2
2	Karta audytu energetycznego budynku *) ..... 4
3	Ustalenia wstępne. Cel audytu. Materiały i dane źródłowe. Inwentaryzacja techniczno – budowlana ..... 6
<b>3.1</b>	<b>Ustalenia wstępne. Stan aktualny i projektowany. Cel audytu. .... 6</b>
3.1.1	Stan aktualny ..... 6
3.1.2	Stan planowany ..... 6
3.1.3	Cel audytu..... 7
<b>3.2</b>	<b>Materiały i dane źródłowe. .... 7</b>
<b>3.3</b>	<b>Wykaz ustaw, norm i pozycji literaturowych, w oparciu, o które sporządzono niniejszy audyt energetyczny ..... 8</b>
4	Ocena stanu technicznego instalacji c.w.u..... 8
5	Wskazanie optymalnego wariantu przedsięwzięcia termomodernizacyjnego ..... 9
<b>5.1</b>	<b>Rodzaj usprawnień składających się na optymalny wariant przedsięwzięcia termomodernizacyjnego zmierzający do redukcji kosztów eksploatacyjnych – w zakresie uzgodnionym ze Zleceniodawcą..... 9</b>
6	Obliczeniowe zapotrzebowanie ciepła na cele ciepłej wody użytkowej i basenu – określone na potrzeby audytu ..... 9
<b>6.1</b>	<b>Obliczenie zapotrzebowania ciepła na potrzeby podgrzewu wody użytkowej:9</b>
7	Roczne oszczędności do uzyskania w wyniku modernizacji ..... 12
8	Źródła finansowania inwestycji..... 14
9	Analiza oddziaływania na środowisko ..... 14

2 Karta audytu energetycznego budynku *)			
1.	Dane ogólne		
1.	Konstrukcja / technologia budynku	tradycyjna	
2.	Liczba kondygnacji	1/2	
3.	Kubatura części ogrzewanej, [m <sup>3</sup> ]	---	
4.	Powierzchnia budynku netto [m <sup>2</sup> ]	---	
5.	Powierzchnia użytkowa części mieszkalnej [m <sup>2</sup> ]	---	
6.	Powierzchnia użytkowa lokali użytkowych oraz innych pomieszczeń niemieszkalnych, [m <sup>2</sup> ]	---	
7.	Liczba mieszkań	---	
8.	Liczba osób użytkujących budynek	150	
9.	Sposób przygotowania ciepłej wody	sieć miejska	
10.	Rodzaj systemu ogrzewania budynku	sieć miejska	
11.	Współczynnik kształtu A/V, [l/m]	-	
12.	Inne dane charakteryzujące budynek	-	
2.	Współczynniki przenikania ciepła przez przegrody zewnętrzne, [W/(m <sup>2</sup> K)]	Stan przed termomodernizacją	Stan po termomodernizacji
1.	Ściany zewnętrzne/ ściany wewnętrzne	nie dotyczy	nie dotyczy
2.	Dach / stropodach/ strop nad przejściem	nie dotyczy	nie dotyczy
3.	Strop piwnicy/ podłoga na gruncie	nie dotyczy	nie dotyczy
4.	Okna	nie dotyczy	nie dotyczy
5.	Drzwi	nie dotyczy	nie dotyczy
3.	Sprawności składowe systemu ogrzewania		
1.	Sprawność wytwarzania	0,75	bez zmian
2.	Sprawność przesyłania	0,70	bez zmian
3.	Sprawność regulacji	0,90	bez zmian
4.	Sprawność wykorzystania	1,00	bez zmian
5.	Uwzględnienie przerwy na ogrzewanie w okresie tygodnia	1,00	bez zmian
6.	Uwzględnienie przerw na ogrzewanie w ciągu doby	0,95	bez zmian
4.	Charakterystyka systemu wentylacji		
1.	Rodzaj wentylacji (naturalna, mechaniczna)	mechaniczna	bez zmian
2.	Sposób doprowadzenia i odprowadzenia powietrza	nie dotyczy	nie dotyczy
3.	Strumień powietrza wentylacyjnego, [m <sup>3</sup> /h]	nie dotyczy	nie dotyczy
4.	Liczba wymian, [1/h]	nie dotyczy	nie dotyczy
5.	Charakterystyka energetyczna budynku		
1.	Obliczeniowa moc cieplna systemu grzewczego, [kW]	nie dotyczy	nie dotyczy
2.	Obliczeniowa moc cieplna na przygotowanie c.w.u. i wody basenowej, [kW]	269,50	bez zmian
3.	Roczne zapotrzebowanie na ciepło do ogrzewania budynku bez uwzględnienia sprawności systemu grzewczego i przerw w ogrzewaniu, [GJ/rok]	nie dotyczy	nie dotyczy
4.	Roczne zapotrzebowanie na ciepło do ogrzewania budynku z uwzględnieniem sprawności systemu grzewczego i przerw w ogrzewaniu, [GJ/rok]	nie dotyczy	nie dotyczy

5.	Obliczeniowe zapotrzebowanie na ciepło do przygotowania c.w.u. i wody basenowej, [GJ/rok]	716,49	bez zmian	
6.	Zmierzone zużycie ciepła na ogrzewanie przeliczone na warunki sezonu standardowego i przygotowanie c.w.u. (służące do weryfikacji przyjętych składowych danych obliczeniowych bilansu ciepła), [GJ/rok]	nie dotyczy		
7.	Wskaźnik sezonowego zapotrzebowania na ciepło do ogrzewania budynku w standardowym sezonie grzewczym bez uwzględnienia sprawności systemu grzewczego i przerw w ogrzewaniu, [kWh/(m³rok)]	nie dotyczy	nie dotyczy	
8.	Wskaźnik sezonowego zapotrzebowania na ciepło do ogrzewania budynku w standardowym sezonie grzewczym z uwzględnieniem sprawności systemu grzewczego i przerw w ogrzewaniu, [kWh/(m³rok)]	nie dotyczy	nie dotyczy	
9.	Wskaźnik sezonowego zapotrzebowania na ciepło do ogrzewania budynku w standardowym sezonie grzewczym z uwzględnieniem sprawności systemu grzewczego i przerw w ogrzewaniu, [kWh/(m²rok)]	nie dotyczy	nie dotyczy	
6.	<b>Opłaty jednostkowe (obowiązujące w dniu sporządzania audytu)</b>			
1.	Opłata za 1 GJ na ogrzewanie, [zł] **)	52,00	52,00	
2.	Opłata za 1 MW mocy zamówionej na ogrzewanie na miesiąc, [zł] ***)	---	---	
4.	Opłata za 1 MW mocy zamówionej na podgrzanie c.w.u. na miesiąc, [zł] ***)	9 000,00	9 000,00	
5.	Opłata za ogrzanie 1m² pow. użytkowej, [zł/m-c]	---	---	
6.	Opłata abonamentowa, [zł/m-c]	---	---	
7.	Opłata abonamentowa c.w.u., [zł/m-c]	---	---	
7.	<b>Charakterystyka ekonomiczna opłacalnego wariantu przedsięwzięcia termomodernizacyjnego</b>			
Planowana kwota dotacji, [zł]		260 879,00	Roczna oszczędność kosztów energii, [zł/rok] ***)	12 361,72
Planowane koszty całkowite, [zł]		326 099,67	Roczne zmniejszenie zapotrzebowania na energię do przygotowania c.w.u., [%]	32

\*) - dla budynku o mieszanej funkcji należy podać wszystkie dane oddzielnie dla każdej części budynku

\*\*) - opłata zmienna związana z dystrybucją i przesyłem jednostki energii

\*\*\*) - stała opłata miesięczna związana z dystrybucją i przesyłem energii

### **3 Ustalenia wstępne. Cel audytu. Materiały i dane źródłowe. Inwentaryzacja techniczno – budowlana**

#### **3.1 Ustalenia wstępne. Stan aktualny i projektowany. Cel audytu.**

Niniejszy audyt ma na celu wykonanie analizy techniczno-ekonomicznej opłacalności montażu kolektorów słonecznych i wykorzystania energii słonecznej do przygotowania ciepłej wody użytkowej (c.w.u.) i wody basenowej na potrzeby obiektu Krytej Pływalni w Piotrkowie Trybunalskim przy ul. Belzackiej 106.

Zakres audytu ogranicza się do doboru wielkości systemu solarnego oraz oceny efektu energetycznego i ekonomicznego, uzyskanego po realizacji zakresu prac związanych z planowaną modernizacją instalacji przygotowania c.w.u. i wody basenowej przy wykorzystaniu kolektorów słonecznych.

Obliczenie oszczędności w kosztach ogrzewania zostanie przeprowadzone w oparciu o porównanie rocznych kosztów energii cieplnej pozyskanej z kolektorów słonecznych do przygotowania c.w.u. oraz wody basenowej i odniesienie ich do kosztów ponoszonych na pozyskanie takiej samej ilości energii z miejskiej sieci ciepłowniczej (m.s.c.).

##### **3.1.1 Stan aktualny**

Budynek Krytej Pływalni w Piotrkowie Trybunalskim zlokalizowany jest na terenie miasta przy ul. Belzackiej 106. Obiekt jest budynkiem jednoprzestrzennym, w części obejmującej niecki basenowe jednokondygnacyjnym natomiast w części obejmującej pomieszczenia użytkowe dwukondygnacyjnym.

Kryta pływalnia posiada nieckę basenową basenu sportowego o wymiarach 25mx12,5m i głębokości od 1,20 do 1,80 m oraz basenu rekreacyjnego o wymiarach 6,0x12,5 m. Obiekt jest przystosowany do rekreacji wodnej, prowadzenia nauki pływania, gier i zabaw w wodzie, oraz przeprowadzania zawodów pływackich. Zastosowany nowoczesny system uzdatniania wody basenowej zapewnia wodę o stałej jakości i temperaturze.

Zaopatrzenie w ciepło na cele c.w.u. i wody basenowej obiektu Krytej Pływalni w Piotrkowie Trybunalskim przy ul. Belzackiej 106 zapewniają węzły cieplne zasilane z sieci miejskiej.

Na cele c.w.u. zamontowane są dwa wymienniki ciepła firmy Secespol typ JAD S1K o powierzchni wymiany 3m<sup>2</sup> każdy, które dostarczają c.w.u. do zasobnika pionowego o pojemności 1500 litrów, zamontowanego w pomieszczeniu węzła c.o. i c.w.u. Dla potrzeb dostarczenia ciepła dla wody basenu sportowego pracuje wymiennik ciepła firmy Secespol typ JAD X.988 o powierzchni wymiany ciepła 10 m<sup>2</sup>, natomiast dla potrzeb dostarczenia ciepła dla wody basenu rekreacyjnego zamontowano dwa wymienniki ciepła firmy Secespol typu JAD X.2/11 o powierzchni wymiany ciepła 1,2 m<sup>2</sup> każdy.

Średnia ilość osób korzystających z obiektu w ciągu doby waha się w przedziale od 150 do 200 osób.

Stan techniczny obecnej instalacji przygotowania ciepła dla przedmiotowego obiektu oceniany jest jako dobry.

### **3.1.2 Stan planowany**

Podstawowe założenie modernizacji instalacji zakłada redukcję kosztów ogrzewania ciepłej wody użytkowej i wody basenowej.

Redukcja kosztów nastąpi w efekcie wspomagania procesu przygotowania ciepłej wody użytkowej i wody basenowej za pośrednictwem systemu solarnego, a tym samym częściowe zastąpienie energii pozyskiwanej ze źródeł konwencjonalnych – w tym przypadku z m.s.c. – energią słoneczną pozyskiwaną przez układ kolektorów słonecznych.

### **3.1.3 Cel audytu**

Celem audytu jest:

- dobór wymaganej ilości kolektorów słonecznych,
- oszacowanie wymaganych nakładów finansowanych,
- obliczenie spodziewanych oszczędności z tytułu obniżenia kosztów przygotowania c.w.u. i wody basenowej, generowanych po zrealizowaniu planowanego zakresu prac,
- wykonanie analizy ekonomicznej i wykazanie, jaka część inwestycji jest możliwa do spłacenia w oparciu o niskooprocentowany kredyt, z generowanych oszczędności, pozyskany na zasadach obowiązujących w „funduszach na termomodernizację” (WFOŚiGW, NFOŚiGW, BOŚ itp.) udzielanych przy realizacji przedsięwzięć termomodernizacyjnych budynków mieszkalnych i użyteczności publicznej z wykorzystaniem odnawialnych źródeł energii. Ponadto w analizie zostanie określona wysokość środków, jakie Inwestor powinien zabezpieczyć na potrzeby inwestycji (udział własny, dotacja, dofinansowanie itp.), które umożliwią kompleksową realizację zaplanowanego przedsięwzięcia.

Dla obliczenia oszczędności kosztów ogrzewania przed i po termomodernizacji stosuje się ceny nośników energii podawanych przez WFOŚiGW w Krakowie.

### **3.2 Materiały i dane źródłowe.**

- Dokumentacja archiwalna udostępniona przez Inwestora,
- prognoza cen nośników energii – tabela poniżej.

## PROGNOZA CEN NOŚNIKÓW ENERGII

Lata	Ścieki (zł/m <sup>3</sup> )	Energia el. (noc) (zł/kWh)	Energia el. (dzień) (zł/kWh)	Gaz dla kotłowni (zł/m <sup>3</sup> )	Olej opałowy (zł/l)	Energia c.o (zł/GJ)*	Węgiel (zł/t)	Koks (zł/t)
2010	4,00	0,300	0,600	2,50	2,70	52,00	650,00	850,00
2011	4,15	0,318	0,636	2,65	2,80	54,50	665,00	875,00
2012	4,30	0,337	0,674	2,80	2,90	56,00	680,00	900,00
2013	4,40	0,357	0,715	2,95	3,00	59,00	695,00	930,00
2014	4,50	0,379	0,757	3,10	3,10	62,00	710,00	960,00
2015	4,60	0,401	0,803	3,25	3,20	64,00	725,00	990,00
2016	4,70	0,426	0,851	3,40	3,30	66,00	740,00	1 020,00
2017	4,80	0,451	0,902	3,55	3,40	68,00	755,00	1 050,00
2018	4,90	0,478	0,956	3,70	3,50	70,00	770,00	1 080,00
2019	5,00	0,507	1,014	3,85	3,60	72,00	785,00	1 110,00

\* w przypadku energii c.o. należy doliczyć 9 000 zł za każdy 1 MW zainstalowanej mocy

### 3.3 Wykaz ustaw, norm i pozycji literaturowych, w oparciu, o które sporządzono niniejszy audyt energetyczny

- Ustawa z dnia 21 listopada 2008r. o wspieraniu termomodernizacji i remontów.
- Rozporządzenie Ministra Infrastruktury z dnia 17 marca 2009r. w sprawie szczegółowego zakresu i form audytu energetycznego oraz części audytu remontowego, wzorów kart audytów, a także algorytmu oceny opłacalności przedsięwzięcia termomodernizacyjnego.
- Rozporządzenie Ministra Infrastruktury z dnia 6 listopada 2008r. W sprawie metodologii obliczania charakterystyki energetycznej budynku i lokalu mieszkalnego lub części budynku stanowiącej samodzielną całość techniczno-użytkową oraz sposobu sporządzania i wzorów świadectw ich charakterystyki energetycznej.

## 4 Ocena stanu technicznego instalacji c.w.u.

I.p.	Charakterystyka stanu istniejącego	Wskazane usprawnienia
1	Instalacja c.w.u. i wody basenowej przygotowywana poprzez m.s.c.	<p>Instalacja zasobników systemu solarnego.</p> <p>Budowa instalacji solarnej jako głównego źródła ciepła dla potrzeb przygotowania c.w.u. i wody basenowej w okresie wiosenno-letnim, wspomaganej w okresach niedostatecznego nasłonecznienia ciepłem z m.s.c..</p> <p>W okresie zimowym instalacja solarna pracować będzie jako dodatkowe źródło ciepła służące do wstępnego podgrzewu c.w.u.. Głównym źródłem ciepła będzie m.s.c..</p>



## 5 Wskazanie optymalnego wariantu przedsięwzięcia termomodernizacyjnego

### 5.1 Rodzaj usprawnień składających się na optymalny wariant przedsięwzięcia termomodernizacyjnego zmierzający do redukcji kosztów eksploatacyjnych – w zakresie uzgodnionym ze Zleceniodawcą.

I.p.	Grupa usprawnień	Rodzaj usprawnień
1	Wykorzystanie odnawialnych źródeł energii do podgrzewania c.w.u. i wody basenowej	Modernizacja instalacji przygotowania c.w.u. i wody basenowej.  Montaż kolektorów słonecznych, jako głównego źródła ciepła w okresie wiosenno-letnim oraz pracujących jako dodatkowe źródło ciepła w okresie jesienno-zimowym.  Montaż dodatkowych zasobników systemu solarnego.

## 6 Obliczeniowe zapotrzebowanie ciepła na cele ciepłej wody użytkowej – określone na potrzeby audytu

### 6.1 Obliczenie zapotrzebowania ciepła na potrzeby podgrzewu wody użytkowej:

Wytyczne obliczenia dobowego zapotrzebowania na energię cieplną:

$$Q_d = m \cdot c_w \cdot \Delta T = n \cdot D_z \cdot c_w \cdot \Delta T \text{ [kWh/doba]}$$

gdzie:

$Q_d$  – dobowe zapotrzebowanie na energię cieplną do podgrzania wody [kWh/doba]

$m$  – zapotrzebowanie na c.w.u. [litr/doba]

$c_w$  – ciepło właściwe wody [J/kgK]

$\Delta T$  – różnica temperatur wody ogrzanej i wody zimnej zasilającej

$n$  – ilość osób

$D_z$  – założone dobowe zużycie ciepłej wody przez jedną osobę [litr/osoba]

Wytyczne obliczenia miesięcznego zapotrzebowania na energię:

$$Q_m = Q_d \cdot D_m \text{ [kWh/miesiąc]}$$

gdzie:

$Q_m$  – miesięczne zapotrzebowanie na energię cieplną do podgrzania wody [kWh/miesiąc]

$Q_d$  – dobowe zapotrzebowanie na energię cieplną do podgrzania wody [kWh/doba]

$D_m$  – ilość dni w miesiącu

Wytyczne doboru wymaganej powierzchni absorpcji kolektorów słonecznych:

Obliczenie energii promieniowania słonecznego dla powierzchni 1m<sup>2</sup> w miesiącach letnich:

$$Q_l = Q_s * w_o \text{ [kWh/m}^2\text{]}$$

gdzie:

$Q_l$  – wartość energii promieniowania słonecznego w miesiącach letnich dla 1m<sup>2</sup> powierzchni nachylonej do poziomu pod zadany kąt [kWh/m<sup>2</sup>]

$Q_s$  – wartość energii promieniowania słonecznego w miesiącach letnich dla 1m<sup>2</sup> powierzchni poziomej [kWh/m<sup>2</sup>]

$w_o$  – współczynnik korygujący

Obliczenie całkowitej energii cieplnej uzyskanej z 1m<sup>2</sup> powierzchni czynnej kolektora w ciągu miesięcy letnich:

$$Q_k = Q_l * \eta_{op} \text{ [kWh/miesiąc]}$$

gdzie:

$Q_k$  – energia pozyskana z 1m<sup>2</sup> powierzchni czynnej kolektora w ciągu miesięcy letnich [kWh/m<sup>2</sup>]

$Q_l$  – średnia wartość energii promieniowania słonecznego dla powierzchni 1m<sup>2</sup> w ciągu miesięcy letnich [kWh/m<sup>2</sup>]

$\eta_{op}$  – sprawność optyczna kolektora

Obliczenie całkowitej energii cieplnej pozyskanej z zaproponowanego kolektora słonecznego w ciągu miesięcy letnich:

$$Q_{kol} = Q_k * A_{kol}$$

gdzie:

$Q_{kol}$  – energia pozyskana z zaproponowanego kolektora słonecznego w ciągu miesięcy letnich

$Q_k$  – energia pozyskana z 1m<sup>2</sup> powierzchni czynnej kolektora w ciągu miesięcy letnich [kWh/m<sup>2</sup>]

$A_{kol}$  – powierzchnia absorbera zaproponowanego kolektora [m<sup>2</sup>]

Obliczenie wymaganej ilości zaproponowanych kolektorów słonecznych okresie trzech miesięcy letnich:

$$I_{kol} = (Q_m / Q_{kol}) * \eta_{inst}$$

gdzie:

$I_{kol}$  – wymagana liczba kolektorów słonecznych dla potrzeb pokrycia zapotrzebowania na energię cieplną w miesiącach letnich na poziomie 100%

$Q_m$  – miesięczne zapotrzebowanie na energię cieplną do podgrzania wody [kWh/miesiąc]

$Q_{kol}$  – energia pozyskana z zaproponowanego kolektora słonecznego w ciągu miesięcy letnich

$\eta_{inst}$  – sprawność systemu solarnego

## Obliczenie zapotrzebowania ciepła na potrzeby podgrzewu wody użytkowej:

### Dane do obliczeń:

Średnia ilość osób korzystających z obiektu – 150 [osób]  
Średnie zużycie c.w.u. w przeliczeniu na jedną osobę – 7 [dm<sup>3</sup>/osoba]  
współczynnik korygujący – 1,01  
sprawność optyczna kolektora – 83%  
sprawność instalacji solarnej – 75%  
powierzchnia czynna kolektora słonecznego – 2,15 [m<sup>2</sup>]  
wartość promieniowania słonecznego dla sezonu letniego (czerwiec-sierpień) – 466,608[kWh/m<sup>2</sup>]

Liczba osób korzystających z obiektu	150 [osób]
Założone zużycie wody na osobę (mieszkaniec)	7 [l/os/doba]
Sumaryczne zużycie c.w.u.	1 050,0 [l/doba]
	31,5 [m <sup>3</sup> /m-c]
Temperatura początkowa wody	10 [°C]
Temperatura końcowa wody	55 [°C]
Różnica temperatur	45 [°C]
Ciepło właściwe wody	4,2 [kJ/kgK]
Energia potrzebna do podgrzania wody	1 653,75 [kWh/m-c]
Energia pozyskana z kolektora	275,44 [kWh/m-c]
Sprawność systemu	50 [%]
Wymagana liczba kolektorów	8,0 [sztuk]
<b>Dobrano kolektorów</b>	<b>8 [sztuk]</b>
Pokryte zapotrzebowanie w okresie letnim	100 [%]
Pokryte zapotrzebowanie w okresie roku	68 [%]

## Obliczenie zapotrzebowania ciepła na potrzeby podgrzewu wody basenowej:

### Basen sportowy o wymiarach 12,5\*25,0 m i głębokości od 1,20 do 1,80 m

Obliczenia wykonano w oparciu o poradnik Recknagla „Ogrzewanie i Klimatyzacja”, wyd. EWFE 94/95.

Basen o wymiarach 12,5 \* 25 = 262,5 m<sup>2</sup>.

Obliczenia wykonano przy następujących założeniach:

- temperatura wody 28 °C
- temperatura powietrza 28 do 30 °C
- maksymalna wilgotność powietrza w pływalni 70%
- minimalna ilość powietrza zewnętrznego 10 m<sup>3</sup>/h m<sup>2</sup>
- zapotrzebowanie świeżej wody 4m<sup>3</sup>/dobę i 12 m<sup>3</sup>/ dobę co 3 dzień
- liczba dni pracy basenu 365 dni/rok
- dzienny czas pracy 13 godzin
- ciepło parowania wody 2 256 kJ/kg
- gęstość wody 998 kg/m<sup>3</sup>

Przy średniej wilgotności powietrza 60% odparowanie wody 0,1 kg/m<sup>2</sup>h.

Odpowiadająca temu strata ciepła na odparowanie w ciągu miesiąca letniego:

$$2\,256 \text{ [kJ/kg]} * 0,1 \text{ [kg/m}^2\text{h]} = 225,6 \text{ [kJ/m}^2\text{h/3600]} = 0,06 \text{ [kW/m}^2\text{]}$$

stąd

$$0,06 \text{ [kW/m}^2\text{]} * 262,5 \text{ [m}^2\text{]} = 15,75 \text{ [kW]}$$

$$15,75 \text{ [kW]} * 30 \text{ [dni]} * 13 \text{ [h]} = 6\,142,5 \text{ [kWh/miesiąc]}$$

Podgrzanie świeżej wody w okresie letniego miesiąca:

$$4 \text{ [m}^3\text{/dobę]} * 998 \text{ [kg/m}^3\text{]} * (28-10) \text{ [}^\circ\text{C]} * 4,2 \text{ [kJ/kg }^\circ\text{C]} * 30 \text{ [dni]} / 0,0036 = 2\,514,9 \text{ [kWh/miesiąc]}$$

$$12 \text{ [m}^3\text{/dobę]} * 998 \text{ [kg/m}^3\text{]} * (28-10) \text{ [}^\circ\text{C]} * 4,2 \text{ [kJ/kg }^\circ\text{C]} * 10 \text{ [dni]} / 0,0036 = 2\,514,9 \text{ [kWh/miesiąc]}$$

$$\text{RAZEM: podgrzanie świeżej wody: } 2\,514,9 + 2\,514,9 = 5\,029,8 \text{ [kWh/miesiąc]}$$

$$\text{RAZEM: podgrzanie wody basenowej: } 6\,142,5 + 5\,029,8 = \mathbf{11\,172,3 \text{ [kWh/miesiąc]}}$$

Całkowite zapotrzebowanie energii cieplnej na przygotowanie wody basenowej w okresie jednego miesiąca letniego wynosi 11 172,3 kWh

Energia potrzebna do podgrzania wody	11 172,30 [kWh/m-c]
Energia pozyskana z kolektora	275,44 [kWh/m-c]
Sprawność systemu	75 [%]
<b>Wymagana liczba kolektorów</b>	<b>54,1 [sztuk]</b>
Dobrano kolektorów	22 [sztuk]
Pokryte zapotrzebowanie w okresie letnim	41 [%]
Pokryte zapotrzebowanie w okresie roku	28 [%]

Na podstawie przeprowadzonych obliczeń dla obiektu Krytej Pływalni przy ul. Belzackiej 106 dobrano na potrzeby przygotowania c.w.u. i wody basenowej układ złożony z 30 sztuk próżniowych kolektorów słonecznych o łącznej powierzchni czynnej wynoszącej 64,50 m<sup>2</sup>, który pokryje ok. 32% rocznego zapotrzebowania.

## 7 Roczne oszczędności do uzyskania w wyniku modernizacji

Dane wyjściowe do obliczeń:

Q <sub>zł</sub> - opłata zmienna za zużycie 1GJ wg „Prognozy cen nośników energii stosowanych przez WFOŚiGW w Krakowie” dla energii. pozyskiwanej z m.s.c.	52,00	zł/GJ
Q <sub>m</sub> - opłata stała za zużycie 1MW wg „Prognozy cen nośników energii stosowanych przez WFOŚiGW w Krakowie” dla energii pozyskiwanej z m.s.c.	9 000	zł/MW/m-c
Q <sub>zł</sub> - opłata za zużycie 1GJ wg „Prognozy cen nośników energii stosowanych przez WFOŚiGW w Krakowie” dla energii elektrycznej, taryfa dzienna.	152,77	zł/GJ
Q <sub>zł</sub> - opłata za zużycie 1GJ brutto dla energii pozyskiwanej z kolektorów słonecznych (przy łącznej mocy silników elektrycznych pomp 1400 W)	1,63	zł/GJ

Optymalne usprawnienie termomodernizacyjne prowadzące do zmniejszenia kosztów eksploatacji c.w.u., to takie usprawnienie, dla którego prosty czas zwrotu SPBT przyjmuje wartość minimalną:

$$SPBT = N_U / \Sigma \Delta_{rU}$$

gdzie:

- $N_U$  – planowane koszty robót [zł],  
 $\Delta O_{rU}$  – roczna oszczędność kosztów energii wynikająca z zastosowania usprawnienia termomodernizacyjnego, przypadająca na poszczególne z n wykorzystanych źródeł energii [zł/rok].

$$\Delta O_{rU} = (x_0 * Q_{0u} * O_{0z} - x_1 * Q_{1u} * O_{1z}) + 12 * (y_0 * q_{0u} * O_{0m} - y_1 * q_{1u} * O_{1m}) + 12 * (A_{bo} - A_{b1})$$

gdzie:

- $x_0, x_1$  – udział n-tego źródła w zapotrzebowaniu na ciepło przed i po wykonaniu usprawnienia,  
 $Q_{0u}, Q_{1u}$  – roczne zapotrzebowanie na ciepło na przed i po wykonaniu usprawnienia [GJ/rok],  
 $O_{0z}, O_{1z}$  – opłata zmienna [zł/GJ],  
 $y_0, y_1$  – udział n-tego źródła w zapotrzebowaniu na moc cieplną przed i po wykonaniu usprawnienia,  
 $q_{0u}, q_{1u}$  – zapotrzebowanie na moc cieplną przed i po wykonaniu usprawnienia [MW],  
 $O_{0m}, O_{1m}$  – opłata stała miesięczna [zł/MW\* m-c],  
 $A_{bo}, A_{b1}$  – miesięczna opłata abonamentowa przed i po wykonaniu usprawnienia [zł/m-c].

W tabeli poniżej porównano koszty eksploatacyjne dla stanu aktualnego i po zainstalowaniu kolektorów słonecznych.

Obliczone oszczędności odniesiono do nakładów inwestycyjnych uzyskując jeden ze wskaźników opłacalności inwestycji, jakim jest prosty czas zwrotu SPBT.

Alternatywą dla kolektorów słonecznych na potrzeby wyliczenia oszczędności jest ciepło z indywidualnej kotłowni gazowej

$O_{0z}^* =$		68,0	m.s.c.	zł/GJ	
$O_{1zel} =$		152,77	el.	zł/GJ	
$O_{1solar} =$		1,63	solar	zł/GJ	
Nr. Usp.	$Q_{icw}$ [GJ]	$Q_{icw}$ [zł]	$\Delta Q_{icw}$ [zł]	N [zł]	SPBT [lata]
0	716,49	48 721,32	0,00		
1	534,70	36 359,60	12 361,72	326 099,67	36,38

Wybrane oznaczenia:

- $Q_{icw}$  – obliczeniowe zapotrzebowanie energii na c.w.u.  
 $O_{icw}$  – roczne koszty ogrzewania  
 $\Delta O_{icw}$  – oszczędność roczna w zł/rok  
N – nakłady  
\* – z uwzględnieniem opłaty za każdy 1 MW zainstalowanej mocy

## 8 Źródła finansowania inwestycji

Planowana inwestycja związana z montażem instalacji solarnej w obiekcie Krytej Pływalni kwalifikuje się do dofinansowania ze środków WFOŚiGW w Łodzi. Wedle zasad obowiązujących w roku 2011 przedmiotowa inwestycja może zostać dofinansowana w wysokości do 80% kosztów kwalifikowanych w postaci dotacji.

## 9 Analiza oddziaływania na środowisko

Zaproponowany system składający się z kolektorów słonecznych jest rozwiązaniem całkowicie przyjaznym dla środowiska – nie oddziałującym negatywnie na środowisko. Stanowi on instalację, która umożliwia wykorzystanie praktycznie nieograniczonych zasobów energii odnawialnej. Jest całkowicie ekologiczny, nie wydzielając żadnych substancji zanieczyszczających środowisko naturalne. Nie wymaga doprowadzenia i składowania paliwa, jest wygodny i czysty. Praca tego systemu nie wywołuje hałasu. Ponadto energia promieniowania słonecznego jest jednym ze źródeł energii niekonwencjonalnej, która w aspekcie ochrony środowiska jest najbardziej "czystą" postacią energii.

Ponadto dzięki zastosowaniu planowanego rozwiązania wzrośnie świadomość ekologiczna lokalnej społeczności. Działania związane z zaproponowaną przebudową stanowią doskonałą podstawę do prowadzenia promocji i propagowania proekologicznych rozwiązań oraz działań z zakresu edukacji ekologicznej, które prowadzone wg ściśle określonego systemu przyczynią się do zmiany zachowań społeczeństwa i w rezultacie do stosowania na szeroką skalę nowoczesnych urządzeń przyjaznych środowisku.

Wyznaczanie redukcji emisji substancji zanieczyszczających powietrze z procesów energetycznego spalania paliwa odniesiono do spalania węgla i obliczono na podstawie poniższych wzorów:

WARTOŚĆ EMISJI POSZCZEGÓLNYCH SUBSTANCJI – wzór obliczeniowy:

$$E = B \cdot w \cdot S \left[ \frac{\text{tony}}{\text{rok}} \right]$$

gdzie: B - ilość spalonego paliwa [mln m<sup>3</sup>/rok]

w - wskaźnik unosu substancji zanieczyszczających [kg/10<sup>6</sup> m<sup>3</sup>] – według MOŚZNiL

S - zawartość siarki całkowitej [mg/m<sup>3</sup>] – uwzględniana przy obliczeniach emisji SO<sub>2</sub>

OBLICZENIA EMISJI PYŁU - są wykonywane w oparciu o wzór obliczeniowy:

$$E = B \cdot w \cdot A_r \cdot \frac{(100 - n_f)}{(100 - K)} \left[ \frac{\text{tony}}{\text{rok}} \right]$$

gdzie: B - ilość spalonego paliwa [Mg-tony/rok]

w - wskaźnik unosu pyłu [kg/Mg] – według MOŚZNiL

- Ar - zawartość popiołu w paliwie [%] – uwzględniana w obliczeniach emisji pyłu  
 nf - sprawność urządzeń odpylających [%] – uwzględniana w obliczeniach emisji pyłu  
 K - zawartość części palnych w pyłe [%] – uwzględniana w obliczeniach emisji pyłu

OBLICZENIA EMISJI SADZY (WĘGLA ELEMENTARNEGO) - są wykonywane w oparciu o wzór obliczeniowy:

$$E = B \cdot w \cdot A_r \left[ \frac{\text{tony}}{\text{rok}} \right]$$

gdzie: B - ilość spalonego paliwa [Mg-tony/rok]

w - wskaźnik unosu sadzy [kg/Mg] – według MOŚZNiL

Ar - zawartość popiołu w paliwie [%] – uwzględniana w obliczeniach emisji sadzy

ZUŻYCIE PALIWA DO SPALANIA – wzór obliczeniowy:

$$B = \frac{3600 \cdot Q}{W_d \cdot \eta \cdot 1000000} \left[ \frac{\text{mln m}^3}{\text{rok}} \right]$$

gdzie: Q - zapotrzebowanie na energię [kWh/rok]

W<sub>d</sub> - wartość opałowa paliwa [kJ/m<sup>3</sup>]

η - sprawność wytwarzania [-]

OBLICZENIA EMISJI ZANIECZYSZCZEŃ:

Przy obliczaniu redukcji emisji szkodliwych substancji do atmosfery uwzględniono emisję ze spalania węgla kamiennego w zakładzie ciepłowniczym przy wytworzeniu energii równej co do wartości energii pozyskiwanej z kolektorów słonecznych.

Wartości wskaźników przyjętych do obliczeń:

w<sub>pył</sub> = 3,0 [kg/ tona]

w<sub>BAP</sub> = 0,0004 [kg/ tona]

w<sub>SO2</sub> = 17,0 [kg/ tona]

w<sub>sadza</sub> = 0,002 [kg/ tona]

w<sub>NO2</sub> = 4,0 [kg/ tona]

Ar = 5 %

w<sub>CO</sub> = 5,0 [kg/ tona]

K = 25 %

w<sub>CO2</sub> = 2 200 [kg/ tona]

n<sub>f</sub> = 99,9 %

s = 1 %

### OBLICZENIA AKTUALNEJ EMISJI ZANIECZYSZCZEŃ:

Przy obliczaniu aktualnej emisji szkodliwych substancji do atmosfery uwzględniono emisję ze spalania węgla kamiennego w ciepłowni.

### ZUŻYCIE PALIWA DO SPALANIA:

$$B = \frac{3600 \cdot Q}{W_d \cdot \eta \cdot 1000} \left[ \frac{\text{tony}}{\text{rok}} \right] = B = \frac{3600 \cdot 727627}{26000 \cdot 0,75 \cdot 1000} \left[ \frac{\text{tony}}{\text{rok}} \right] \approx 134,33 \left[ \frac{\text{tony}}{\text{rok}} \right]$$

### WARTOŚĆ REDUKCJI EMISJI POSZCZEGÓLNYCH SUBSTANCJI:

Emisja pyłu:

$$E = B \cdot w \cdot A_r \cdot \frac{(100 - n_f)}{(100 - K)} \left[ \frac{\text{tony}}{\text{rok}} \right] = 134,33 \cdot 3,0 \cdot 5,0 \cdot \frac{(100 - 99,9)}{(100 - 25)} / 1000 \approx 0,002686 \left[ \frac{\text{tony}}{\text{rok}} \right]$$

Emisja dwutlenku siarki:

$$E = B \cdot w \cdot S \left[ \frac{\text{tony}}{\text{rok}} \right] = 134,33 \cdot 17 \cdot 1,0 / 1000 \approx 2,283610 \left[ \frac{\text{tony}}{\text{rok}} \right]$$

Dwutlenek azotu:

$$E = B \cdot w \left[ \frac{\text{tony}}{\text{rok}} \right] = 134,33 \cdot 4,0 / 1000 \approx 0,537320 \left[ \frac{\text{tony}}{\text{rok}} \right]$$

Tlenek węgla:

$$E = B \cdot w \left[ \frac{\text{tony}}{\text{rok}} \right] = 134,33 \cdot 5,0 / 1000 \approx 0,671650 \left[ \frac{\text{tony}}{\text{rok}} \right]$$

Dwutlenek węgla:

$$E = B \cdot w \left[ \frac{\text{tony}}{\text{rok}} \right] = 134,33 \cdot 2200 / 1000 \approx 295,5260 \left[ \frac{\text{tony}}{\text{rok}} \right]$$

Emisja sadzy:

$$E = B \cdot w \cdot A_r \left[ \frac{\text{tony}}{\text{rok}} \right] = 134,33 \cdot 0,002 \cdot 5 / 1000 \approx 0,001343 \left[ \frac{\text{tony}}{\text{rok}} \right]$$

Emisja BAP:

$$E = B \cdot w \left[ \frac{\text{tony}}{\text{rok}} \right] = 134,33 \cdot 0,0004 / 1000 \approx 0,000053 \left[ \frac{\text{tony}}{\text{rok}} \right]$$



## OBLICZENIA EMISJI ZANIECZYSZCZEŃ PO REALIZACJI INWESTYCJI:

### ZUŻYCIE PALIWA DO SPALANIA:

$$B = \frac{3600 \cdot Q}{W_d \cdot \eta \cdot 1000} \left[ \frac{\text{tony}}{\text{rok}} \right] = B = \frac{3600 \cdot 677129}{26000 \cdot 0,75 \cdot 1000} \left[ \frac{\text{tony}}{\text{rok}} \right] \approx 125,0 \left[ \frac{\text{tony}}{\text{rok}} \right]$$

### WARTOŚĆ REDUKCJI EMISJI POSZCZEGÓLNYCH SUBSTANCJI:

Emisja pyłu:

$$E = B \cdot w \cdot A_r \cdot \frac{(100 - n_f)}{(100 - K)} \left[ \frac{\text{tony}}{\text{rok}} \right] = 125,0 * 3,0 * 5,0 * \frac{(100 - 99,9)}{(100 - 25)} / 1000 \approx 0,00250 \left[ \frac{\text{tony}}{\text{rok}} \right]$$

Emisja dwutlenku siarki:

$$E = B \cdot w \cdot S \left[ \frac{\text{tony}}{\text{rok}} \right] = 125,0 * 17 * 1,0 / 1000 \approx 2,125000 \left[ \frac{\text{tony}}{\text{rok}} \right]$$

Dwutlenek azotu:

$$E = B \cdot w \left[ \frac{\text{tony}}{\text{rok}} \right] = 125,0 * 4,0 / 1000 \approx 0,500000 \left[ \frac{\text{tony}}{\text{rok}} \right]$$

Tlenek węgla:

$$E = B \cdot w \left[ \frac{\text{tony}}{\text{rok}} \right] = 125,0 * 5,0 / 1000 \approx 0,625000 \left[ \frac{\text{tony}}{\text{rok}} \right]$$

Dwutlenek węgla:

$$E = B \cdot w \left[ \frac{\text{tony}}{\text{rok}} \right] = 125,0 * 2200 / 1000 \approx 275,000000 \left[ \frac{\text{tony}}{\text{rok}} \right]$$

Emisja sadzy:

$$E = B \cdot w \cdot A_r \left[ \frac{\text{tony}}{\text{rok}} \right] = 125,0 * 0,002 * 5 / 1000 \approx 0,001250 \left[ \frac{\text{tony}}{\text{rok}} \right]$$

Emisja BAP:

$$E = B \cdot w \left[ \frac{\text{tony}}{\text{rok}} \right] = 125,0 * 0,0004 / 1000 \approx 0,000050 \left[ \frac{\text{tony}}{\text{rok}} \right]$$

**TABELA ZBIORCZA:**

RODZAJ ZANIECZYSZCZENIA (EMISJI)	JEDNOSTKA	WIELKOŚĆ DOTYCHCZASOWA	WIELKOŚĆ PLANOWANA (DOCELOWA)	WIELKOŚĆ REDUKCJI
		<b>a</b>	<b>b</b>	<b>c - b</b>
1	2	3	4	5
pył	Mg/rok	0,002686	0,002500	0,000186
dwutlenek siarki	Mg/rok	2,283610	2,125000	0,158610
dwutlenek azotu	Mg/rok	0,537320	0,500000	0,037320
tlenek węgla	Mg/rok	0,671650	0,625000	0,046650
dwutlenek węgla	Mg/rok	295,5260	275,0000	20,52600
sadza	Mg/rok	0,001343	0,001250	0,000093
BAP	Mg/rok	0,000053	0,000050	0,000003

**EMISJA RÓWNOWAŻNA:**

$$ER = 2,9 * E_{pył} + 0,5 * E_{CO} + 2,9 * E_{NOx} + E_{SO2} = 0,2907$$