

Opłacalność działań mających na celu poprawę efektywności energetycznej budynków a ograniczenia konserwatorskie.

Przykłady termomodernizacji budynków zabytkowych.

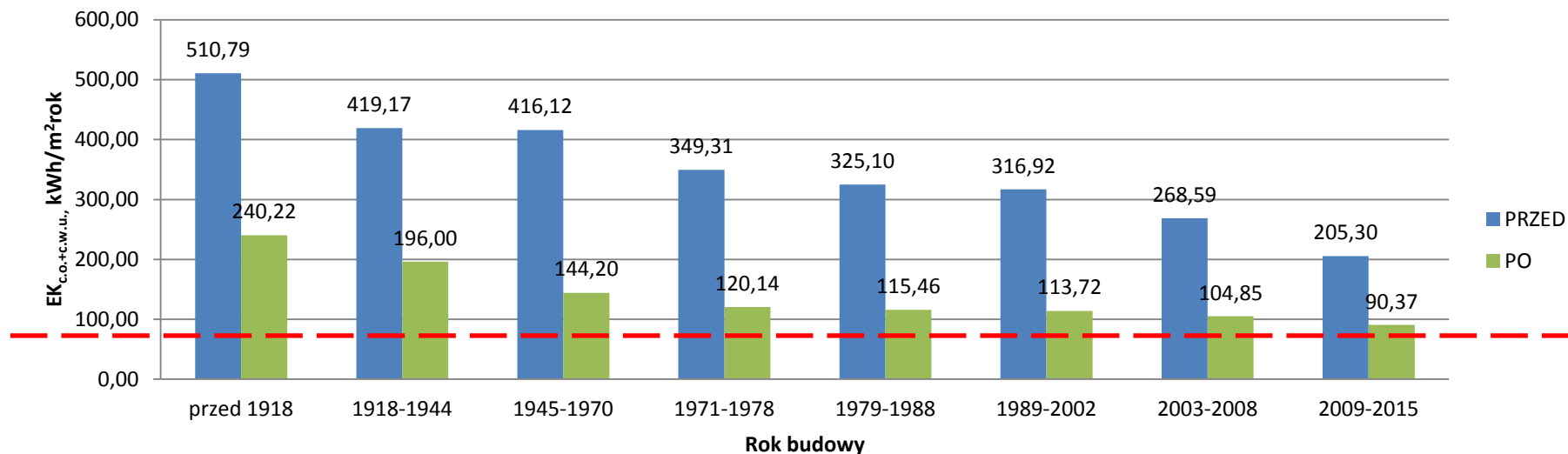


Jerzy Żurawski

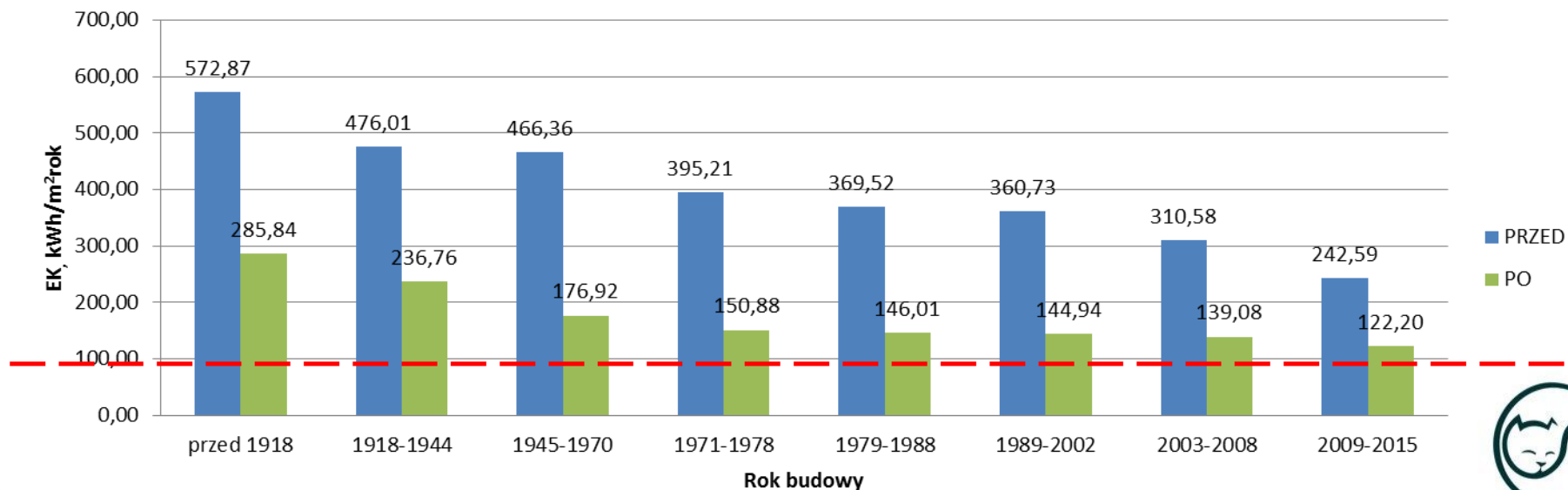
11. DNI OSZCZĘDZANIA ENERGII
MODERNIZACJA BUDYNKÓW ZABYTKOWYCH



Energia końcowa na c.o. i c.w.u. - PRZED i PO



Energia końcowa - PRZED i PO



PRZYKŁAD 1

Zespół Szkół Ponadgimnazjalnych
ul. Sienkiewicza 30, 58-160 Świebodzice
Rok budowy 1900



Kubatura części ogrzewanej [m ³]	2753,59
Powierzchnia netto budynku [m ²]	1037,15
Współczynnik A/V [1/m]	0,37

2. Współczynniki przenikania ciepła przez przegrody budowlane [W/(m ² K)]		Stan przed termomodernizacją	Stan po termomodernizacji
1.	Ściana zewnętrzna	1,031	0,201
2.	Ściana w gruncie	0,971	0,192
3.	Dach (skośny)	1,059	0,180
4.	Strop do strychu	0,968	0,177
5.	Podłoga na gruncie	2,577	2,577
6.	Stolarka okienna $U_w=2,20$ W/m ² K	2,200	1,100
7.	Stolarka okienna (połaciowa)	2,600	1,300
8.	Stolarka okienna drewniana	3,500	1,100
9.	Stolarka okienna $U_w=4,70$ W/m ² K	4,700	1,100
10.	Stolarka drzwiowa $U_d=3,60$ W/m ² K	3,600	1,500

3. Sprawności składowe systemu grzewczego i współczynniki uwzględniające przerwy w ogrzewaniu			
1.	Sprawność wytwarzania [-]	0,67	0,95
2.	Sprawność przesyłu [-]	0,91	0,96
3.	Sprawność regulacji i wykorzystania [-]	0,78	0,88
4.	Sprawność akumulacji [-]	1,00	1,00
5.	Sprawność instalacji c.o.	47,6%	80,3%



ZAKRES PRAC:

Kotłownia gazowa kondensacyjna + Modernizacja instalacji c.o. (system grzewczy)

Stolarka okienna $U_w=1,10$ W/m²K (Stolarka okienna $U_w=4,70$ W/m²K)

Stolarka okienna $U_w=1,10$ W/m²K (Stolarka okienna drewniana $U_w=3,50$ W/m²K)

Stolarka okienna $U_w=1,10$ W/m²K (Stolarka okienna $U_w=2,20$ W/m²K)

Stolarka okienna połaciowa $U_w=1,30$ W/m²K (Stolarka okienna (połaciowa)

docieplenie - dach (Dach (skośny))

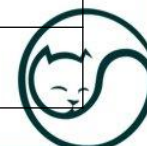
docieplenie - ściana zewnętrzna (Ściana zewnętrzna)

Stolarka drzwiowa $U_d=1,50$ W/m²K (Stolarka drzwiowa $U_d=3,60$ W/m²K)

docieplenie - ściana w gruncie (Ściana w gruncie)

docieplenie - strop przy przepływie ciepła z dołu do góry (Strop do strychu)

Charakterystyka finansowa	
Kalkulowany koszt robót wyniesie `	805 604 zł
Koszt głębokiej termomodernizacji zł/m ²	776,7
DOTACJA Z RPO 85%	684 764 zł
Czas zwrotu nakładów SPBT	24,76 lat
Roczne zmniejszenie zapotrzebowania na energię [%]	70,91



Miesięczny koszt ogrzewania 1 m² powierzchni użytkowej [zł/(m² m-c)]	5,11	1,64
---	-------------	-------------

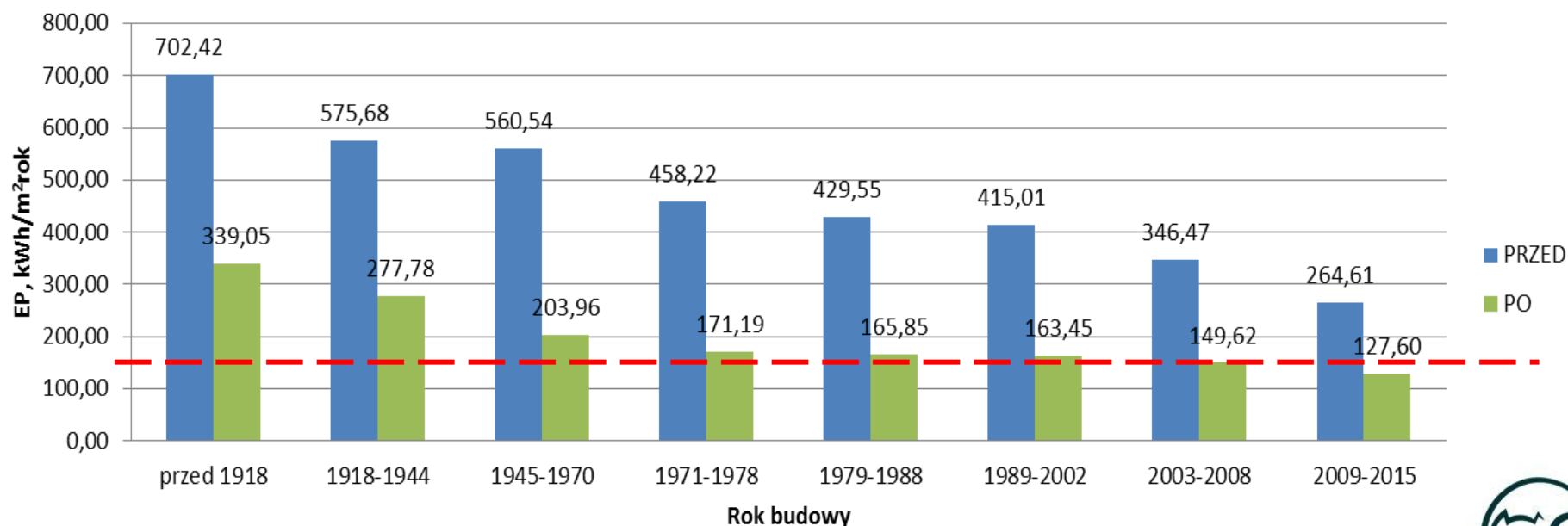
Charakterystyka finansowa	
Kalkulowany koszt robót wyniesie `	805 604 zł
Koszt głębokiej termomodernizacji zł/m ²	776,7
DOTACJA Z RPO 85%	684 764 zł
Czas zwrotu nakładów SPBT	24,76 lat
Roczne zmniejszenie zapotrzebowania na energię [%]	70,91

Energia	Stan przed termomodernizacją	Stan po termomodernizacji
EK [kWh/m ² rok]	272,25	79,19
EP [kWh/m ² rok]	353,4	102,8



Energia	Stan przed termomodernizacją	Stan po termomodernizacji
EK [kWh/m ² rok]	272,25	79,19
EP [kWh/m ² rok]	353,4	102,8

Energia pierwotna c.o. + c.w.u. + en. pom. - PRZED i PO



PRZYKŁAD 2

**Specjalny Ośrodek Szkolno-Wychowawczego im.
ks. Jana Twardowskiego w Piławie Górnej**



przegrody budowlane	$U_{\text{przed termomodernizacją}}$ [W/(m ² *K)]	$U_{\text{po termomodernizacji}}$ [W/(m ² *K)]
Ściana zewnętrzna 65	0,952	0,952
Ściana zewnętrzna 51	1,151	1,151
Ściana zewnętrzna 25	1,882	1,882
Ściana zewnętrzna 51 + Granit	1,060	1,060
Stropodach	0,659	0,15
Stropodach 1	0,588	0,15
Strop pod poddaszem	0,836	0,15
Dach	0,242	0,15
Strop pod wykuszem	0,655	0,15
Ściana wewnętrzna 65 do pomieszczeń nieogrzewanych	0,655	0,655
Ściana wewnętrzna 51 do pomieszczeń nieogrzewanych		
	0,877	0,877
Podłoga na gruncie 1	1,100	1,100
Podłoga na gruncie 2	1,076	1,076
Okna 3,0	3,0	0,9
Okna 1,65	1,65	0,9
Okna 0,9	0,9	0,9
Okna połaciowe	1,400	1,40
Drzwi zewnętrzne	5,000	1,30

Sprawności składowe systemu ogrzewania:

regulacji i wykorzystania $\eta_{H,e}$	0,75	0,93
transportu $\eta_{H,d}$	0,95	0,98
akumulacji $\eta_{H,s}$	1,00	0,97
wytwarzania $\eta_{H,g}$	0,70	0,85
całkowita sprawność $\eta_{H,tot}$	0,50	0,75

Sprawności składowe systemu wytwarzania c.w.u.:

wytwarzania $\eta_{w,g}$	0,71	0,78
transportu $\eta_{w,d}$	0,50	0,60
akumulacji $\eta_{w,s}$	0,74	0,74
średnie sezonowa sprawność wykorzystania	1,00	1,00
całkowita sprawność $\eta_{w,tot}$	0,26	0,35



Roczne jednostkowe zapotrzebowanie na energię użytkową⁴ [kWh/(m²rok)]

	przed termomodernizacją	po termomodernizacji	oszczędności energii	procentowe oszczędności
ogrzewanie + wentylacja	271,35	221,07	50,28	18,5%
ciepła woda użytkowa	20,43	20,43	0,00	0,0%
oświetlenie wbudowane	0,00	0,00	0,00	0,0%
energia⁵	0,00	0,00	0,00	0,0%
razem	291,78	241,50	50,28	17,2%

Roczne jednostkowe zapotrzebowanie na energię końcową⁴ [kWh/(m²rok)]

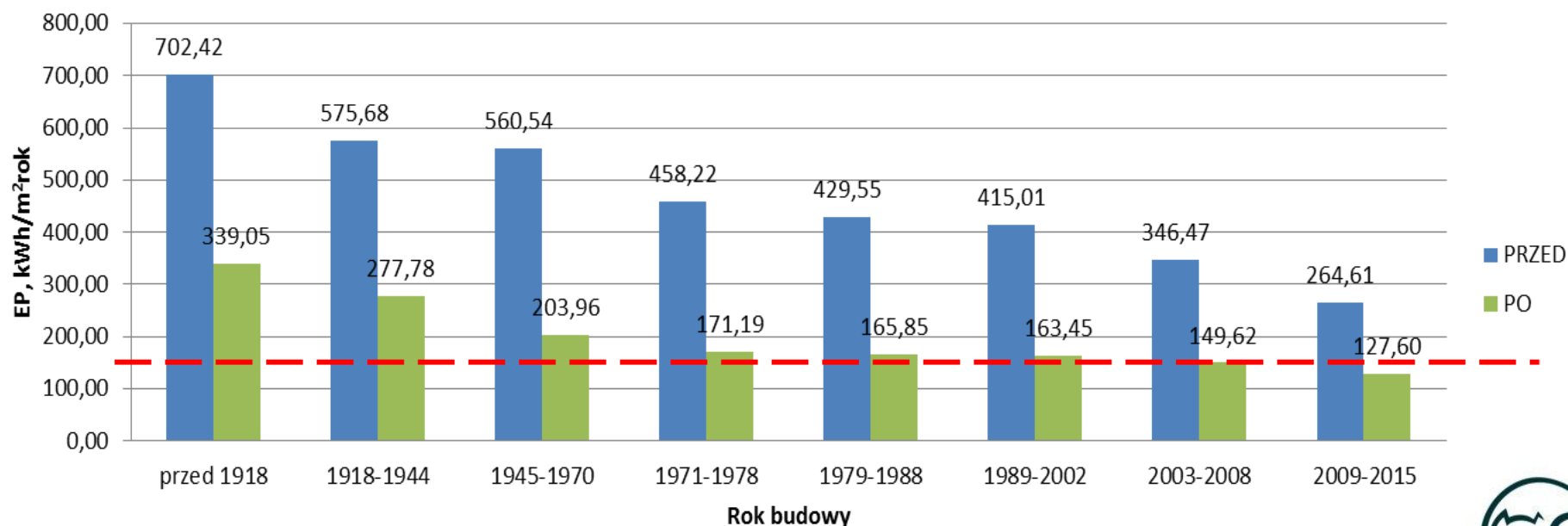
	przed termomodernizacją	po termomodernizacji	oszczędności energii	procentowe oszczędności
ogrzewanie + wentylacja	544,07	294,19	249,88	45,9%
ciepła woda użytkowa	77,76	58,99	18,77	24,1%
oświetlenie wbudowane	26,01	12,06	13,95	53,6%
energia⁵	2,32	1,86	0,46	19,8%
razem	650,16	367,10	283,06	43,5%

Roczne jednostkowe zapotrzebowanie na energię pierwotną⁴ [kWh/(m²rok)]

	przed termomodernizacją	po termomodernizacji	oszczędności energii	procentowe oszczędności
ogrzewanie + wentylacja	598,47	58,84	539,63	90,2%
ciepła woda użytkowa	85,54	11,80	73,74	86,2%
oświetlenie wbudowane	78,02	36,19	41,83	53,6%
energia⁵	6,96	5,57	1,39	20,0%
razem	768,99	112,40	656,59	85,4%

	przed termomodernizacją	po termomodernizacji	oszczędności energii	procentowe oszczędności
ogrzewanie + wentylacja	598,47	58,84	539,63	90,2%
ciepła woda użytkowa	85,54	11,80	73,74	86,2%
oświetlenie wbudowane	78,02	36,19	41,83	53,6%
energia⁵	6,96	5,57	1,39	20,0%
razem	768,99	112,40	656,59	85,4%

Energia pierwotna c.o. + c.w.u. + en. pom. - PRZED i PO



Podsumowanie

Suma kwalifikowanych kosztów realizacji projektu (K_i) ^{*)}	Koszty eksploatacyjne przed modernizacją rocznie (O_1)	Koszty eksploatacyjne po modernizacji rocznie (O_2)	Różnica kosztów eksploatacyjnych ($\Delta O = O_1 - O_2$)	Efekt ekologiczny (końcowy efekt redukcji emisji $Mg CO_m$)
zł	zł	zł	zł	Mg
3 486 833,49	588 510,32	373 831,10	214 679,21	1 389,99

Prosty czas zwrotu SPBT ($I / \Delta O$)	lata	16,24
Koszt redukcji emisji KRE ($I / \Delta E$)	zł/$Mg CO_2$	2509



PRZYKŁAD 3

Dom Kultury

Witków 13, 59-379 Czarny Bór

Rok budowy: 1930



Dane ogólne	przed termomodernizacją	po termomodernizacji
Kubatura części ogrzewanej [m ³]	2083,7	2083,7
Powierzchnia netto budynku [m ²]	682,74	682,74
Współczynnik A/V [1/m]	0,62	0,62
Współczynniki przenikania ciepła przez przegrody budowlane [W/(m ² K)]	przed termomodernizacją	po termomodernizacji
Ściana zewnętrzna	1,59	0,186
Dach nad dobudówką	2,815	0,147
Strop do strychu	0,416	0,145
Podłoga na gruncie	0,888	0,88
Stolarka okienna	2,6	0,9
Stolarka okienna	3,1	0,9
Drzwi zewnętrzne	3,4	1,3
Sprawności składowe systemu grzewczego	przed termomodernizacją	po termomodernizacji
Sprawność wytwarzania	0,85	3,50
Sprawność przesyłu	0,81	0,96
Sprawność regulacji i wykorzystania	0,88	0,88
Sprawność akumulacji	1,00	0,95
Sprawność c.o.	0,61	2,81
Sprawności składowe systemu przygotowania c.w.u.	przed termomodernizacją	po termomodernizacji
Sprawność wytwarzania	0,92	3,00
Sprawność przesyłu	0,71	0,80
Sprawność akumulacji	0,91	0,85
Sprawność c.w.u.	0,59	2,04

Przewidziany jest system PV produkujący energię elektryczną na cele własne. Projektowany system fotowoltaiczny o łącznej mocy 34,632 kWp składa się z 104 szt. paneli fotowoltaicznych SunForte PM096B00 - 333 lub równoważnych. Łączna powierzchnia paneli PV 1,57 m² x 104 szt. = 162,83 m².

Przyjęta instalacja PV produkuje 19 016,00 kWh energii elektrycznej rocznie. Przyniesie to zysk w wysokości 10458,80 zł/rok. Koszt inwestycji wynosi 238 960,80 zł. Prosty czas zwrotu poniesionych nakładów inwestycyjnych wynosi 22,85 lat.

Zestawienie zbiorcze obliczeń efektywności energetyczno-ekologicznej		Stan przed modernizacją	Stan po modernizacji
1.	Łączne zapotrzebowanie energii końcowej [kWh/rok]	214623,50	35630,88
2.	Oszczędności energii końcowej [kWh/rok]	178 992,62	
3.	Procentowa oszczędności energii końcowej	83,4%	
4.	Łączne zapotrzebowanie na energię pierwotną [kWh/rok]	332280,25	106892,63
5.	Oszczędności energii pierwotnej [kWh/rok]	225387,62	
6.	Oszczędności energii pierwotnej [GJ/rok]	811,40	
7.	Procentowa oszczędność energii pierwotnej	67,8%	



Zestawienie zbiorcze obliczeń efektywności energetyczno-ekologicznej		Stan przed modernizacją	Stan po modernizacji
11.	Udział energii z OZE	0,0%	34,1%
12.	Wielkość emisji CO ₂ [Mg/rok]	87,80	29,63
13.	Redukcja wielkości emisji CO ₂ [Mg/rok]	58,17	
14.	Procentowa redukcja emisji CO ₂	66,3%	
15.	Wielkość emisji pyłu PM10 [kg/rok]	1,771	0,000
16.	Redukcja wielkości emisji pyłu PM10 [kg/rok]	1,771	
17.	Procentowa redukcja emisji pyłu PM10	100,0%	

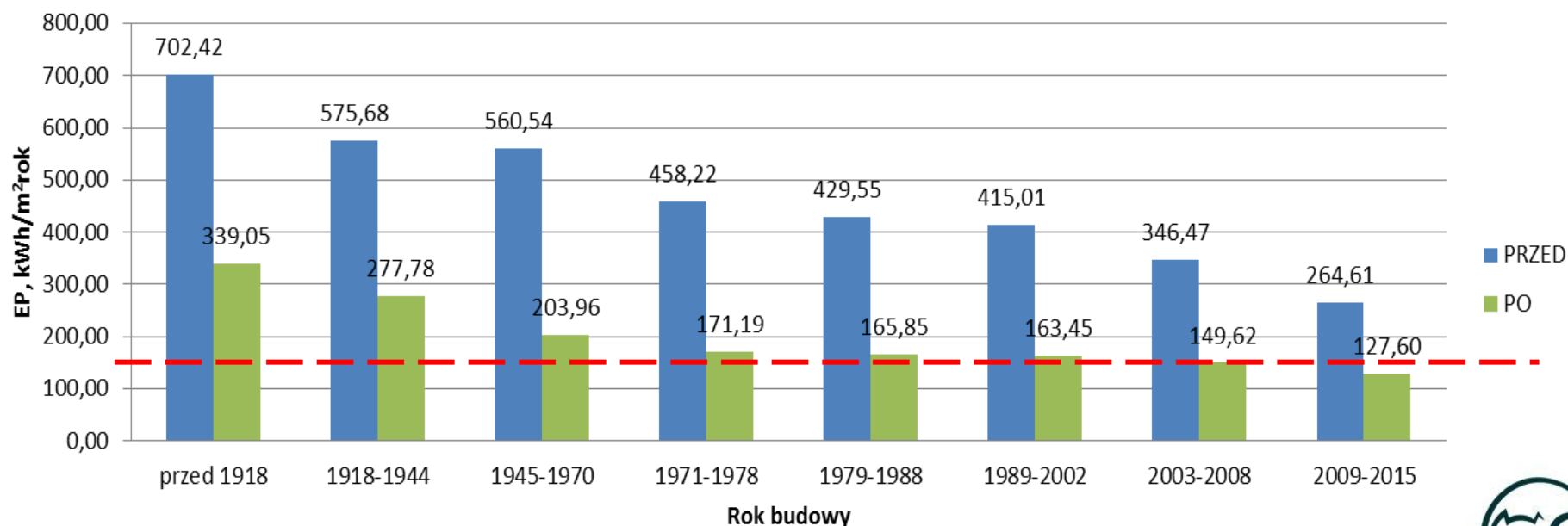


Zestawienie zużycia energii		Stan przed modernizacją	Stan po modernizacji
3.	Zapotrzebowanie na energię końcową ciepłą [kWh/rok]	174 956,08	15 143,37
4.	Oszczędność energii końcowej ciepłej [kWh/rok]	159 812,71	
5.	Zapotrzebowanie na energię końcową - energię elektryczną [kWh/rok]	39667,42	20487,51
6.	Oszczędność energii końcowej - energii elektrycznej [kWh/rok]	19 179,91	

Charakterystyka ekonomiczna przedsięwzięcie termomodernizacyjnego		Koszty	SPBT [lata]
1.	Koszty inwestycyjne - termomodernizacja budynku [zł]	853 522	-
2.	Koszty inwestycyjne, wymiana instalacji oświetlenia [zł]	0	-
3.	Koszty inwestycyjne, montaż instalacji PV [zł]	238 961	-
4.	Łączne koszty inwestycyjne [zł]	1 092 483	-
5.	Oszczędności kosztów energii - termomodernizacja budynku [zł/rok]	39 147	21,80
6.	Oszczędności kosztów energii - wymiana instalacji oświetlenia [zł/rok]	0	-
7.	Oszczędności kosztów energii z instalacji PV [zł/rok]	10 459	22,85
8.	Łączne oszczędności kosztów energii [zł/rok]	49 606	22,02

Zestawienie zużycia energii pierwotnej w budynku		Stan przed modernizacją	Stan po modernizacji
EU	[kWh/m ² rok]	137,15	52,8
EK	[kWh/m ² rok]	278,78	36,97
EP	[kWh/m ² rok]	431,61	110,9 z PV

Energia pierwotna c.o. + c.w.u. + en. pom. - PRZED i PO



Podsumowanie

- W przedstawionych przykładach efektywność po głębokiej termomodernizacji wynosi około $EP = 100 - 120 \text{ kWh/m}^2\text{rok}$.
- Oszczędność energii końcowej 60-80 %.
- Zastawanie biomasy, pompy ciepła i PV wpływa na znaczącą poprawę efektywności energetycznej w zakresie energii EP
- Udział OZE przy pompie ciepła ok 20%, z PV około 35%

