

**Załącznik ekologiczno-  
techniczny – Budynek Szkoły  
podstawowej nr 1 w Pieszycach**

**GLIWICE, PAŹDZIERNIK 2023**

 **EXERGON**

## **Główni wykonawcy pracy**

dr inż. Tomasz Malik

mgr inż. Tomasz Bryła

inż. Kamil Skupień

## **Zarząd EXERGON Sp. z o.o.**

Dr inż. Marcin Liszka, Prezes

Dr inż. Grzegorz Szapajko, Wiceprezes



Firma EXERGON Sp. z o.o. wywodzi się ze środowiska naukowego Politechniki Śląskiej. Działa w obszarze energetyki i powiązanych gałęzi gospodarki, świadcząc m.in. usługi obliczeniowe, doradcze, opracowując studia wykonalności/biznesplany oraz tworząc dedykowane aplikacje komputerowe. Firma dysponuje zespołem specjalistów, doświadczonych w pracach wykonywanych na rzecz odbiorców instytucjonalnych i przemysłowych.

EXERGON Sp. z o.o.; ul. Jagiellońska 4; 44-100 Gliwice; tel.: +48 794 904 200; sekretariat@exergon.pl; NIP 6312650389; REGON 243336660; KRS 0000472241; X Wydział Gospodarczy Sądu Rejonowego w Gliwicach; kapitał zakładowy 97 560 zł; Rachunek bankowy: ING Bank Śląski 50 1050 1298 1000 0091 3839 6495; więcej informacji: [www.exergon.pl](http://www.exergon.pl).

## **Zastrzeżenia**

Niniejsza praca została sporządzona z najwyższą starannością, niemniej jednak z konieczności część poruszanych w niej problemów zostało przeanalizowanych z zastosowaniem określonych uogólnień oraz danych wejściowych opisanych w niniejszym raporcie. Zastosowanie innych metod badawczych może przyczynić się do uzyskania dokładniejszych wyników. EXERGON Sp. z o.o. nie ponosi odpowiedzialności za jakiegokolwiek straty powstałe w wyniku czynności podjętych lub zaniechanych na podstawie wyników niniejszej pracy.

## **Spis treści**

Wizja lokalna .....	4
Charakterystyka stanu istniejącego w zakresie przegród, instalacji i oświetlenia .....	8
2.1    Przegrody zewnętrzne .....	8
2.2    Okna i drzwi .....	8
2.3    Instalacja grzewcza .....	10
2.4    Instalacja ciepłej wody użytkowej .....	10
2.5    Instalacja wentylacji .....	10
2.6    Oświetlenie .....	11
Analiza stanu istniejącego oraz proponowane modernizacje .....	12
Identyfikacja środków poprawy efektywności energetycznej .....	14
4.1    Sformułowanie możliwych sposobów poprawy efektywności energetycznej 14	
4.2    Zapotrzebowanie energetyczne budynku wraz z zużyciem energii po modernizacji .....	15
Analiza ekologiczna.....	19

# 1

## **Wizja lokalna**

Wizja lokalna przeprowadzona została dnia 02.08.2023. W trakcie oględzin obiektu dokonano inwentaryzacji brakującej dokumentacji, zapoznano się ze źródłami ciepła znajdującymi się w obiekcie oraz przeprowadzono niezbędne do wykonania audytu pomiary. Przeprowadzono także wywiad z personelem Zamawiającego w zakresie ewentualnych uwag oraz planowanych działań modernizacyjnych.

Dodatkowa wizja lokalna w zakresie oświetlenia przeprowadzono 26 października 2023 roku. Podczas wizji lokalnej zinwentaryzowano wszelkie oprawy znajdujące się obecnie na terenie szkoły.

Część dokumentacji fotograficznej przedstawiona została na rysunkach 1 oraz 4.



***Rysunek 1 Widok analizowanego budynku – zdjęcie nr 1***

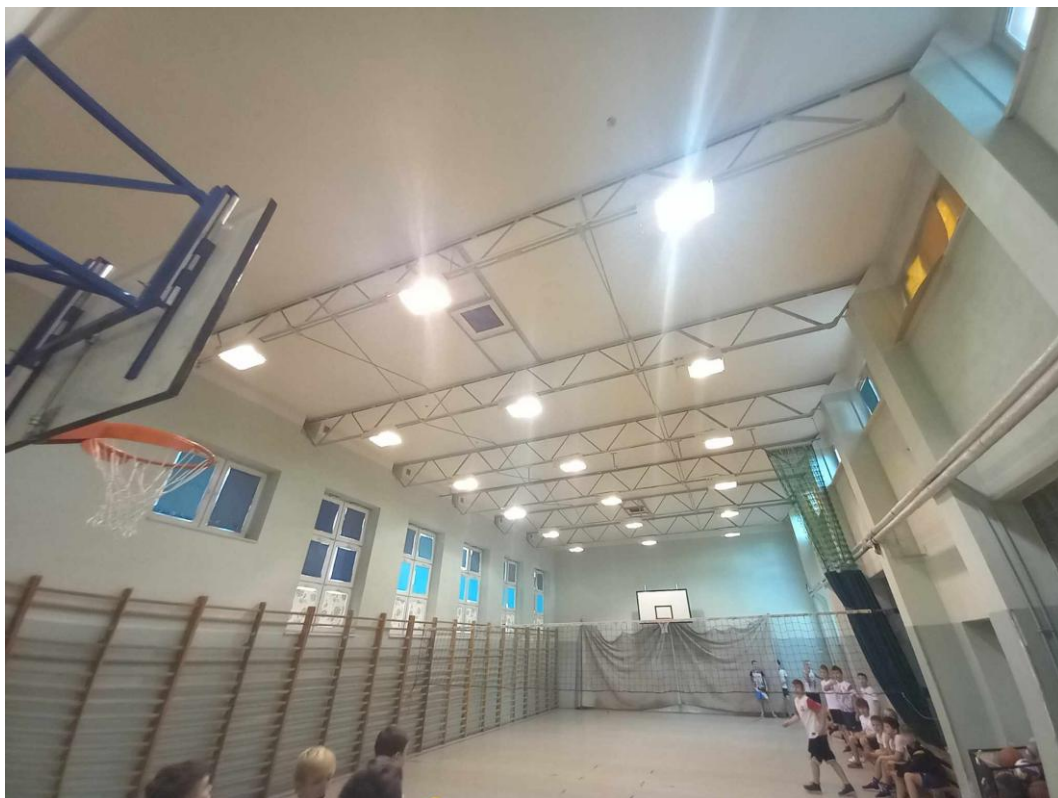


**Rysunek 2 Widok analizowanego budynku – zdjęcie nr 2**



**Rysunek 3 Oprawy oświetleniowe w jednej z klas**





***Rysunek 4 Oprawy oświetleniowe w sali gimnastycznej***

# 2

## **Charakterystyka stanu istniejącego w zakresie przegród, instalacji i oświetlenia**

Budynek szkoły podstawowej o powierzchni użytkowej 3132,69 m<sup>2</sup> i kubaturze części ogrzewanej 12504,16 m<sup>3</sup>.

Na terenie obiektu znajduje się instalacja fotowoltaiczna o mocy 49,82 kW.

### **2.1 Przegrody zewnętrzne**

Nad większością budynku znajduje się stropodach ocieplony styropianem i pokryty papą. Nad częścią zaś poddasze nieużytkowe, ocieplone wełną mineralną oraz dach konstrukcji drewnianej pokryty papą. Ściany zewnętrzne o łącznej grubości 48 cm zostały ocieplone styropianem o grubości 10 cm.

### **2.2 Okna i drzwi**

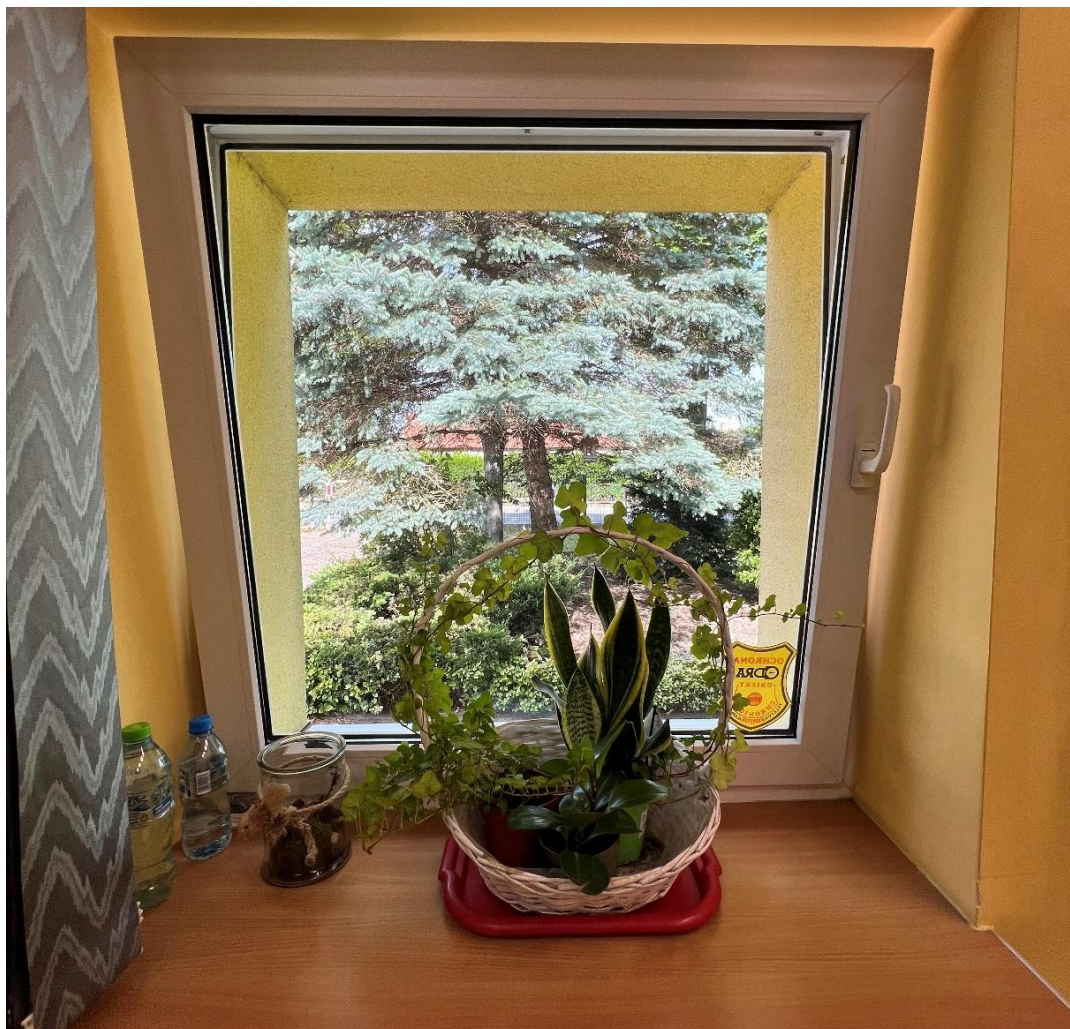
Stolarka okienna wykonana jest z PCV, dwuszybowa w kolorze białym. Stolarka drzwiowa aluminiowa w kolorze białym.

Część dokumentacji zdjęciowej obejmującej stolarkę okienną oraz drzwiową przedstawiona została na rysunkach 3 oraz 4.





***Rysunek 3 Stolarka drzwiowa***



*Rysunek 4 Stolarka okienna*

## **2.3 Instalacja grzewcza**

Ogrzewanie budynku zrealizowane jest za pomocą kotła gazowego o mocy 496 kW.

## **2.4 Instalacja ciepłej wody użytkowej**

Instalacja ciepłej wody użytkowej zrealizowana jest za pomocą instalacji zasilanej ze wspomnianego kotła gazowego.

## **2.5 Instalacja wentylacji**

Wentylacja w budynku odbywa się w sposób naturalny poprzez układ wentylacji grawitacyjnej oraz w sposób wymuszony za pomocą wentylacji mechanicznej nawiewnej.

## **2.6 Oświetlenie**

Zdecydowana większość opraw znajdujących się na terenie szkoły to oprawy jarzeniowe składające się z dwóch źródeł świetlnych o mocach 67 lub 18W. Tego typu źródła stanowią prawie 85% opraw. Podczas wizji lokalnej zlokalizowano w sumie 515 szt. tego typu źródeł światła, głównie w klasach oraz korytarzach. W zdecydowanej większości przypadków nie umożliwiają one spełnienia obecnych norm oświetleniowych.

Poza oprawami jarzeniowymi na terenie szkoły znajdują się jeszcze oprawy LED, zlokalizowane głównie w pomieszczeniach gabinetu dyrektora, pokoju wóźnego (2 sztuki), częściowo w sali gimnastycznej (7 opraw) i kuchni. Tego typu źródła stanowią zaledwie 5% wszystkich opraw. Ponadto wyróżnić należy również oprawy żarowe, które zlokalizowane zostały głównie w toaletach, magazynach oraz pomieszczeniach archiwum. Podczas wizji zlokalizowano również 12 opraw halogenowych w jednej z części korytarzowych budynku.

Na oświetlenie zewnętrzne składa się 9 punktów żarowych (oświetlenie wbudowane) oraz jedno źródło wolnostojące, również typu żarowego.

# 3

## **Analiza stanu istniejącego oraz proponowane modernizacje**

Mając na uwadze informacje pozyskane podczas wizji lokalnej oraz analizę dostępnej dokumentacji stan budynku oceniany jest jako średnio zadowolający. Zaleca się modernizację ścian zewnętrznych ze względu na zbyt wysoki współczynnik przenikania ciepła. Stan stolarki okiennej oraz drzwiowej ocenia się jako średnio zadowolający oraz zaleca się ich modernizację ze względu na brak spełnienia wymaganego współczynnika przenikania ciepła oraz zainstalowanie rolet okiennych. Instalacja grzewcza wykorzystująca kocioł gazowy oceniana jest jako poniżej normy i zaleca się jej modernizację na gruntową pompę ciepła. Stan stropodachu, stropu pod poddaszem oraz dachu ocenia się na niezadowolający. Zaleca się wymianę pokrycia dachowego oraz docieplenie przegród. Stan wentylacji mechanicznej ocenia się jako niewystarczający. Zaleca się wymianę aktualnie działającej wentylacji mechanicznej nawiewnej na wentylację mechaniczną nawiewno – wywiewną z odzyskiem ciepła. Zaleca się również zwiększenie mocy zainstalowanej instalacji fotowoltaicznej o 49,95 kW. Moc ta została dobrana tak, aby wraz z obecnie zainstalowaną instalacją PV jej produkcja zaspokoiła całość zapotrzebowania pompy ciepła na energię elektryczną. Instalacja fotowoltaiczna nie jest usprawnieniem termomodernizacyjnym dlatego nie jest uwzględniona wśród wariantów w raporcie audytu termomodernizacyjnego. Cena instalacji fotowoltaicznej została uwzględniona w punkcie 7.6 „planowany koszt całkowity”.

Poza przedstawionymi powyżej modernizacjami zaleca się również montaż systemu zarządzania energią. Tego typu inwestycja polegająca na implementacji systemu zliczania energii z poszczególnych gałęzi energetycznych takich jak oświetlenie, ogrzewanie, wentylacja, klimatyzacja etc. mogłaby w wydajny sposób zwiększyć efektywność obiektu, umożliwiając szybkie reagowanie w przypadku zbyt wysokie-

go poboru energii lub zmian cen energii, a co za tym idzie generowanie oszczędności finansowych.

Obecny stan oświetlenia oceniany jest jako średnio zadowalający. W zdecydowanej większości są to oprawy jarzeniowe o niskim poziomie skuteczności świetlnej, co jest główną przyczyną faktu, iż natężenie oświetlenia w pomieszczeniach odbiega od wymaganych poziomów. **Rekomenduje się montaż opraw LED o skuteczności świetlnej minimum 100 lm/W.** Zakres modernizacji obejmuje wszystkie oprawy znajdujące się na terenie obiektu – podczas wizji lokalnej zinwentaryzowano 689 punktów świetlnych, z 68 to punkty typu LED, które nie są rekomendowane do modernizacji. Ogólnie do wymiany przewiduje się 515 punktów świetlnych jarzeniowych, 12 halogenowych, 83 żarowych oraz 11 sodowych. Należy mieć na uwadze, iż po modernizacji normy w zakresie natężenia oświetleniowego powinny zostać spełnione w każdym z analizowanych pomieszczeń (obecne oprawy odbiegają od poziomu docelowego) – dla pomieszczeń lekcyjnych, korytarze oraz pomieszczeń administracji przyjęto 300 lx, dla toalet oraz szatni 200 lx, a dla magazynów oraz pomieszczeń archiwum 100 lx. W zakresie oświetlenia zewnętrznego do wymiany przewiduje się 10 punktów świetlnych żarowych. Należy mieć na uwadze, iż po modernizacji normy w zakresie natężenia oświetleniowego powinny zostać spełnione w każdym z analizowanych przypadków.

**Na terenie obiektu znajduje się instalacja fotowoltaiczna o mocy 49,82 kW.**

# 4

## Identyfikacja środków poprawy efektywności energetycznej

### 4.1 Sformułowanie możliwych sposobów poprawy efektywności energetycznej

Wytypowane usprawnienia przedstawiono w tabeli 1. Wpływ ich wprowadzenia na efektywność energetyczną audytowanego budynku oraz ocena ekonomiczna inwestycji zostały zamieszczone w kolejnych rozdziałach dotyczących poszczególnych przedsięwzięć termomodernizacyjnych.

**Tabela 1 Zestawienie proponowanych rodzajów usprawnień analizowanego obiektu**

Lp.	Zidentyfikowane źródło generowania nadmiarowych strat energii w obiekcie	Proponowane usprawnienie
1	Ściany zewnętrzne	Ocieplenie przegrody
2	Stolarka okienna	Wymiana
3	Stropodach	Ocieplenie przegrody oraz wymiana pokrycia dachowego
4	Stolarka drzwiowa	Wymiana



<b>Lp.</b>	<b>Zidentyfikowane źródło generowania nadmiarowych strat energii w obiekcie</b>	<b>Proponowane usprawnienie</b>
5	Źródło ciepła	Wymiana na gruntową pompę ciepła
6	Wentylacja mechaniczna nawiewna	Wymiana na wentylację mechaniczną nawiewno – wywiewną z odzyskiem ciepła
7	Strop poddasze	Ocieplenie przegrody

Ponadto, w celu zmniejszenia kosztów zakupu energii elektrycznej na potrzeby budynku, proponuje się wykonanie instalacji fotowoltaicznej, a także wymianę oświetlenia wewnętrznego oraz zewnętrznego na oprawy LED o skuteczności świetlnej minimum 100 lm/W.

Poza przedstawionymi powyżej modernizacjami zaleca się również montaż systemu zarządzania energią.

## **4.2 Zapotrzebowanie energetyczne budynku wraz z zużyciem energii po modernizacji**

Wykorzystując program ArCADia-THERMOCAD przeprowadzono obliczenia cieplne budynku dla stanu po modernizacyjnego. Zestawienie proponowanych wariantów termomodernizacyjnych przedstawiono w tabeli 2. Wyniki dla wszystkich proponowanych wariantów przedstawiono w tabeli 3.

**Tabela 2 Zestawienie proponowanych wariantów usprawnień termomodernizacyjnych**

Modernizacja	Wariant											
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
Systemu grzewczego	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X
Przegrody okno połaciowe w strefie wentylacji grawitacyjnej	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	-
Instalacji CWU	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	-	-
Przegrody okna zewnętrzne w strefie wentylacji grawitacyjnej	X	X	X	X	X	X	X	X	X	-	-	-
Przegrody strop poddasze	X	X	X	X	X	X	X	X	-	-	-	-
Przegrody okna połaciowe w strefie wentylacji mechanicznej	X	X	X	X	X	X	X	-	-	-	-	-
Przegrody okna zewnętrzne w strefie wentylacji mechanicznej	X	X	X	X	X	X	-	-	-	-	-	-
Wentylacji mechanicznej	X	X	X	X	X	-	-	-	-	-	-	-
Przegrody stropodach	X	X	X	X	-	-	-	-	-	-	-	-
Przegrody drzwi w strefie wentylacji mechanicznej	X	X	X	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Przegrody ściany zewnętrzne	X	X	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Przegrody drzwi zewnętrzne w strefie wentylacji grawitacyjnej	X	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-

**Tabela 3 Zestawienie wyników analizy energetycznej dla proponowanych wariantów usprawnień**

Rodzaj modernizacji	Obliczeniowa moc cieplna systemu grzewczego, kW			Obliczeniowa moc cieplna potrzebna do przygotowania cwu, kW			Roczne zapotrzebowanie na ciepło do ogrzewania budynku (bez uwzględnienia sprawności systemu grzewczego i przerw w ogrzewaniu), GJ/rok			Roczne obliczeniowe zużycie energii do ogrzewania budynku (z uwzględnieniem sprawności systemu grzewczego i przerw w ogrzewaniu), GJ/rok		
	Stan bazowy	Po modernizacji	Różnica	Stan bazowy	Po modernizacji	Różnica	Stan bazowy	Po modernizacji	Różnica	Stan bazowy	Po modernizacji	Różnica
Wariant 1	492,05	303,06	188,99	17,50	17,50	0,00	1293,13	674,42	618,71	1611,25	177,40	1433,85
Wariant 2	492,05	303,59	188,46	17,50	17,50	0,00	1293,13	678,70	614,43	1611,25	178,53	1432,72
Wariant 3	492,05	311,88	180,17	17,50	17,50	0,00	1293,13	742,49	550,64	1611,25	195,31	1415,94
Wariant 4	492,05	312,45	179,60	17,50	17,50	0,00	1293,13	747,37	545,76	1611,25	196,59	1414,66
Wariant 5	492,05	341,93	150,12	17,50	17,50	0,00	1293,13	996,29	296,84	1611,25	262,07	1349,18
Wariant 6	492,05	458,11	33,94	17,50	17,50	0,00	1293,13	996,29	296,84	1611,25	262,07	1349,18
Wariant 7	492,05	463,57	28,48	17,50	17,50	0,00	1293,13	1044,46	248,67	1611,25	274,74	1336,51
Wariant 8	492,05	464,06	27,99	17,50	17,50	0,00	1293,13	1048,77	244,36	1611,25	275,88	1335,37
Wariant 9	492,05	483,17	8,88	17,50	17,50	0,00	1293,13	1215,21	77,92	1611,25	319,66	1291,59
Wariant 10	492,05	491,07	0,98	17,50	17,50	0,00	1293,13	1284,55	8,58	1611,25	337,90	1273,35
Wariant 11	492,05	491,07	0,98	17,50	17,50	0,00	1293,13	1284,55	8,58	1611,25	337,90	1273,35
Wariant 12	492,05	492,05	0,00	17,50	17,50	0,00	1293,13	1293,13	0,00	1611,25	340,15	1271,10

W tabeli 4 znajdują się szczegółowe wartości oszczędności energii dla wariantu 1, rekomendowanego do wdrożenia. Należy mieć na uwadze, iż niniejszy wariant obejmuje również wymianę oświetlenia zewnętrznego oraz wewnętrznego szkoły, co bezpośrednio przyczyni się do oszczędności energii elektrycznej na osłonie bilansowej zakładu.

***Tabela 4 Wartości oszczędności energii dla wariantu 1, rekomendowanego do wdrożenia***

<b>Ilość zaoszczędzonej energii elektrycznej i ciepłej, MWh/rok</b>	<b>Ilość zaoszczędzonej energii elektrycznej, MWh/rok</b>	<b>Ilość zaoszczędzonej energii elektrycznej, %</b>	<b>Ilość zaoszczędzonej energii ciepłej, MWh/rok</b>	<b>Ilość zaoszczędzonej energii ciepłej, %</b>
180,99	9,13	10,46	171,86	47,84

# 5

## Analiza ekologiczna

Ocenę ekologiczną przedsięwzięcia, przeprowadzono na podstawie analizy zmniejszenia wskaźnika emisji CO<sub>2</sub>, wynikającą z ograniczenia zużycia paliwa na osłonie bilansowej budynku. Wskaźnik ten wyznaczony został na podstawie zależności 5.1:

$$\Delta Em_{CO_2} = \Delta E_{pal,i} \cdot WE_i, \frac{Mg}{rok} \quad 5.1$$

Gdzie:

$\Delta Em_{CO_2}$	–	<i>wskaźnik zmniejszenia emisji CO<sub>2</sub>, Mg/rok;</i>
$\Delta E_{pal,i}$	–	<i>zmiana zużycia danego paliwa, GJ/rok.</i>
$WE_i$	–	<i>wskaźnik emisji CO<sub>2</sub> dla danego paliwa, Mg/MWh</i>

Wskaźnik  $WE_i$  dla energii elektrycznej został przyjęty zgodnie z opracowaniem Krajowego Ośrodka Bilansowania i Zarządzania Emisjami pn. „Wskaźniki emisyjności CO<sub>2</sub>, SO<sub>2</sub>, NO<sub>x</sub>, CO i pyłu całkowitego na podstawie informacji zawartych w Krajowej bazie o emisjach gazów cieplarnianych i innych substancji za 2021 rok” opublikowanym w grudniu 2022 r na poziomie 708 kg/MWh.

W przypadku pozostałych paliw wskaźnik  $WE_i$  został przyjęty na podstawie opracowania Krajowego Ośrodka Bilansowania i Zarządzania Emisjami pn. „Wartości opałowe (WO) i wskaźniki emisji CO<sub>2</sub> (WE) w roku 2020 do raportowania w ramach Systemu Handlu Uprawnieniami do Emisji za rok 2023”. Przyjęte wartości dla poszczególnych paliw są następujące:

- **Gaz ziemny** – 55,48 kg/GJ
- **Energia słoneczna** - 0 kg/GJ;

Ponadto w ramach niniejszej pracy wyznaczono także emisję pyłów PM<sub>2,5</sub> oraz PM<sub>10</sub>. Wyniki przedstawiono w tabelach 5, 6, 7. Niniejsze wartości odnoszą się do wariantu 1, rekomendowanego do wdrożenia.

**Tabela 5 Wartość emisji przed modernizacją**

<b>Rodzaj zanieczyszczenia</b>	<b>Wielkość emisji, kg/rok</b>	<b>Wielkość emisji, t/rok</b>
PM 2,5	0,957	0,00
PM 10	0,957	0,00
CO <sub>2</sub>	121 740,52	121,74

**Tabela 6 Wartość emisji po modernizacji**

<b>Rodzaj zanieczyszczenia</b>	<b>Wielkość emisji, kg/rok</b>	<b>Wielkość emisji, t/rok</b>
PM 2,5	0,231	0,00
PM 10	0,231	0,00
CO <sub>2</sub>	37 279,72	37,28

**Tabela 7 Wartości unikniętej emisji**

<b>Rodzaj zanieczyszczenia</b>	<b>Wielkość emisji, kg/rok</b>	<b>Wielkość emisji, t/rok</b>	<b>Wielkość unikniętej emisji, %</b>
PM 2,5	0,726	-	75,86
PM 10	0,726	-	75,86
CO <sub>2</sub>	84 460,80	84,46	69,38