

Anna LIS, Adam UJMA

Politechnika Częstochowska

## PRZEDSIĘWZIĘCIE TERMOMODERNIZACYJNE JAKO MOŻLIWOŚĆ OGRANICZENIA EMISJI GAZÓW CIEPLARNIANYCH

W artykule przedstawiono rezultaty działań termomodernizacyjnych w oparciu o monitorowanie ich efektów prowadzone w wybranym budynku edukacyjnym od 2011 do 2015 roku. Wyniki są reprezentatywne dla badanej grupy budynków edukacyjnych zlokalizowanych w województwie śląskim. Analizę przeprowadzono w celu dokonania oceny wpływu działań energooszczędnych na stan środowiska zewnętrznego, zwłaszcza na redukcję emisji gazów cieplarnianych. Monitoring rezultatów wykonanej termomodernizacji wykazał znaczący wpływ tego typu działań na redukcję nie tylko zużycia energii, ale i emisji zanieczyszczeń do atmosfery.

**Słowa kluczowe:** emisja zanieczyszczeń do atmosfery, gazy cieplarniane, termomodernizacja, efektywność ekologiczna

### WPROWADZENIE

Duże zanieczyszczenie środowiska naturalnego prowadzi do negatywnych zmian klimatu Ziemi. Przyczynia się do tego m.in. efekt cieplarniany wywołany przez gazy cieplarniane. Źródłem znacznych ilości zanieczyszczeń emitowanych do atmosfery są paliwa nieodnawialne wykorzystywane do wytwarzania energii. Sektor budowlany zużywa rocznie około 40% energii i jest odpowiedzialny za około 33% emisji gazów cieplarnianych [1]. Dlatego też istniejące zasoby budowlane stanowią znaczące źródło możliwości obniżenia zużycia energii, a co za tym idzie, ograniczenia emisji. Jednym ze sposobów realizacji tych celów są działania związane z termomodernizacją budynków.

Rządy poszczególnych państw powinny tworzyć spójne ramy prawne prowadzące do redukcji zużycia energii oraz emisji gazów cieplarnianych, a także pozwalające na wdrażanie międzynarodowych standardów efektywności energetycznej i ekologicznej. Jednym z celów strategii Unii Europejskiej „Europa 2020. Strategia na rzecz inteligentnego i zrównoważonego rozwoju sprzyjającego włączeniu społecznemu” jest zmniejszenie emisji gazów cieplarnianych, o co najmniej 20% w stosunku do poziomu z 1990 roku. Do 2050 roku Unia Europejska planuje redukcję emisji dwutlenku węgla o 95% [2, 3]. Istotne znaczenie ma proces redukcji gazów cieplarnianych m.in. poprzez promowanie i wdrażanie technologii przy-

jaznych dla środowiska w oparciu o odnawialne źródła energii oraz zwiększanie zastosowania tego rodzaju źródeł energii.

## 1. EMISJA GAZÓW CIEPLARNIANYCH

Gazy cieplarniane to składniki atmosfery, które absorbują promieniowanie podczerwone i wypromieniowują je z powrotem w kierunku Ziemi. Efekt cieplarniany jest jedną z głównych przyczyn wzrostu temperatury powierzchni naszej planety. Udział w tworzeniu efektu cieplarnianego przez poszczególne gazy oraz ich oddziaływanie na środowisko przedstawiono w tabeli 1 [4, 5].

Tabela 1. Gazy cieplarniane

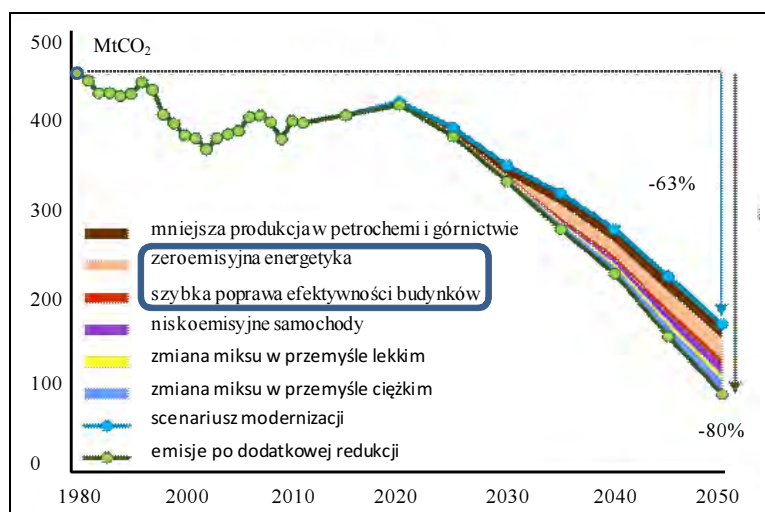
Gazy cieplarniane	Udział w efekcie cieplarnianym [%]		Czas życia [lata]	Efekt środowiskowy
	z H <sub>2</sub> O	bez H <sub>2</sub> O		
Para wodna (H <sub>2</sub> O)	95	–	–	Efekt cieplarniany
Dwutlenek węgla (CO <sub>2</sub> )	3,62	50	20÷200	Efekt cieplarniany
Metan (CH <sub>4</sub> )	0,36	18	10÷12	Efekt cieplarniany
Podtlenek azotu (N <sub>2</sub> O)	0,95	10	130÷180	Smog, kwaśne deszcze, pył zawieszony, destrukcja powłoki ozonowej, wpływ na zdrowie ludzi
Freon (CFC)	0,07	13	45÷1700	Destrukcja powłoki ozonowej
Ozon (O <sub>3</sub> )		5	0,3	Uszkodzenie roślin
Halon (HFC)		4	1,5÷222	Destrukcja powłoki ozonowej
Sześćciofluorek siarki (SF <sub>6</sub> )			650÷3200	Efekt cieplarniany
Perfluorowęglowodory (PFC)			23 900	Efekt cieplarniany

Główny gaz cieplarniany to dwutlenek węgla. Stężenie CO<sub>2</sub> wzrosło z 280 ppm w 1750 roku do poziomu 400 ppm w 2014 roku, średni wzrost jego stężenia wynosi obecnie około 2÷3 ppm na rok. Stężenie CH<sub>4</sub> w tym okresie wzrosło o 1 ppm, N<sub>2</sub>O o 0,056 ppm, CF<sub>6</sub> o 45 ppt, a SF<sub>6</sub> o 4,4 ppt [5, 6]. Do poważnych zmian w klimacie Ziemi może dojść wówczas, gdy globalny wzrost temperatury przekroczy 2°C. Odpowiada to stężeniu CO<sub>2</sub> w atmosferze równemu 450 ppm [5, 6].

Członkostwo w UE stawia przed naszym krajem liczne zobowiązania dotyczące zapewnienia standardów w zakresie ochrony środowiska. Polska spełniła wymagania w zakresie redukcji emisji gazów cieplarnianych w latach 2008-2012. Zmniejszenie emisji wyrażone w ekwiwalencie dwutlenku węgla osiągnęło poziom 31% przy wymaganym 6% spadku w stosunku do roku bazowego 1988 roku. W 2012 r. spadek emisji CO<sub>2</sub> wyniósł około 31%, CH<sub>4</sub> 45% i N<sub>2</sub>O 31% [6].

Celem obecnej polityki klimatycznej Polski jest osiągnięcie do 2050 roku 80% redukcji emisji gazów cieplarnianych. Znaczny potencjał w zakresie redukcji emisji

gazów cieplarnianych tkwi m.in. w poprawie sprawności wytwarzania i przesyłania ciepła sieciowego i energii elektrycznej oraz w sektorze budynków mieszkalnych i użyteczności publicznej [2] i może on być realizowany poprzez zeroemisyjną energetykę oraz poprawę efektywności energetycznej budynków (rys. 1).



Rys. 1. Prognoza redukcji emisji gazów cieplarnianych w Polsce do 2050 roku [2]

## 2. CHARAKTERYSTYKA BUDYNKU PRZYJĘTEGO DO ANALIZY

Do analizy wybrano budynek edukacyjny. Budynek był poddany termomodernizacji w 2010, a uzyskane rezultaty były reprezentatywne dla badanej grupy budynków. Wybrany budynek jest typowym budynkiem edukacyjnym, jakie znajdują się na terenie Polski. Brak izolacji termicznej w przegrodach spowodował, że budynek nie spełniał wymagań w zakresie izolacyjności cieplnej oraz był nieefektywny energetycznie (tab. 2).

Tabela 2. Parametry energetyczne budynku przed i po termomodernizacji

Parametry	Przed	Po
U ścian zewnętrznych [ $\text{W}/(\text{m}^2 \text{K})$ ]	1,40	0,22
U stropodachu [ $\text{W}/(\text{m}^2 \text{K})$ ]	0,68	0,16
U okien drewnianych/okien z PCV [ $\text{W}/(\text{m}^2 \text{K})$ ]	3,00	1,40
EK [ $\text{kWh}/(\text{m}^2 \text{rok})$ ]	526,0	149,4

Działania termomodernizacyjne objęły docieplenie przegród oraz modernizację systemu ogrzewania i przygotowania ciepłej wody użytkowej. Prace termomodernizacyjne wykonywane w rozpatrywanym budynku edukacyjnym miały na celu zwiększenie jego efektywności energetycznej oraz zmniejszania jego negatywnego

oddziaływania na środowisko. Termomodernizacja budynku została przeprowadzona w sposób kompleksowy, zgodnie z wytycznymi wynikającymi z wykonanego audytu energetycznego. Jej efekty były monitorowane od 2011 do 2015 roku.

### 3. OCENA MOŻLIWOŚCI OBNIŻENIA EMISJI GAZÓW CIEPLARNIANYCH PO TERMOMODERNIZACJI BUDYNKU

Specjalną uwagę w trakcie monitoringu efektów przeprowadzonej termomodernizacji poświęcono redukcji emisji gazów cieplarnianych. W tabeli 3 przedstawiono bezpośrednią emisję głównych gazów cieplarnianych: dwutlenku węgla CO<sub>2</sub>, metanu CH<sub>4</sub> oraz podtlenku azotu N<sub>2</sub>O.

Tabela 3. Emisja bezpośrednia CO<sub>2</sub>, CH<sub>4</sub> i N<sub>2</sub>O przed i po termomodernizacji

Gazy cieplarniane	Przed	Po	Redukcja emisji	
	[kg/rok]	[kg/rok]	[kg/rok]	[%]
CO <sub>2</sub>	98 157,8	33 711,3	64 446,5	81,1
CH <sub>4</sub>	274,2	0,6	273,6	99,8
N <sub>2</sub> O	1,4	0,3	1,1	80,6
Razem	98 433,4	33 712,2	64 721,2	65,8

Po wykonaniu termomodernizacji zaobserwowano znaczny spadek emisji CO<sub>2</sub>. Redukcja emisji ww. gazów wyniosła około 66%.

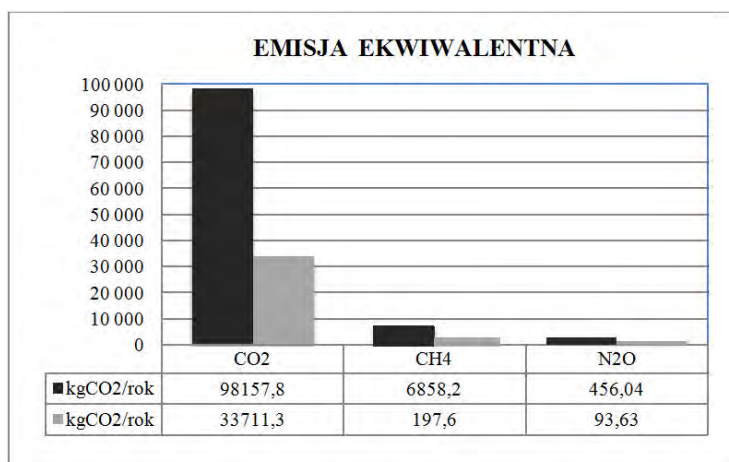
W tabeli 4 zaprezentowano emisję gazów cieplarnianych w przeliczeniu na ekwiwalent CO<sub>2</sub> przy użyciu wskaźnika GWP (Global Warming Potential). Wskaźniki ten służy do oceny wpływu danego gazu na tworzenie się efektu cieplarnianego, porównując ilość ciepła, którą zatrzymuje określona masa gazu do ilości ciepła zatrzymanego przez taką samą masę CO<sub>2</sub>. Przyjmuje się, że 1 kg CH<sub>4</sub> zatrzymuje taką samą ilość ciepła jak 25 kg CO<sub>2</sub>, a 1 kg N<sub>2</sub>O jak 298 kg CO<sub>2</sub>.

Tabela 4. Emisja CO<sub>2</sub>, CH<sub>4</sub> i N<sub>2</sub>O przeliczona na ekwiwalent CO<sub>2</sub> przed i po modernizacji

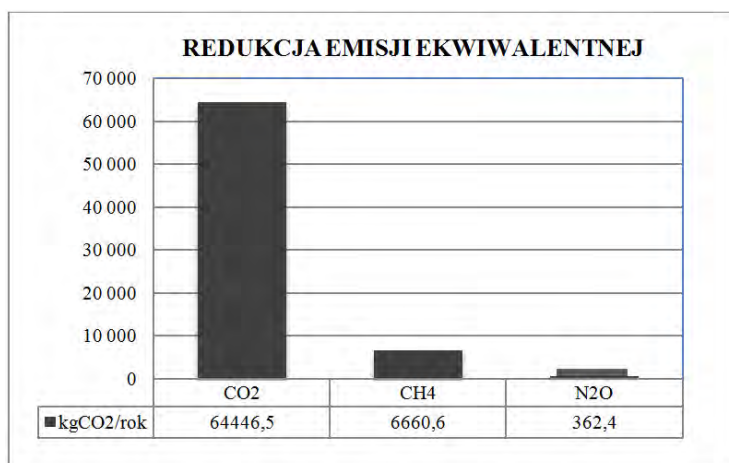
Gazy cieplarniane	Przed		Po		Redukcja emisji	
	[kg CO <sub>2</sub> /rok]	[kg/(m <sup>2</sup> rok)]	[kg CO <sub>2</sub> /rok]	[kg/(m <sup>2</sup> rok)]	[kg CO <sub>2</sub> /rok]	%
CO <sub>2</sub>	98 157,8	1148,1	33 711,3	293,6	64 446,5	81,1
CH <sub>4</sub>	6858,2	59,7	197,6	0,2	6660,6	97,1
N <sub>2</sub> O	456,0	0,7	93,6	0,08	362,4	79,5
Razem	105 472,0	1208,2	34 002,5	293,9	71 469,5	67,8

Po termomodernizacji redukcja emisji ww. gazów cieplarnianych w przeliczeniu na ekwiwalent CO<sub>2</sub> ukształtowała się na poziomie 68%. Średnia roczna reduk-

cja CO<sub>2</sub> na jednego ucznia wyniosła 674,3 kg/uczeń/rok, a wraz z emisją CH<sub>4</sub> i N<sub>2</sub>O osiągnęła wartość 746,1 kg/uczeń/rok. Obecnie według metodologii obliczania charakterystyki energetycznej budynków w świadectwie charakterystyki energetycznej trzeba podawać wartość obliczonej emisji CO<sub>2</sub> w kg/(m<sup>2</sup> rok) (tab. 4). Emisję ekwiwalentną gazów cieplarnianych przedstawiono na rysunku 2, a jej redukcję na rysunku 3.



Rys. 2. Ekwiwalentna emisja gazów cieplarnianych



Rys. 3. Redukcja ekwiwalentnej emisji gazów cieplarnianych

## PODSUMOWANIE I WNIOSKI

W ostatniej dekadzie Polska poczyniła ogromny postęp w dziedzinie ochrony środowiska, zmniejszając wpływ wzrostu gospodarczego na niekorzystny stan środowiska. Jednakże dalsze ograniczanie wykorzystania zasobów naturalnych oraz

redukcja emisji nadal stanowią poważne wyzwanie w procesie wdrażania zasad zrównoważonego rozwoju oraz programu energoefektywności i zeroemisyjności.

Jednym ze sposobów zmniejszenia emisji są działania związane z termomodernizacją zasobów budowlanych. Buildings Performance Institute Europe szacuje, że potencjał redukcji emisji gazów cieplarnianych do roku 2030 w porównaniu do poziomu z 2010 roku w wyniku termomodernizacji może wynieść do 59% [7].

W artykule przedstawiono wpływ działań termomodernizacyjnych na poprawę stanu środowiska. Szczególną uwagę zwrócono na redukcję emisji gazów cieplarnianych w wyniku zwiększenia efektywności energetycznej budynku edukacyjnego. Monitoring rezultatów przeprowadzonej termomodernizacji wykazał szereg korzyści ekologicznych wynikających z tego typu działalności:

- 1) działania termomodernizacyjne mają wpływ na efekt cieplarniany poprzez redukcję emisji gazów cieplarnianych,
- 2) redukcja emisji głównych gazów cieplarnianych, tj. CO<sub>2</sub>, CH<sub>4</sub> i N<sub>2</sub>O, w przeliczeniu na ekwiwalent CO<sub>2</sub> ukształtowała się na poziomie 68%,
- 3) redukcja innych zanieczyszczeń emitowanych do atmosfery, tj.: dwutlenku siarki, tlenków azotu, tlenku węgla, benzo(a)pirenu oraz pyłu, wyniosła 99,9%.

## LITERATURA

- [1] European Commission. Energy. <https://ec.europa.eu/energy/>
- [2] Polityka klimatyczna Polski. Strategie redukcji emisji gazów cieplarnianych w Polsce do roku 2020, Ministerstwo Środowiska, Warszawa 2003.
- [3] Bukowski M. (red.), 2050.pl podróż do niskoemisyjnej przyszłości. Temperówka, Warszawa 2013.
- [4] Stocker T.F. et al. (eds.), Climate Change 2013: The Physical Science Basis. Cambridge University Press, Cambridge 2013.
- [5] Environmental Protection Agency. [www.epa.gov](http://www.epa.gov)
- [6] Ochrona środowiska, Informacje i opracowania statystyczne, GUS, Warszawa 2015.
- [7] Guła A. i in., Strategia modernizacji budynków. Mapa drogowa 2050, Instytut Ekonomii Środowiska, Kraków 2014.

## THERMAL MODERNIZATION ACTIVITY AS A POSSIBILITY OF GREENHOUSE GASES EMISSION

The article presents the real results of the thermal modernization activity based on the monitoring of their effects conducted in selected educational building from 2011 to 2015, which was a representative of the evaluated group of buildings. The analysis was carried out to evaluate the influence of energy saving activities on the state of the external environment especially of reduction of greenhouse gases emissions. The monitoring of the results of conducted thermal modernization showed significant energy reduction effect and therefore also pollutant emissions to atmosphere.

**Keywords:** pollutants emissions to atmosphere, greenhouse gases, thermal modernization, ecological efficiency