



# Koncepcja budynku neutralnego dla klimatu w formie opracowania pn. „BUDYNEK UŻYTECZNOŚCI PUBLICZNEJ O ZEROWYM ZUŻYCIU ENERGII”





**Tytuł:** Koncepcja budynku neutralnego dla klimatu w formie opracowania pn. „BUDYNEK UŻYTECZNOŚCI PUBLICZNEJ O ZEROWYM ZUŻYCIU ENERGII”

**Autorzy:** Małgorzata Fedorczyk-Cisak. Politechnika Krakowska (nadzór i koordynacja merytoryczna nad całością opracowania, opracowanie głównej części); Beata Sadowska. Politechnika Białostocka (obliczenia i analizy energetyczne); Paweł Kwasnowski. Akademia Górniczo-Hutnicza w Krakowie (automatyka budynkowa); Tomasz Steidl (termowizja), Jerzy Żurawski (konsultacje eksperckie).

**Konsultacje:** Przemysław Markiewicz-Zachorski. Politechnika Krakowska (rozwiązania architektoniczne, propozycja działań termomodernizacyjnych); Katarzyna Nowak; Tomasz Kisilewicz. Politechnika Krakowska (konsultacje w zakresie fizyki budowli); Arkadiusz Węglarz (KAPE), Bartosz Żymańczyk, Radosław Andrulowicz (obliczenia śladu węglowego wbudowanego); Żaneta Cebula. Politechnika Krakowska (zagospodarowanie architektury błękitno-zielonej)

**Zamawiający:** Urząd Marszałkowski Województwa Małopolskiego

**Projekt:** LIFE-IP EKOMALOPOLSKA / LIFE19 IPC/PL/000005 realizowany przy dofinansowaniu z programu LIFE Unii Europejskiej oraz z Narodowego Funduszu Ochrony Środowiska i Gospodarki Wodnej.

**Kontakt:** [klimat@umwm.malopolska.pl](mailto:klimat@umwm.malopolska.pl)

Dokument powstał jako realizacja działania C5 projektu LIFE-IP EKOMALOPOLSKA „Wdrażanie Regionalnego Planu Działań dla Klimatu i Energii dla województwa małopolskiego” (LIFE-IP EKOMALOPOLSKA/LIFE19 IPC/PL/000005) dofinansowanego ze środków programu LIFE Unii Europejskiej oraz Narodowego Funduszu Ochrony Środowiska i Gospodarki Wodnej. Powyższe opracowanie przedstawia wyłącznie poglądy autorów, a Komisja Europejska i Narodowy Fundusz Ochrony Środowiska i Gospodarki Wodnej nie ponoszą odpowiedzialności za żadne ewentualne wykorzystanie zawartych w nim informacji.

## Wstęp

Dokument dotyczy opracowania koncepcji doprowadzenia istniejącego budynku użyteczności publicznej do standardu o niemal zerowym zapotrzebowaniu na energię. Opracowanie uzupełniono o analizę możliwości doprowadzenia istniejącego budynku użyteczności publicznej do poziomu neutralności klimatycznej. Obydwa standardy: budynek o niemal zerowym zapotrzebowaniu na energię oraz budynek neutralny dla klimatu są jednym z ważniejszych wyzwań sektora budownictwa. Koncepcję przeprowadzono dla obiektu zabytkowego.

Polityka krajów na całym Świecie podporządkowana jest działaniom klimatycznym. Naszym obowiązkiem jest ochrona klimatu i środowiska w którym żyjemy. Nadmierne zużycie energii, rabunkowa gospodarka zasobami naturalnymi, na przestrzeni lat doprowadziły do zmian klimatu obecnie coraz bardziej widocznych. Stężenie dwutlenku węgla obecnie osiąga najwyższe wartości od milionów lat. Na wielu kontynentach padają kolejne rekordy temperatur. Jeśli nie podejmiemy świadomych i odpowiednich kroków, ocieplanie klimatu będzie mieć katastrofalne skutki dla życia na Ziemi. Należy dołożyć wszelkich starań aby temu zapobiec. Wzrost emisji CO<sub>2</sub> to skutek działalności sektorów gospodarki o najwyższych wskaźnikach energochłonności, takich jak budownictwo. Przyczyniają się do tego energochłonne procesy wytwarzania materiałów budowlanych oraz wykorzystywanie dużych ilości paliw kopalnych do ogrzewania, chłodzenia budynków oraz wytwarzania energii elektrycznej. Ograniczenie emisji CO<sub>2</sub> na skutek spalania paliw kopalnych jest wyzwaniem niezwykle trudnym. **Aby to osiągnąć konieczna jest poprawa standardów budynków projektowanych a przede wszystkim zasobów budowlanych istniejących. Działania w sektorze budownictwa, które bezwzględnie musimy podjąć, to głęboka termomodernizacja istniejących zasobów, zmiana systemów ogrzewania z tych opartych na paliwach kopalnych, na odnawialne źródła energii.**

**Drugim wyzwaniem jest ograniczenie emisji dwutlenku węgla poprzez wybór takich materiałów budowlanych przy budowie i termomodernizacji które charakteryzują się jak najniższym śladem węglowym.**

Niniejsze opracowanie dedykowane jest specyficznej grupie budynków użyteczności publicznej. Jest to grupa budynków zabytkowych. Budynki zabytkowe w Polsce są zwolnione z wymagań dotyczących ochrony cieplnej z uwagi na priorytet jakim jest ochrona dziedzictwa historycznego. Jednak wiele obiektów z grupy zabytków jest aktualnie użytkowanych.

**W opracowaniu autorzy pokazują, jak można poprawić efektywność energetyczną obiektu zabytkowego i jakie należy podjąć działania aby osiągnąć standard budynku o niemal zerowym zapotrzebowaniu na energię oraz osiągnąć neutralność klimatyczną przy nadrzędnym poszanowaniu dziedzictwa kulturowego.**

## Introduction

This document concerns the development of a concept to bring an existing public building up to a near-zero energy standard. The study was complemented by an analysis of the feasibility of bringing an existing public building to a climate-neutral level. The two standards of a near-zero energy building and a climate-neutral building are one of the major challenges of the construction sector. The concept was carried out for a listed building.

Policies in countries all over the world are governed by climate measures. It is our duty to protect the climate and the environment in which we live. Over the years, excessive energy consumption and the overexploitation of natural resources have led to the climate change that is now becoming increasingly apparent. Carbon dioxide concentrations are currently at their highest levels for millions of years. Temperature records are being broken on many continents. If we do not take conscious and appropriate steps, global warming will have catastrophic consequences for life on Earth. Every effort must be made to prevent this. The increase in CO<sub>2</sub> emissions is a consequence of the economic sectors with the highest energy intensity rates, such as construction. Energy-intensive processes for the manufacture of building materials and the use of large quantities of fossil fuels for heating, cooling buildings and generating electricity contribute to this. Reducing CO<sub>2</sub> emissions from the burning of fossil fuels is an extremely difficult challenge. **To achieve this, it is necessary to improve the standards of designed buildings and, above all, the building stock of existing buildings. Actions in the building sector that we absolutely must take are deep thermo-modernisation of the existing stock, changing heating systems from those based on fossil fuels to renewable energy sources. The second challenge is to reduce carbon dioxide emissions by selecting building materials for construction and thermo-modernisation that have the lowest possible carbon footprint.**

This study is dedicated to a specific group of public buildings. It is a group of historic buildings. Historic buildings in Poland are exempt from thermal protection requirements due to the priority of protecting historical heritage. However, many buildings in the heritage group are currently in use. **In this study, the authors show how the energy efficiency of a historic building can be improved and what measures need to be taken to achieve a near-zero energy building standard and achieve climate neutrality with overriding respect for cultural heritage.**

## SPIS TREŚCI

Wprowadzenie _____	6
METODOLOGIA OSIĄGNIĘCIA NEUTRALNOŚCI KLIMATYCZNEJ BUDYNKU _____	7
Ochrona dziedzictwa historycznego _____	9
Osiągnięcie zeroenergetyczności (nZEB = nearly zero energy building). _____	9
NEUTRALNOŚĆ KLIMATYCZNA _____	51
<i>Studium Przypadku – Teatr Słowackiego</i> _____	56
WIZJA LOKALNA BUDYNKU _____	58
BADANIA „IN SITU” _____	65
ANALIZY EFEKTYWNOŚCI ENERGETYCZNEJ. _____	67
NEUTRALNOŚĆ KLIMATYCZNA OBLICZONA ZGODNIE Z ZAPROPONOWANĄ METODOLOGIĄ. ____	71
ARCHITEKTURA BŁĘKITNO-ZIELONA _____	74
Możliwość implementacji wyników dla innych obiektów _____	75
<i>Wnioski końcowe</i> _____	75

## Wprowadzenie

Budynki zabytkowe są specyficzną grupą obiektów, które należy traktować w sposób wyjątkowy, z poszanowaniem historycznych aspektów. Stanowią one nasze dziedzictwo kulturowe i powinniśmy dokładać wszelkich starań, aby zachować ich wygląd w nienaruszonym stanie. Szczególnie ważne jest to w przypadku kształtu i bryły budynku, które pokazują nam w jaki sposób budowali nasi przodkowie oraz dobór materiałów, które zostały pierwotnie zastosowane do wzniesienia obiektu, a wiedza o nich mówi nam o dostępności budulców, preferencjach czy doświadczeniu w budowaniu naszych przodków. Równie bezcenne są malowidła, freski i rzeźby będące przejawem historycznego artyzmu i niejednokrotnie kroniką naszych dziejów.

W Polsce zwyczajowo przyjmuje się, że obiekt zabytkowy, to taki obiekt który ma więcej niż 50 lat. Jednak obowiązująca obecnie przepisy między innymi Ustawa o ochronie zabytków i opiece nad zabytkami, określa, iż zabytkiem może stać się każdy budynek, jednak musi mieć on wybitne znaczenie dla historii lub czasu w którym został wzniesiony. Mając na uwadze dobro narodowe, mamy obowiązek nie dopuścić do ich zniszczenia i pogorszenia stanu technicznego, w szczególności poprzez możliwe i zgodne z zaleceniami konserwatora działania naprawcze, modernizacyjne, poprawiające stan techniczny zabytków. Nie bagatelną sprawą jest wpływ zabytków, wznoszonych w różnych standardach energetycznych na środowisko, w którym żyjemy. Zużycie energii w budynkach ściśle powiązane jest z dążeniem do neutralności klimatycznej. Przedstawione Państwu opracowanie podejmuje trudne do rozwiązania zadanie.

Pytania na które szukają odpowiedzi autorzy brzmią: czy budynek zabytkowy można doprowadzić do stanu zero energetycznego? Czy budynek zabytkowy może być budynkiem neutralnym klimatycznie?

Oczywiście z priorytetem ochrony jego charakteru historycznego. Nasze opracowanie mieliśmy zaszczyt wykonać dla wyjątkowego zabytku zarówno w skali Polski jak i szczególnie bliskiego mieszkańcom Krakowa. To Teatr Słowackiego, który jest wizytówką miasta i jednym obiektem znanym, ale też skrywającym wiele tajemnic.



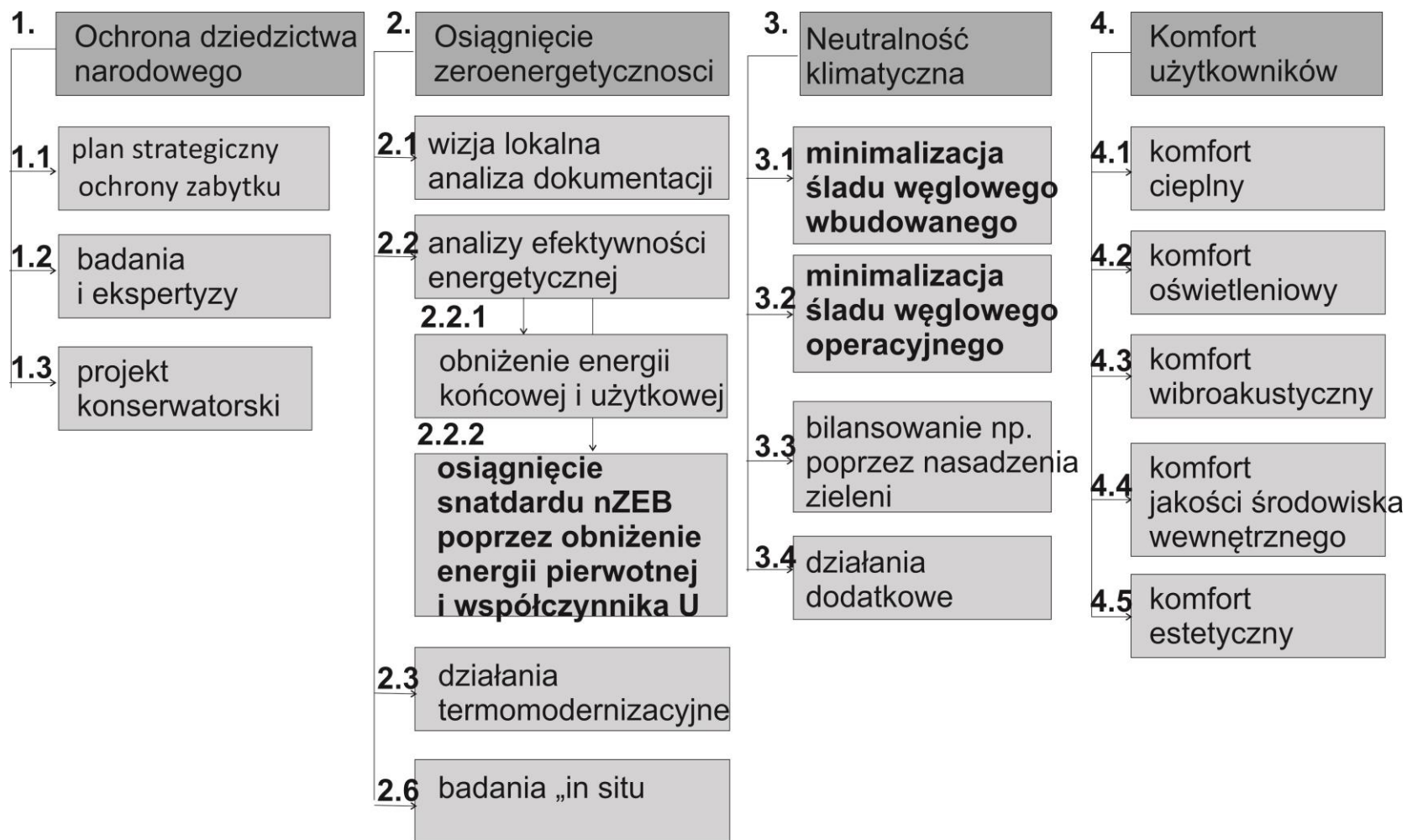
Rys. 1 Teatr Słowackiego. Widok od elewacji zachodniej. Źródło własne.

## METODOLOGIA OSIĄGNIĘCIA NEUTRALNOŚCI KLIMATYCZNEJ BUDYNKU

Niezbędne działania dla osiągnięcia standardu budynku o zerowym zużyciu energii, neutralnego dla klimatu.

Podejmując się tak wyjątkowego opracowania określiliśmy kilka kryteriów analizy.

- Po pierwsze ochrona dziedzictwa narodowego.
- Kolejne kryteria to próba osiągnięcia standardu obowiązującego w krajach Unii Europejskiej – budynków o niemal zerowym zapotrzebowaniu na energię.
- Kryterium trzecie to neutralność klimatyczna, ściśle związana z efektywnością energetyczną.
- Ostatnie kryterium, przyjęte przez autorów to komfort użytkowania budynków. Wielokryterialne podejście do poprawy efektywności energetycznej budynków użyteczności publicznej w szczególności budynków zabytkowych zaprezentowano na rys. nr 2.



Rys. 2. Kryteria termomodernizacji budynków zabytkowych.



## Ochrona dziedzictwa historycznego

Sposobem uznania wartości historycznej budynków jest wpis do Rejestru Zabytków. Na koniec 2020 roku w Rejestrze Zabytków było zarejestrowanych około 80 tysięcy obiektów i obszarów zabytkowych. Obok Rejestru zabytków są prowadzone ewidencje gminne i wojewódzkie, na których znajduje się aż ok. 700 tys. obiektów<sup>1</sup>.

**Wszystkie obiekty zabytkowe podlegają opiece konserwatorskiej i tylko w uzgodnieniu z konserwatorem zabytków, uzyskując odpowiednie zgody można przeprowadzić działania modernizacyjne i działania poprawiające efektywność energetyczną budynku.** Równocześnie biorąc pod uwagę bardzo dużą ilość budynków zabytkowych oraz fakt, że były one wznoszone w różnych latach w których w większości nie obowiązywały przepisy ochrony cieplnej, **budynki zabytkowe, szczególnie te które są użytkowane, stanowią olbrzymi potencjał obniżenia zużycia energii cieplnej i energii elektrycznej oraz obniżenia śladu węglowego w sektorze budownictwa.** Budynki zabytkowe wznoszone na przestrzeni wieków, zazwyczaj są w złym stanie technicznym, co może przyspieszyć proces degradacji i zniszczenia. Należy zatem dołożyć wszelkich starań, aby poprawić stan techniczny obiektów i równocześnie możliwymi działaniami termomodernizacyjnymi obniżyć energochłonność tej grupy obiektów.

### Proponowane kroki przed termorenowacją obiektów zabytkowych:

1. **Opracowanie planu strategicznego ochrony zabytku.** W tym dokumencie, na podstawie wstępnych badań należy wyznaczyć zasadniczą rolę zabytku, funkcję obiektu (dotyczy to zabytków, które są przywracane do użytkowania lub następuje zmiana funkcji użytkowej). Plan strategiczny powinien zawierać wstępny projekt konserwatorski wraz z wskazaniem rodzajów badań i ekspertyz koniecznych do wykonania dla pełnej diagnostyki obiektu zabytkowego. Plan strategiczny powinien wyznaczyć kierunki działań i stanowić podstawę decyzji konserwatorskich.
2. **Opracowanie projektu konserwatorskiego.** Projekt konserwatorski powinien być opracowany na podstawie wielodyscyplinarnych badań wykonanych zgodnie z planem strategicznym. W oparciu o wyniki badań, po zdefiniowaniu diagnozy konserwatorskiej można wyznaczyć zakres działań konserwatorskich i restauratorskich, nie naruszających dziedzictwa historycznego. Projekt konserwatorski powinien zawierać program i harmonogram działań wraz ze wskazaniem metod i materiałów budowlanych. Zadania konserwatorsko-restauratorskie powinny odnosić się również do otoczenia budynku i jego wyposażenia. Projekty branżowe są częścią projektu konserwatorskiego<sup>2</sup>.

## Osiągnięcie zeroenergetyczności (nZEB = nearly zero energy building).

Aby chronić budynki przed nadmiernym zużyciem energii i dążyć do standardu zeroenergetyczności (standard nZEB), potrzebne są właściwie określone uregulowania

<sup>1</sup> źródło: <https://jedynka.polskieradio.pl/artykul/3102387,Zabytki-w-Polsce-Ile-ich-jest-i-jakie-sa-kryteria-pryznania-takiego-statusu>

<sup>2</sup> opracowanie autorskie pod kierownictwem naukowym Bogumiła J. Rouba

prawne – przepisy ochrony cieplnej sformułowane dla budynków w takim standardzie, zwiększanie świadomości społeczeństwa oraz mechanizmy finansowania inwestycji termomodernizacyjnych, które zachęcą właścicieli do ich realizacji i nie będą nadmiernym kosztem takich działań.

#### STANDARD BUDYNKÓW O NIEMAL ZEROWYM ZAPOTRZEBOWANIU NA ENERGIĘ

W tej części opracowania zostanie wyjaśnione pojęcie budynku o niemal zerowym zapotrzebowaniu na energię (standard - nZEB).

Standard o niemal zerowym zużyciu energii (nZEB) jest standardem wprowadzonym we wszystkich krajach Unii Europejskiej od 31.12.2020 roku. Aby budynek spełniał taki standard musi być zaprojektowany i wybudowany zgodnie z przepisami zawartymi w Warunkach Technicznych.

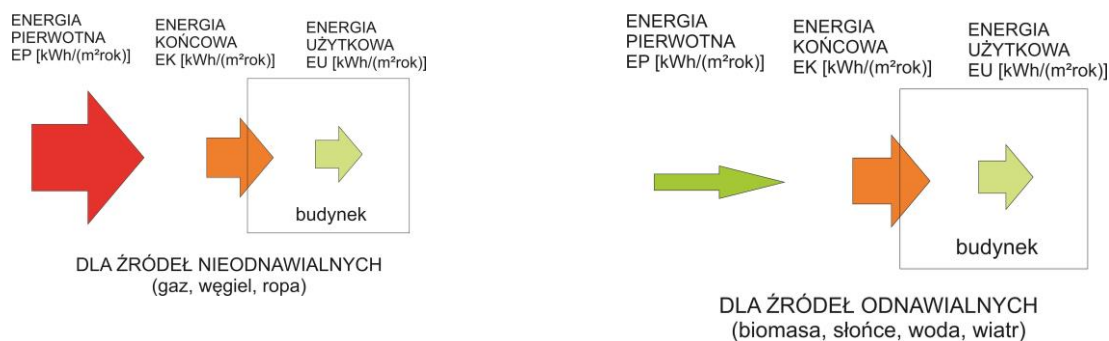
W Polsce dwa podstawowe współczynniki definiują **standard budynków o niemal zerowym zapotrzebowaniu na energię**.

**Pierwszy parametr** określa poziom izolacyjności cieplnej. Jest to współczynnik przenikania ciepła  $U$  [ $W/(m^2K)$ ]. Im niższa wartość, tym lepsza ochrona cieplna i tym mniej ciepła „ucieka” przez elementy obudowy budynku takie jak ściany, dach czy okna w sezonie grzewczym. W tabeli 1 zestawiono wartości współczynnika  $U$  dla podstawowych przegród obudowy budynku. Wartości te nie mogą być przekroczone przy projektowaniu nowych budynków ale również przy termomodernizacji istniejących. W prawie polskim budynki zabytkowe zwolnione są z tego wymagania, z uwagi na ochronę dziedzictwa historycznego, w większości przypadków nie można docieplić zabytkowych elementów do wymaganego standardu.

Tabela 1. Minimalne współczynniki  $U$  [ $W/(m^2K)$ ] dla podstawowych elementów obudowy budynku o niemal zerowym zapotrzebowaniu na energię (nZEB).

Lp	Element budynku	$U_c$ [ $W/(m^2K)$ ]
1	Ściana zewnętrzna	0,20
2	Dach/stropodach	0,15
3	Podłoga na gruncie	0,30
4	Okno	0,90
5	Drzwi	1,30

**Drugim wskaźnikiem** definiującym budynek o niemal zerowym zapotrzebowaniu na energię, który zawarty jest w przepisach technicznych obowiązujących w Polsce, jest wskaźnik nieodnawialnej energii pierwotnej **EP** [ $kWh/(m^2rok)$ ]. Aby dokładnie zrozumieć co oznacza wskaźnik nieodnawialnej energii pierwotnej, na rys. 3 zostały przedstawione zależności pomiędzy wskaźnikami: EP [ $kWh/(m^2rok)$ ] (energia pierwotna), EK [ $kWh/(m^2rok)$ ] (energia końcowa) oraz EU [ $kWh/(m^2rok)$ ] (energia użytkowa).



Rys. 3. Zależności pomiędzy Energią Pierwotną, Energią Końcową a Energią Użytkową.

Energia użytkowa, jest to energia jaką należy doprowadzić do pomieszczeń tak aby zapewnić komfort cieplny użytkownikom. **Wskaźnik energii użytkowej (EU)** świadczy o jakości konstrukcji budynku. Im mniejsza wartość energii użytkowej, tym mniej ciepła tracimy z budynku.

**Energia końcowa (EK)**, to energia jaką otrzymujemy na tzw. granicy bilansowej budynku. Po prostu jest to energia za którą płacimy. Aby dotarła do pomieszczeń, po drodze są straty energii na wytworzeniu (tutaj zależne od sprawności źródła ciepła), na przesył (zależne od sprawności przesyłu energii). Zatem energia użytkowa zawsze powinna być niższa od końcowej. Jeżeli wartość wskaźnika energii końcowej jest niewiele większa od wskaźnika energii użytkowej, znaczy to, że w budynku występuje wysoki sprawny system ogrzewania. W niektórych przypadkach wskaźnik EK może jednak być niższy od zapotrzebowania na energię użytkową (EU). Tak dzieje się w przypadku zastosowania pompy ciepła jako źródła energii.

**Energia Nieodnawialna Pierwotna (EP)** zależy w największym stopniu od źródeł ciepła, chłodu i źródeł z których produkowana jest energia elektryczna. Dla źródeł nieodnawialnych, takich jak węgiel, gaz, ropa naftowa, czy też energii elektrycznej z sieci opartej na źródłach nieodnawialnych wartość EP jest bardzo wysoka, przekraczająca wartości dopuszczalne określone w Warunkach Technicznych. Nieodnawialna Energia Pierwotna przeliczona dla źródeł odnawialnych jest wartością niską, pozwalającą na spełnienie standardu budynku o niemal zerowym zapotrzebowaniu na energię, **w wyjątkowych przypadkach równą zero. Maksymalna wielkość wskaźnika EP do ogrzewania i wentylacji dla budynków użyteczności publicznej w Polsce wynosi 45 [kWh/(m<sup>2</sup>rok)] z wyjątkiem budynków opieki medycznej, gdzie wartość maksymalna wynosi 190 [kWh/(m<sup>2</sup>rok)].** Jeśli budynek nie zużywa więcej niż te wartości w prawie polskim osiąga on standard budynku o niemal zerowym zapotrzebowaniu na energię – standard nZEB.

Te wyjaśnienia są konieczne aby podać zasadę dążenia do poziomu **budynków o niemal zerowym zapotrzebowaniu na energię** tzw. standard nZEB.

**Podsumowując: standard budynków o niemal zerowym zapotrzebowaniu na energię nZEB** charakteryzuje się dwoma opisanymi parametrami: współczynnikiem izolacyjności cieplnej U [W/(m<sup>2</sup>K)] oraz wskaźnikiem EP [kWh/(m<sup>2</sup>rok)]. Minimalne wartości tych parametrów,

które muszą osiągnąć budynki w Polsce można znaleźć w Warunkach Techniczno-Budowlanych.

Jednak w prawie polskim wymagania dla budynków nowoprojektowanych, poddawanych termomodernizacji oraz zabytkowych nie są takie same. Tabela 2 przedstawia, które parametry obecnie muszą osiągnąć budynki nowe i poddawane termomodernizacji oraz budynki zabytkowe aby mogły być nazwane budynkami o niemal zerowym zapotrzebowaniu na energię.

Tabela 2. Parametry które muszą spełnić budynki od 2021 roku w Polsce.

Budynek:	Współczynnik U [W/m <sup>2</sup> K]	Wskaźnik EP [kWh/m <sup>2</sup> rok]
nowoprojektowany	obowiązkowo	obowiązkowo
Istniejący, poddany gruntownej termomodernizacji	obowiązkowo	nie wymagany
Zabytkowy, pod opieką konserwatora	nie wymagany	nie wymagany

Jak przedstawiono w tabeli, obiekty zabytkowe i te które znajdują się pod ochroną konserwatora, zwolnione są z wszelkich wymagań dotyczących poprawy efektywności energetycznej. Przepisy art. 5 ustawy - Prawo budowlane (tekst jedn.: Dz. U. 2006 r., Nr 156, poz. 1118 z późn. zm) - zwalniają z obowiązku ustalania charakterystyki energetycznej dla budynków podlegających ochronie na podstawie przepisów o ochronie zabytków i opiece nad zabytkami.

Na potrzeby niniejszego opracowania autorzy przyjęli założenie, że budynek zabytkowy użyteczności publicznej powinien spełniać jedynie wymagania dotyczące wskaźnika EP, aby mógł być zdefiniowany jako budynek o niemal zerowym zapotrzebowaniu na energię. Oczywiście jest, że poprawa izolacyjności cieplnej elementów obudowy budynków zabytkowych do wartości określonych w Warunkach Technicznych w większości przypadków będzie niemożliwa.

## MOŻLIWOŚCI POPRAWY EFEKTYWNOŚCI ENERGETYCZNEJ OBIEKTÓW ZABYTKOWYCH, PEŁNIĄCYCH FUNKCJĘ UŻYTKOWĄ – LISTA DZIAŁAŃ TERMOMODERNIZACYJNYCH.

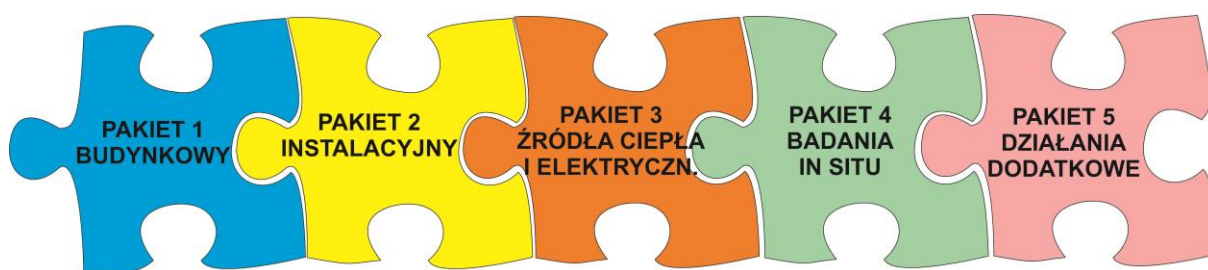
Poprawa efektywności energetycznej obiektów zabytkowych jest ważnym ale i trudnym zagadnieniem. Działania termomodernizacyjne zaprojektowane i wykonane przez niedoświadczonych osoby, bez uwzględnienia wymogów konserwatorskich mogą doprowadzić do zniszczenia wyglądu zabytku oraz degradacji obiektu. Podejmując zatem takie wyzwanie, należy sprawdzić czy projektanci i ekipy wykonawcze mają odpowiednie referencje.

Możliwości dążenia do standardu budynku o niemal zerowym zużyciu energii opracowano w formie listy definiującej możliwe do wykonania działania. Określono również szacunkowy wpływ danego przedsięwzięcia termomodernizacyjnego na obniżenie zapotrzebowania energetycznego. Wartość oszczędności jest zależna od aktualnego stanu budynku. Dokładne i rzeczywiste wartości oszczędności jesteśmy ocenić dopiero po przeprowadzeniu

indywidualnego audytu energetycznego. W przypadku budynków, które nie są wpisane na listę zabytków – przedsięwzięcia opisane na liście nie wymagają zgody konserwatora. W przypadku zabytków i obiektów pod opieką konserwatorską należy postępować zgodnie w rozdziale „Ochrona dziedzictwa historycznego”. Listę podzielono na pięć pakietów inwestycji.

- 1 Pakiet budynkowy**
- 2 Pakiet instalacyjny**
- 3 Pakiet: źródła ciepła/chłodu i energii elektrycznej**
- 4 Pakiet: badania „in situ”**
- 5 Pakiet: działania dodatkowe**

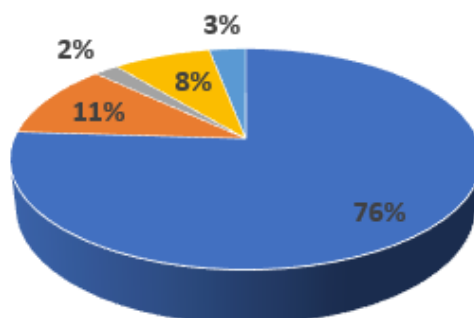
Można to zilustrować jako pakiet połączonych „puzzli”. Puzzle przedstawiono na rys. 4.



Rys. 4. Pakiety poprawy efektywności energetycznej budynków.

Lista, dla ułatwienia podejmowania działań termomodernizacyjnych, posiada kolumny w których należy określić czy dana inwestycja została już wykonana lub czy nie ma zgody konserwatora na przeprowadzenie danej inwestycji (na przykład docieplenie ścian). Wówczas należy przejść do kolejnej inwestycji na liście. Kolejne inwestycje są opisane w ponumerowanych formularzach. W tabeli 3 dla uporządkowania, przypisano odpowiednie numery formularzy do poszczególnych pakietów (pakiety 1 do 5). Kolejność inwestycji powinna być zgodna z kolejnością pakietów. Najpierw należy wykonać inwestycje obniżające rzeczywiste zużycie energii (EU, EK) a następnie podejmować działania wymiany źródeł ciepła i chłodu. W przeciwnym wypadku, na przykład wymiana kotła grzewczego w pierwszym kroku a następnie docieplanie ścian czy wymiana okien, będzie skutkowałą przewymiarowaniem systemu grzewczego.

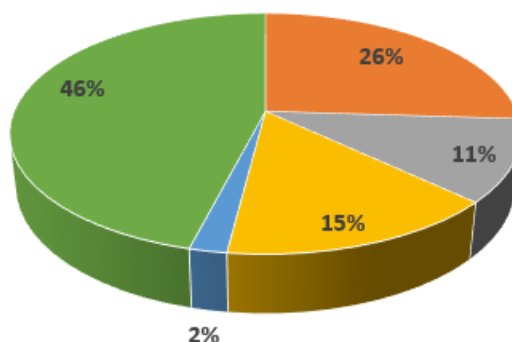
Na wykresie 5 przedstawiono przykładowe zużycie energii w budynkach mieszkalnych.



- Ogrzewanie
- Ciepła woda użytkowa
- Oświetlenie
- Urządzenia elektryczne
- Gotowanie

Rys.5. Przykładowe zużycie energii w budynkach <sup>3</sup>

Na kolejnym wykresie 6 przedstawiono szacunkowe wartości strat ciepła w budynku. Oczywiście dla każdego budynku są to inne wartości zależne od stopnia izolacyjności elementów budynku, od tego czy budynek posiada wentylację grawitacyjną czy mechaniczną, czy budynek wyposażony jest w system rekuperacji czyli odzysku ciepła z systemu wentylacji, czy budynek wyposażony jest w system automatyki.



- ściany zewnętrzne
- okna i drzwi zewnętrzne
- stropodach/dach
- podłogi na gruncie
- wentylacja

Rys.6. Szacunkowa struktura ciepła w budynkach <sup>4</sup>

Jest tak wiele zmiennych, że poziomy oszczędności energii podane dla każdej opisanej inwestycji należy traktować bardzo szacunkowo.

<sup>3</sup> Studia podyplomowe „Szacunkowe straty ciepła na podstawie opracowania „Efektywne użytkowanie energii elektrycznej w ramach projektu Śląsko-Małopolskie Centrum Kompetencji Zarządzania Energią Użytkowanie i oszczędność energii w budynkach mieszkalnych i użyteczności publicznej”. Jacek Przędzik

<sup>4</sup> Studia podyplomowe „Szacunkowe straty ciepła na podstawie opracowania „Efektywne użytkowanie energii elektrycznej w ramach projektu Śląsko-Małopolskie Centrum Kompetencji Zarządzania Energią Użytkowanie i oszczędność energii w budynkach mieszkalnych i użyteczności publicznej”. Jacek Przędzik

Dla obliczenia rzeczywistych oszczędności energii dla indywidualnego obiektu konieczne jest wykonanie obliczeń energetycznych w oparciu o szczegółowe dane dotyczące ocenianego budynku.

W Formularzach podano również szacunkowe koszty wykonania działań termomodernizacyjnych. Podane koszty również należy przyjmować jako szacunkowe, z uwagi na niestabilny obecnie rynek materiałów budowlanych i robocizny. Drugim elementem, wpływającym na przyjęcie szacunkowych poziomów kosztów jest fakt, że każdy obiekt jest inny. Rzeczywiste koszty wykonania robót termomodernizacyjnych należy określić na podstawie indywidualnych kosztorysów wykonanych dla ocenianego obiektu.

Równocześnie, dla ułatwienia podejmowania decyzji remontowych, w formularzach określono, które działania są zalecane (O), zalecane w szczególności i w pierwszej kolejności w budynkach zabytkowych (O\*), a które są fakultatywne (F). Przedstawiono to w Tabeli 1.

W każdym formularzu znajdują się działania dodatkowe, które powinny być wykonane, aby osiągnąć najlepsze wyniki dla danej inwestycji (na przykład propozycje badań „in situ” po wykonaniu inwestycji. Po formularzach poszczególnych pakietów zamieszczono część opisową, która w sposób szczegółowy opisuje jak można wykonać poszczególne inwestycje.

Tabela 1. Podział działań termomodernizacyjnych na działania obligatoryjne/zalecane (O)/działania zalecane w szczególności dla budynków zabytkowych (O\*)/działania fakultatywne (F)

<b>Pakiet 1 budynkowy</b>		<b>Działanie obligatoryjne/zalecane (O)/ działanie zalecane w szczególności dla budynków zabytkowych (O*)/działanie fakultatywne (F)</b>
Formularz 1a i 1b	Ocieplenie ścian zewnętrznych	O/F
Formularz 2a, 2b	Ocieplenie dachu, stropodachu, stropu pod nieogrzewanym poddaszem	O*
Formularz 3a, 3b	Ocieplenie podłogi, stropu nad piwnicą	O
Formularz 4a, 4b	Modernizacja lub wymiana stolarki okiennej i drzwiowej	O*/F
<b>Pakiet 2 instalacyjny</b>		
Formularz 5	Modernizacja systemu wentylacji	O
Formularz 6	Modernizacja systemu oświetlenia wbudowanego	O*
Formularz 7	System automatyki budynkowej	F
<b>Pakiet 3 Źródła ciepła/chłodu i energii elektrycznej</b>		

Formularz 8	Wymiana źródła energii cieplnej	O
Formularz 9	Produkcja energii elektrycznej	O
Formularz 10	Magazyny ciepła	F
Formularz 11	Magazyny energii elektrycznej	F
<b>Pakiet 4 Badania „in situ”</b>		
Formularz 12	Komfort użytkowy	O
Formularz 13	Dodatkowe badania „in situ”	O
<b>Pakiet 5 Elementy dodatkowe</b>		
Formularz 14	Woda deszczowa	F
Formularz 15	Woda szara	F
Formularz 16	Zagospodarowanie odpadów	F
Formularz 17	Błękitno-zielona infrastruktura	F
Formularz 18	Edukacja ekologiczna	O

## PAKIETY, FORMULARZE I OPISY SZCZEGÓŁOWE

### Pakiet 1 budynkowy

<b>Pakiet 1 budynkowy</b>		<b>Działanie obligatoryjne/zalecane (O)/ działanie zalecane w szczególności dla budynków zabytkowych (O*)/działanie fakultatywne (F)</b>
Formularz 1a i 1b	Ocieplenie ścian zewnętrznych	O/F
Formularz 2a, 2b	Ocieplenie dachu, stropodachu, stropu pod nieogrzewanym poddaszem	O*
Formularz 3a, 3b	Ocieplenie podłogi, stropu nad piwnicą	O
Formularz 4a, 4b	Modernizacja lub wymiana stolarki okiennej i drzwiowej	O*/F



## Pakiet 1 budynkowy OCIEPLENIE ŚCIAN ZEWNĘTRZNYCH

### Formularz 1a i 1b

Kro k	Działanie	Współczynnik $U_c$ zgodny z Warunkami Technicznymi	Brak zgody konserwatora	Zgoda konserwatora na działanie ograniczone	Zgoda konserwator a bez ograniczeń
1a	Poprawa izolacyjności cieplnej ścian zewnętrznych – <b>docieplenie ścian od zewnątrz</b>	$U_c \leq 0,2$ [W/(m <sup>2</sup> K)] – brak działań	brak działań	Docieplić ściany maksymalnie zgodnie ze zgodą konserwatora.	Ocieplić ściany do poziomu $U_c \leq 0,2$ [W/(m <sup>2</sup> K)]
Oszczędności zużycia energii na poziomie 15-30 % Szacunkowy koszt ocieplenia 1 m <sup>2</sup> ściany, zależny od istniejącego współczynnika $U_c$ (350-800 PLN)					
1b	Poprawa izolacyjności cieplnej ścian zewnętrznych – <b>docieplenie ścian od wewnątrz</b>	$U_c \leq 0,2$ – brak działań	brak działań	Docieplić ściany maksymalnie zgodnie ze zgodą konserwatora	Ocieplić ściany ok 5-6 cm warstwą ocieplenia (wełna mineralna na stelażu lub tynki oparte na aerożelu)
Oszczędności zużycia energii na poziomie 15-30% Szacunkowy koszt ocieplenia 1 m <sup>2</sup> ściany, zależny od istniejącego współczynnika $U_c$ (350-800 PLN)					
Działania dodatkowe (zalecane): - Badania szczelności obudowy np. systemem Blower Door - Doszczelnienie budynku do poziomu: $n_{50} \leq 3,0$ [1/h] budynki z wentylacją grawitacyjną $n_{50} \leq 1,5$ [1/h] budynki z wentylacją mechaniczną $n_{50} \leq 0,6$ [1/h] budynki w standardzie pasywnym - Badania termowizyjne: detekcja mostków termicznych - Minimalizacja mostków termicznych (uszczelnienie, docieplenie)					

**Pakiet 1 budynkowy: OCIEPLENIE DACHU, STROPODACHU, STROPU POD NIEOGRZEWANYM PODDASZEM**

**Formularz 2a i 2b**

Kro k	Działanie	Współczynnik $U_c$ zgodny z Warunkami Technicznymi	Brak zgody konserwatora	Zgoda konserwatora na działanie ograniczone	Zgoda konserwator a bez ograniczeń
2a	Poprawa izolacyjności cieplnej dachu	$U_c \leq 0,15$ [W/(m <sup>2</sup> K)] – brak działań	brak działań	Ocieplić dach maksymalnie zgodnie ze zgodą konserwatora, w razie złego stanu pokrycia, wymienić/odrestaurować pokrycie wraz z elementami wykończenia	Ocieplić dach do poziomu $U_c \leq 0,15$ [W/(m <sup>2</sup> K)]
Oszczędności zużycia energii użytkowej na poziomie 15-30 % Szacunkowy koszt ocieplenia 1 m <sup>2</sup> dachu/stropodachu, zależny od istniejącego współczynnika $U_c$ (800 – 2000 PLN)					
2b	Poprawa izolacyjności cieplnej stropodachu	$U_c \leq 0,15$ [W/(m <sup>2</sup> K)] – brak działań	brak działań	Ocieplić stropodach maksymalnie zgodnie ze zgodą konserwatora	Ocieplić stropodach do poziomu $U_c \leq 0,15$ [W/(m <sup>2</sup> K)]
Oszczędności zużycia energii na poziomie 15-30 % Szacunkowy koszt ocieplenia 1 m <sup>2</sup> dachu/stropodachu, zależny od istniejącego współczynnika $U_c$ (800 – 2000 PLN)					
Działania dodatkowe (zalecane): - Badania szczelności obudowy np. systemem Blower Door - Doszczelnienie budynku do poziomu: $n_{50} \leq 3,0$ [1/h] budynki z wentylacją grawitacyjną $n_{50} \leq 1,5$ [1/h] budynki z wentylacją mechaniczną $n_{50} \leq 0,6$ [1/h] budynki w standardzie pasywnym - Badania termowizyjne: detekcja mostków termicznych - Minimalizacja mostków termicznych - Należy rozważyć wymianę pokrycia dachu wraz z elementami wykończeniowymi.					

**Pakiet 1 budynkowy: OCIEPLENIE PODŁOGI, ŚCIANY FUNDAMENTOWE**

**Formularz 3a i 3b**

Krok	Działanie	Współczynnik $U_c$ zgodny z Warunkami Technicznymi	Brak zgody konserwatora d	Zgoda konserwatora na działanie ograniczone	Zgoda konserwatora bez ograniczeń
3a	Poprawa izolacyjności cieplnej podłogi na gruncie/stropu nad piwnicą	$U_c \leq 0,30$ [W/(m <sup>2</sup> K)] – brak działań	brak działań	Ocieplić podłogę maksymalnie zgodnie ze zgodą konserwatora, z zachowaniem wysokości użytkowej na dopuszczalnym poziomie	Ocieplić podłogę na gruncie do poziomu $U_c \leq 0,30$ [W/(m <sup>2</sup> K)], z zachowaniem wysokości użytkowej na dopuszczalnym poziomie
Oszczędności zużycia energii na poziomie 2-10 % Szacunkowy koszt ocieplenia 1 m <sup>2</sup> podłogi na gruncie, zależny od istniejącego współczynnika $U_c$ (200-400 PLN)					
3b	Poprawa izolacyjności cieplnej ścian fundamentowych zagłębionych w gruncie	$U_c \leq 0,30$ [W/(m <sup>2</sup> K)] – brak działań	brak działań	Ocieplić ściany zagłębione w gruncie maksymalnie zgodnie ze zgodą konserwatora	Ocieplić ściany zagłębione w gruncie do poziomu $U_c \leq 0,30$ [W/(m <sup>2</sup> K)]. Jeśli istnieje taka możliwość docieplenie wykonać od strony zewnętrznej
Oszczędności zużycia energii na poziomie 2-10 % Szacunkowy koszt ocieplenia 1 m <sup>2</sup> podłogi na gruncie, zależny od istniejącego współczynnika $U_c$ (200-400 PLN)					
Działania dodatkowe (zalecane): - Badania szczelności obudowy np. systemem Blower Door - Doszczelnienie budynku do poziomu: $n_{50} \leq 3,0$ [1/h] budynki z wentylacją grawitacyjną $n_{50} \leq 1,5$ [1/h] budynki z wentylacją mechaniczną $n_{50} \leq 0,6$ [1/h] budynki w standardzie pasywnym - Badania termowizyjne: detekcja mostków termicznych - Minimalizacja mostków termicznych					

<ul style="list-style-type: none"> <li>- Wykonać diagnostykę stanu izolacji przeciwwodnej i przeciwwilgociowej. W razie stwierdzenia jej braku lub zniszczenia izolacje przeciwwodna należy założyć/uzupełnić uszkodzenia</li> <li>- Wykonać diagnostykę zawilgocenia murów i podłogi. W razie stwierdzenia wykonać osuszanie.</li> </ul>
---

**Pakiet 1 budynkowy: MODERNIZACJA LUB WYMIANA STOLARKI OKIENNEJ I DRZWIOWEJ**

**Formularz 4a i 4b**

Krok	Działanie	Współczynnik $U_w$ zgodny z Warunkami Technicznymi	Brak zgody konserwatora	Zgoda konserwatora na działanie ograniczone	Zgoda konserwatora bez ograniczeń
4a	Wymiana okien zewnętrznych	$U_w \leq 0,90$ [W/(m <sup>2</sup> K)] – brak działań	brak działań	Wymienić stolarkę okienną zgodnie ze wskazaniami konserwatora, z zachowaniem zabytkowego charakteru okien	Wymienić okna zewnętrzne na okna o współczynniku $U_w \leq 0,90$ [W/(m <sup>2</sup> K)], z zachowaniem zabytkowego charakteru okien
<p>Oszczędności zużycia energii na poziomie 10-30%</p> <p>Szacunkowy koszt wymiany okien zabytkowych zależy od aktualnego współczynnika <math>U_w</math> (10 000-15 000 PLN/m<sup>2</sup> (wycena inwestorska))</p>					
4b	Poprawa izolacyjności cieplnej drzwi zewnętrznych	$U \leq 1,30$ [W/(m <sup>2</sup> K)] – brak działań	brak działań	Wymienić drzwi zewnętrzne na drzwi o parametrach wskazanych przez konserwatora z możliwym zachowaniem odtwórczych elementów takich jak klamki, okucia itp	Wymienić drzwi zewnętrzne na drzwi o wsp. $U \leq 1,30$ [W/(m <sup>2</sup> K)] z możliwym zachowaniem odtwórczych elementów takich jak klamki, okucia itp
<p>Oszczędności zużycia energii na poziomie 5-10 %</p>					

	Szacunkowy koszt ocieplenia 1 m <sup>2</sup> drzwi zabytkowych, zależny od istniejącego współczynnika U <sub>c</sub> (5 000 – 10 000 PLN/m <sup>2</sup> ) (wycena inwestorska)
	<p>Działania dodatkowe (zalecane):</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- Badania szczelności obudowy np. systemem Blower Door</li> <li>- Doszczelnienie budynku do poziomu: <ul style="list-style-type: none"> <li>n<sub>50</sub> ≤ 3,0 [1/h] budynki z wentylacją grawitacyjną</li> <li>n<sub>50</sub> ≤ 1,5 [1/h] budynki z wentylacją mechaniczną</li> <li>n<sub>50</sub> ≤ 0,6 [1/h] budynki w standardzie pasywnym</li> </ul> </li> <li>- Badania termowizyjne: detekcja mostków termicznych</li> <li>- Minimalizacja mostków termicznych</li> </ul> <p>W przypadku braku możliwości wymiany stolarki okiennej na nową należy opracować projekt remontu istniejącej.</p> <p>Remont ten powinien polegać na:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- dopasowaniu skrzydeł do ram okiennych</li> <li>- zastosowaniu uszczelek w obwodzie w nieszczelnych krawędziach skrzydeł wewnętrznych tak aby zmniejszyć niekontrolowaną infiltrację powietrza. Nie zaleca się uszczelnienie całego obwodu skrzydeł. Działanie to przyniesie zauważalne oszczędności</li> </ul> <p>Remont drzwi zewnętrznych powinien polegać na:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- dopasowaniu skrzydeł drzwi do ram</li> <li>- zastosowaniu uszczelek w dolnej części krawędzi skrzydeł wewnętrznych tak, aby zmniejszyć znacząco infiltrację powietrza.</li> </ul>

## OPISY SZCZEGÓŁOWE DLA Pakietu 1 budynkowego

### Ocieplenie ścian zewnętrznych

Nieocieplone ściany zewnętrzne obiektów zabytkowych są powodem nadmiernych i niepotrzebnych strat ciepła w sezonie grzewczym. Straty te mogą powodować nawet 30% strat ciepła w ogólnym bilansie energetycznym budynku. Co prawda grube mury obiektów zabytkowych mają zazwyczaj dużą pojemność cieplną i stanowią swoistego rodzaju magazyn energii cieplnej, jednak w okresie zimowym, kiedy zyski słoneczne są niewielkie, a różnica temperatur wewnątrz i na zewnątrz obiektu jest duża, poprawa izolacyjności cieplnej, z pewnością przełoży się na mniejsze rachunki za ogrzewanie. Z izolacyjnością cieplną ścian związany jest również problem mostków termicznych i nieszczelności, szczególnie często występujące na styku stolarki okiennej i drzwiowej ze ścianą.

Jeżeli konserwator uzna, że możliwe będzie ocieplenie ścian zewnętrznych, na przykład z uwagi na fakt, że tynki nie są elementem historycznym, można rozważyć dwa rodzaje dociepleń:

- docieplenie od strony zewnętrznej. Z uwagi na wymogi konserwatora jest to zazwyczaj rzadko brany pod uwagę sposób polepszenia izolacyjności przegród.
- docieplenie od strony wewnętrznej.

Jeśli chodzi o pierwszy rodzaj docieplenia ścian, zgoda konserwatora może być podyktowana faktem iż nie zostały zachowane oryginalne wyprawy lub detale architektoniczne albo obiekt nie jest zabytkowy, ale należy do obszaru uznanego za zabytek.

Drugi rodzaj docieplenia ścian jest znacznie częściej stosowany, z uwagi na historyczny charakter fasady. Jest on jednak technicznie trudniejszy do przeprowadzenia i wymaga dużej wiedzy z zakresu fizyki budowlanej. Docieplenie ścian od wewnątrz może być powodem przemarzania konstrukcji, wykraplania się pary wodnej, większej liczby mostków termicznych, zmniejszonej pojemności oraz stateczności cieplnej przegród zewnętrznych, trudności zapewnienia szczelności przejść instalacyjnych przez powłoki paroizolacyjne. Do wad ocieplenia od strony wewnętrznej można zaliczyć również zmniejszenie powierzchni pomieszczeń, zwiększenie kosztu wykonania ocieplenia, a w niektórych przypadkach konieczność (po wykonaniu ocieplenia) korekty położenia grzejników oraz długości doprowadzonych gałęzek instalacji centralnego ogrzewania. Czasem, możliwy jest kompromis pomiędzy tymi dwoma rodzajami ociepleń ścian. Jest to możliwe, kiedy obiekt zabytkowy ma na przykład dobudowane w czasie późniejszym elementy, lub częściowo elewacje historyczne które można ocieplić tradycyjną metodą (od zewnątrz) ponieważ nie mają ważnego znaczenia historycznego (podworce, elewacje boczne). Jednak, tak jak wspomniano, zawsze zagadnienia docieplenia przegród wewnętrznych obiektów zabytkowych należy skonsultować z ekspertami z fizyki budowli.

#### Metody dociepleń do zewnątrz.

Najbardziej popularna metoda ociepleń i dociepleń przegród od strony zewnętrznej jest system ETIC (metoda lekka-mokra). Metoda zakłada wykonanie na przygotowanym podłożu ściany warstwy termoizolacyjnej wraz z warstwami i materiałami wykończenia. Najczęściej stosowanymi materiałami termoizolacyjnymi są płyty z polistyrenu ekspandowanego EPS, polistyrenu ekstrudowanego XPS, wełny mineralnej, rzadko płyty z pianek PIR czy PUR. Wady i zalety stosowania tego systemu w przypadku obiektów zabytkowych przedstawiono w tabeli nr 2.

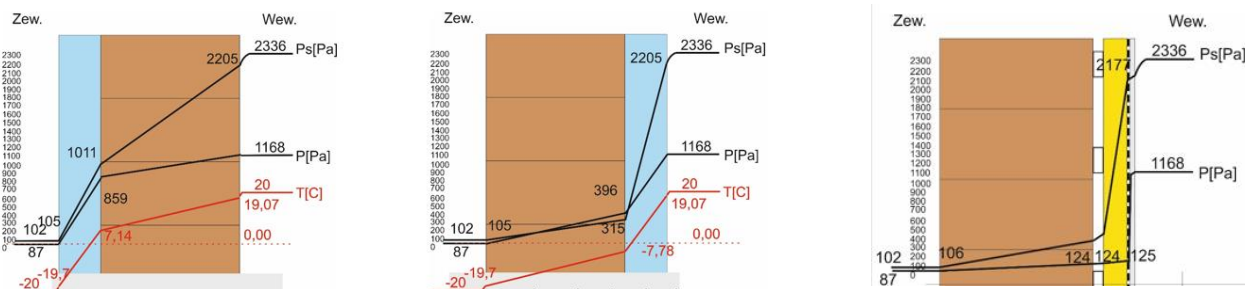
Tabela 2. Wady i zalety stosowania systemu ETIC.

Zalety systemu	Wady systemu
<ul style="list-style-type: none"><li>- łatwość wykonania</li><li>- ochrona elewacji przed wpływami środowiska zewnętrznego</li><li>- eliminacja mostków termicznych</li><li>- poprawa szczelności obudowy budynku</li><li>- brak wpływu na powierzchnię użytkową</li><li>- zwiększenie stateczności cieplnej obudowy</li><li>- zmniejszenie ryzyka kondensacji pary wodnej we wnętrzu przegrody.</li></ul>	<ul style="list-style-type: none"><li>- zakrycie oryginalnej fasady</li><li>- możliwość prowadzenia prac sezonowo</li><li>- zmniejszenie obszaru widzenia przez okna nie poddawane wymianie</li></ul>

#### Metody dociepleń do wewnątrz.

Metody docieplenia elementów obudowy budynku od wewnątrz, muszą być dobrane przez zespół specjalistów z zakresu fizyki cieplnej budynków. Tego typu docieplenie wiąże się z możliwością wystąpienia wielu problemów dotyczących pojawienia się zawilgocenia ścian.

Na rys. 6 przedstawiono obliczenia wykonane dla budynku w którym zaproponowano docieplenie od zewnątrz oraz od wewnątrz. Wykres 6b obrazuje możliwość pojawienia się wody na styku warstwy konstrukcyjnej i termoizolacji. Znacząco lepszą metodą jest zastosowanie wełny mineralnej zamocowanej na ruszcie oddzielającym od warstwy konstrukcyjnej z warstwą paroizolacji po stronie wewnętrznej. Przedstawia to rys. 7c.



Rys. 7a i 7b. Docieplenie ścian od strony zewnętrznej i wewnątrz styropianem. Rys. 7c Docieplenie ściany od wewnątrz wełną.

Inny rodzaj docieplenia od wewnątrz to specjalne płyty lub też tynki, pozwalające na łatwy przepływ pary wodnej przez warstwy przegrody.

Stosunkowo nowym i ciekawym materiałem do ocieplenia ścian budynków zabytkowych jest system mineralny, w którego skład wchodzi aerożele o bardzo dobrych parametrach izolacyjności cieplnej. Przykładem takich rozwiązań jest system Cerabran AEROPUTZ o współczynniku przewodności cieplnej  $\lambda$  na poziomie 0,027 [W/(mK)], podczas, gdy standardowe płyty styropianu czy wełny mają współczynnik  $\lambda$  na poziomie 0,04 [W/(mK)]. Ciekawym i wartym polecenia systemem do izolacji ścian obiektów zabytkowych jest system RENO, który charakteryzuje się odpornością na obecność soli w ścianie, bardzo wysoką paroprzepuszczalnością i porowatością, szybkim transportem wody i pary wodnej przez przegrodę oraz łatwością nakładania.

### Ocieplenie dachu, stropodachu, stropu pod nieogrzewanym poddaszem

Przez nieocieplone poddasze lub nieocieplony dach może uciekać nawet 25% ciepła. Dlatego, warto, w miarę możliwości zapewnić odpowiednią termoizolację dachu i poddasza. Współczynnik izolacyjności cieplnej  $U$  dla dachu/poddasza w polskich Warunkach Technicznych określono na  $U_c \leq 0,15$  [W/(m<sup>2</sup>K)]. To wartość bardziej restrykcyjna niż wymagania dla ścian zewnętrznych. Równocześnie w przypadku budynków zabytkowych to jedno z działań termoizolacyjnych, które w większości przypadków nie koliduje ze zniszczeniem dziedzictwa kulturowego. Można ustawić to działanie na początku listy działań termoizolacyjnych w budynkach zabytkowych. Na rynku dostępne są różne materiały do ociepleń.

Jednym z niedrogich materiałów, które można użyć do ocieplenia dachu czy stropodachu jest styropian. Styropian posiada bardzo dobre właściwości termoizolacyjne. Chroni przed przegrzewaniem oraz zapewnia odpowiedni poziom izolacji cieplnej w sezonie grzewczym. Styropian posiada również wysoką odporność na przenikanie pary wodnej, a jego parametry wraz z biegiem lat, nie ulegają zmianie. Jednak styropian przy ocieplaniu dachu/stropodachu ma swoje minusy. Nie jest materiałem elastycznym i trudno go ściśle dopasować na

przykład pomiędzy drewnianymi krokiewiami. Na rynku materiałów budowlanych dostępne są płyty styropianowe z podłużnymi nacięciami, które poprawiają jego elastyczność.

Często stosowaną praktyką, szczególnie w starszych budynkach, jest używanie styropianu do ocieplenia stropu poddasza nieużytkowego. Można wówczas na stropie ułożyć płyty styropianowe.

Innym materiałem do ocieplenia dachów i poddaszy jest pianka PIR/PUR. Jest to metoda natryskowa, która wymaga użycia specjalistycznego sprzętu, za pomocą którego nakładana jest piana do ocieplenia. Zaletą tej metody jest możliwość dotarcia w najtrudniejsze miejsca, szczeliny czy załamania. Pianki są odporne na rozwój grzybów i pleśni. Wadą pianek jest ich cena, wyższa niż w przypadku styropianu. Jednak izolacyjność cieplna, na poziomie lepszym niż styropian czy wełna, powoduje, że można nałożyć cieńszą warstwę pianki termoizolacyjnej niż innych systemów dociepleń.

Aktualnie, najczęściej do ocieplenia dachu, poddasza i stropów wykorzystuje się wełnę. Najczęściej spotykanymi wełnami są wełna mineralna z włókna szklanego oraz wełna mineralna z włókna skalnego. Ocieplenie poddasza wełną jest łatwe dzięki jej lekkości i plastycznym właściwościom. Łatwo się wełnę przycina a dzięki swojej plastyczności dokładnie wypełnia szczeliny między krokiewiami.

Ocieplenie dachu i stropu poddasza użytkowego należy wykonać po ukończeniu prac dekarских. Do ocieplenia przystępuje się, gdy poszycie dachu jest wykończony i zostały zakończone prace związane z montażem okien.

Zależnie od wybranego materiału należy zastosować folię paroprzepuszczalną i wiatroizolację. W przypadku dachów stromych termoizolację układa się w połąci dachowej, między krokiewiami, a także pod nimi i pod pokryciem. W przypadku poddasza nieużytkowanego, najczęściej termoizolację układa się na stropie<sup>5</sup>.

### **Ocieplenie podłogi na gruncie**

Straty ciepła przez podłogę do gruntu nie są duże w całym bilansie energetycznym. W gruncie poniżej poziomu przemarzania panuje dodatnia temperatura i straty ciepła przez ściany fundamentowe i przez podłogę nie powinny przekraczać 10%. Jeśli jest jednak taka możliwość warto docieplić również te elementy obudowy budynku. Warstwę ocieplenia można ułożyć na izolacji przeciwwilgociowej i podkładzie betonowym lub pod podkładem betonowym. Na podsypce należy umieścić izolację termiczną, za zwyczaj z twardego styropianu. Kupując styropian do ocieplenia podłogi, należy zwrócić uwagę na opis materiału budowlanego. Poprawnie pod względem izolacyjności jest ułożenie styropianu w dwóch lub trzech warstwach, z przesunięciem miejsc ich styku. Zapobiegnie to powstawaniu mostków termicznych na połączeniach płyt styropianu. Grubość warstwy izolacyjnej należy dobrać tak, aby zachować wysokość użytkową piwnicy oraz w miarę możliwości osiągnąć wartość współczynnika izolacyjności cieplnej  $U$  na poziomie  $0,3 [W/(m^2K)]$ . Izolacyjność cieplna

<sup>5</sup> <https://home.morele.net/poradniki/ocieplenie-poddasza/>



podłogi na gruncie można polepszyć poprzez ułożenie pod materiałem termoizolacyjnym warstwy keramzytu <sup>6</sup>.

### Wymiana okien i drzwi

**Wymiana okien i drzwi w budynku zabytkowym** może być procesem wymagającym uwagi i staranności, aby zachować autentyczność i charakterystyczny wygląd budynku. Oto kilka ważnych kroków do rozważenia przy wymianie okien i drzwi w budynku zabytkowym:

- Badanie regulacji i wymogów prawnych: przed podjęciem jakichkolwiek działań, należy sprawdzić lokalne przepisy dotyczące zabytków i konserwacji, aby dowiedzieć się, jakie są wymogi i ograniczenia dotyczące wymiany okien. W niektórych przypadkach mogą być wymagane zezwolenia i zgody.

- Konsultacja z ekspertem: zatrudnienie doświadczonego architekta lub specjalisty ds. konserwacji zabytków może być niezwykle pomocne. Taki ekspert może ocenić stan istniejących okien i doradzić, czy wymiana jest konieczna, jakie okna powinny zostać zainstalowane, aby zachować autentyczność, oraz jakie materiały i style najlepiej pasują do budynku.

1. Dokładne pomiary i dokumentacja: przed rozpoczęciem wymiany okien ważne jest dokładne zmierzenie istniejących otworów okiennych. Również warto zrobić szczegółowe zdjęcia i prowadzić dokumentację, aby zachować ślad po oryginalnych oknach i ich detali.
2. Wybór odpowiednich okien i drzwi: w przypadku budynków zabytkowych zaleca się wybieranie okien i drzwi o podobnym stylu i charakterze do oryginalnych. Okna mogą być wykonane z drewna, które jest tradycyjnym materiałem używanym w tego typu budowlach. Należy dobrać okna w taki sposób, aby pasowały do stylu i okresu historycznego budynku.
3. Utrzymanie autentyczności: ważne jest zachowanie autentyczności budynku i unikanie modernizacji, które mogą naruszać jego historyczny charakter. Należy zminimalizować wpływ na strukturę budynku i zachować oryginalne detale, takie jak kształt ram, kształt szprosów, zdobienia itp.
4. Kontynuacja konserwacji: po wymianie okien i drzwi istotne jest utrzymanie regularnego programu konserwacji budynku. Regularne czyszczenie, konserwacja drewna i kontrola stanu okien pomogą zachować historyczny wygląd okien i drzwi.

## PAKIET 2 INSTALACYJNY

Tabela.4 Formularze dotyczące pakietu instalacyjnego.

Pakiet 2 instalacyjny			
Formularz 5	Modernizacja systemu wentylacji		O
Formularz 6	Modernizacja systemu wbudowanego	oświetlenia	O*
Formularz 7	System automatyki budynkowej		F

<sup>6</sup> [https://ladnydom.pl/budowa/1,108843,13501220,ile\\_kosztuje\\_ocieplenie\\_podlogi\\_na\\_gruncie\\_\\_cykl\\_Pieniadze.html](https://ladnydom.pl/budowa/1,108843,13501220,ile_kosztuje_ocieplenie_podlogi_na_gruncie__cykl_Pieniadze.html)

Formularz 5

Krok	Działanie	Budynek posiada system wentylacji z rekuperacją	Budynek posiada wentylację grawitacyjną lub mechaniczną bez rekuperacji - Brak zgody konserwatora na poprawę systemu	Budynek posiada wentylację grawitacyjną - Zgoda konserwatora na poprawę systemu	Budynek posiada wentylację mechaniczną bez rekuperacji - Zgoda konserwatora na poprawę systemu
5	Modernizacja systemu wentylacji	brak działań, ewentualny przegląd systemu	brak działań	Wymienić system wentylacji na wentylację mechaniczną z wysokosprawnym odzyskiem ciepła (rekuperacja)	Dołożyć w miarę możliwości technicznych system rekuperacji o wysokim stopniu odzysku ciepła.
Oszczędności zużycia energii na poziomie 20-60% Szacowanie kosztów musi być każdorazowo indywidualne.					
5a	Działania dodatkowe (zalecane): - W istniejących systemach przeprowadzić inspekcję sprawności działania systemów wentylacyjnych. - W miarę możliwości technicznych wyposażyć system wentylacji w automatykę sterującą wielkością dostarczanego powietrza do pomieszczeń. - W miarę możliwości technicznych wyposażyć pomieszczenia w czujniki stężenia CO <sub>2</sub> , które będą połączone z systemem wentylacji. W przypadku wentylacji grawitacyjnej po przekroczeniu dopuszczalnych stężeń CO <sub>2</sub> należy przewietrzyć pomieszczenie.				

**MODERNIZACJA SYSTEMU OŚWIETLENIA WBUDOWANEGO**

Formularz 6

Krok	Działanie	Budynek posiada system oświetlenia LED	Budynek nie posiada systemu oświetlenia LED - Brak zgody konserwatora na wymianę oświetlenia	Budynek nie posiada systemu oświetlenia LED - zgoda konserwatora na wymianę oświetlenia.
6	Modernizacja systemu oświetlenia	brak działań, sprawdzenie, czy wszystkie źródła LED działają	brak działań, przegląd systemu oświetlenia	Należy wymienić istniejące energochłonne źródła światła i w miarę możliwości oprawy na oświetlenie LED.
Oszczędności zużycia energii elektrycznej na poziomie 50-80% w porównaniu ze zwykłymi				

	żarówkami; oszczędności w całym bilansie energetycznym ok. 2-5%. Cena montażu 1 punktu LED 60 – 300 PLN (bez ceny demontażu starego oświetlenia).
6a	Działania dodatkowe (zalecane): - należy wykonać przegląd wszystkich punktów oświetleniowych pod kątem ich działania. - zaleca się zainstalowanie czujników ruchu/obecności osób w pomieszczeniu oraz skorelowanie ich z systemem automatycznego wyłączenia oświetlenia. - zaleca się przeprowadzenie natężenia oświetlenia na stanowiskach przebywania osób i dostosowania natężenia do wymagań normy PN-EN 12464-1 Światło i oświetlenie. Oświetlenie miejsc pracy. Część 1 – miejsca pracy we wnętrzach.

### SYSTEM AUTOMATYKI BUDYNKOWEJ

#### Formularz 7

Krok	Działanie	Budynek posiada kompletny system automatyki budynkowej	Budynek nie posiada systemu automatyki budynkowej - Brak zgody konserwatora na założenie systemu automatyki	Budynek nie posiada systemu automatyki budynkowej - zgoda konserwatora na założenie systemu automatyki
7	Modernizacja systemu automatyki budynkowej	brak działań, sprawdzenie efektywności działania systemu, pod kątem minimalizacji zużycia energii	brak działań,	Należy założyć system automatyki budynkowej na wszystkich możliwych systemach technicznego wyposażenia budynku, według szczegółowego opisu w dalszej części opracowania
	Oszczędności zużycia energii końcowej na poziomie 30-60% System automatyki budynkowej należy wyceniać każdorazowo indywidualnie			
	Działania dodatkowe (zalecane): - System automatyki budynkowej BMS (ang. <i>Building Management System</i> ) – dotyczy obszarów: Ogrzewania, Chłodzenia, Wentylacji, Innych (zużycie wody, praca żaluzji, kontrola dostępu, zużycie ciepła i chłodu w strefach). - Zapewnienie w każdym pomieszczeniu możliwości indywidualnego sterowania oświetleniem i temperaturą. W pomieszczeniach związanych z przemieszczaniem się ludzi tj. korytarzach, garażach, dużych przestrzeniach, magazynach, w toaletach budynków użyteczności publicznej należy stosować czujniki ruchu. - W przypadku, kiedy obiekt wyposażony jest w system automatyki budynkowej należy wykonać przegląd wszystkich procedur i harmonogramów oraz dostosować je do poziomów zapewniających komfort użytkowy oraz minimalizację zużycia energii. - W szczególności należy wyposażyć system wentylacji w automatykę sterującą wielkością dostarczanego powietrza do pomieszczeń. - Automatyczna regulacja ilości powietrza wentylacyjnego w poszczególnych strefach użytkowych budynku powinna działać w oparciu o czujniki CO <sub>2</sub> .			

## OPISY SZCZEGÓŁOWE DO PAKIETU 2 INSTALACYJNEGO

### Modernizacja systemu wentylacji

Wentylacja grawitacyjna odpowiada za bardzo duże straty ciepła, nawet na poziomie 60% bilansu energetycznego. Większość budynków istniejących a w szczególności zabytkowych wybudowano w czasach kiedy nie było na rynku systemów wentylacji mechanicznej. System wentylacji grawitacyjnej to rodzaj naturalnej wentylacji, która opiera się na różnicy temperatury i gęstości powietrza między wnętrzem pomieszczenia a otoczeniem. Działa ona bez użycia wentylatorów lub innych urządzeń mechanicznych. Podstawowym elementem systemu wentylacji grawitacyjnej jest obecność otworów wentylacyjnych umieszczonych na zewnętrznych ścianach budynku oraz wewnętrznych ścianach dzielących pomieszczenia. Te otwory powinny być odpowiednio zaprojektowane i rozmieszczone, aby umożliwić swobodny przepływ powietrza. Ważne jest odpowiednie zaprojektowanie systemu wentylacji grawitacyjnej, aby zapewnić skuteczny przepływ powietrza i zapewnić zdrowe warunki dla mieszkańców lub użytkowników budynku. Otwory wentylacyjne powinny być odpowiednio wymiarowane, a także należy uwzględnić aspekty bezpieczeństwa i ochrony przed owadami czy drobnoustrojami. W przypadku kiedy nie możliwa jest zmiana systemu w obiekcie istniejącym, należy przeprowadzić odpowiednie badania sprawdzające, czy przewody wentylacyjne nie są zatkane oraz czy ilość doprowadzanego powietrza jest zgodna z wymaganiami higienicznymi. Zaleca się zastosowanie w pomieszczeniach czujników stężenia CO<sub>2</sub> i w przypadku przekroczeń należy wietrzyć intensywnie pomieszczenia.

**Jeśli jest to możliwe, należy potraktować jako działania obligatoryjne przejście z niekontrolowanego systemu wentylacji grawitacyjnej na system wentylacji mechanicznej z wysokosprawnym odzyskiem ciepła (rekuperacją).**

**Wentylacja mechaniczna**, znana również jako mechaniczna wentylacja kontrolowana, to system wentylacyjny, który zapewnia wymianę powietrza w pomieszczeniach za pomocą wentylatorów i innych urządzeń mechanicznych. Jest stosowana w celu utrzymania odpowiedniego poziomu świeżego powietrza i usuwania zanieczyszczeń z pomieszczeń.

Główne zalety wentylacji mechanicznej to:

1. Kontrola jakości powietrza: systemy wentylacyjne mogą filtrować powietrze, usuwając zanieczyszczenia, takie jak kurz, pyłki, grzyby, bakterie czy alergen, co przyczynia się do poprawy jakości powietrza wewnętrznego.
2. Efektywność energetyczna: nowoczesne systemy wentylacyjne są projektowane w taki sposób, aby były bardziej efektywne pod względem zużycia energii. Wprowadzane są innowacje technologiczne, takie jak odzyskiwanie ciepła z wyprowadzanego powietrza, co pozwala zmniejszyć straty energii i obniżyć koszty eksploatacji.
3. Kontrola wilgotności: niektóre systemy wentylacyjne mogą być wyposażone w funkcje kontroli wilgotności, co jest szczególnie istotne w pomieszczeniach, gdzie wilgotność może prowadzić do problemów z pleśnią i grzybami.
4. Komfort termiczny: wentylacja mechaniczna może przyczynić się do zapewnienia odpowiedniej temperatury w pomieszczeniach poprzez wymianę powietrza i cyrkulację.

5. Eliminacja zapachów: systemy wentylacyjne mogą pomagać w usuwaniu nieprzyjemnych zapachów, np. z kuchni czy łazienek, poprawiając komfort użytkowników.

Wentylacja mechaniczna może być stosowana w różnych typach budynków, w tym w domach jednorodzinnych, mieszkaniach, biurach, szkołach, szpitalach i innych obiektach użyteczności publicznej. Istnieje wiele różnych rodzajów systemów wentylacyjnych, takich jak wentylacja mechaniczna z **odzyskiem ciepła (rekuperacja)** lub bez odzysku ciepła (wentylacja mechaniczna bez rekuperacji), a wybór odpowiedniego systemu zależy od indywidualnych potrzeb i warunków budynku. Systemy odzysku ciepła z systemów wentylacji mechanicznej mają deklarowaną sprawność nawet do 90%. Oznacza to, że aż 90% ciepła, które byłoby tracone przez system wentylacji może zostać ponownie wykorzystane.

### Modernizacja systemu oświetlenia wbudowanego

Wymiana tradycyjnego oświetlenia na oświetlenie LED może przynieść znaczne oszczędności energii i kosztów. Oświetlenie LED charakteryzuje się wyższą efektywnością energetyczną i dłuższą żywotnością w porównaniu do tradycyjnych żarówek.

Oto kilka korzyści związanych z wymianą oświetlenia na LED:

1. Oszczędności energii: Żarówki LED zużywają znacznie mniej energii niż tradycyjne żarówki. **Zwykle oszczędności wynoszą od 50% do nawet 80% w porównaniu do żarówek żarowych.** Dzięki temu zmniejsza się zużycie energii elektrycznej i obniża rachunek za prąd.
2. Dłuższa żywotność: Żarówki LED mają znacznie dłuższą żywotność niż tradycyjne żarówki. Standardowe żarówki mogą wytrzymać od 1 000 do 2 000 godzin, podczas gdy żarówki LED mogą świecić nawet do 25 000 godzin. Dłuższa żywotność oznacza mniej częstych wymian żarówek i niższe koszty związane z ich zakupem i konserwacją.
3. Mniejsze koszty eksploatacyjne: Ze względu na dłuższą żywotność i niższe zużycie energii, oświetlenie LED wymaga mniej konserwacji i napraw w porównaniu do tradycyjnego oświetlenia. To przekłada się na zmniejszenie kosztów eksploatacyjnych na dłuższą metę.
4. Ekologiczne: Oświetlenie LED jest bardziej przyjazne dla środowiska. Zużywa mniej energii, co przekłada się na mniejsze emisje dwutlenku węgla. Ponadto, w przeciwieństwie do tradycyjnych żarówek, nie zawiera substancji toksycznych, takich jak rtęć.
5. Lepsza jakość światła: Oświetlenie LED oferuje lepszą jakość światła i większą kontrolę nad kierunkiem rozsyłu światła. Można dostosować barwę i jasność światła do indywidualnych preferencji, co pozwala stworzyć odpowiednie warunki oświetleniowe w różnych przestrzeniach.

### System automatyki budynkowej

W zakresie systemów automatyki instalacji technicznych należy stosować się do normy, nie można zastosować do budynku standardowego podejścia opartego na wytycznych normy PN-EN 15232:2017, która bardzo precyzyjnie definiuje, jakie warunki powinny spełniać

instalacje techniczne i układy sterowania tymi instalacjami, aby zapewnić maksymalny wpływ automatyki na efektywność energetyczną budynku. Tym niemniej można zastosować zalecenia normy w takich przypadkach, w których nie będą one generować kolizji z podstawowymi funkcjami budynku w szczególności zabytkowego i nie będą naruszać uwarunkowań dotyczących budynku jako zabytku o szczególnej wartości historycznej i kulturowej. Zgodnie z normą systemy automatyki i sterowania instalacjami technicznymi budynku mogą maksymalnie wpływać na ograniczenie zużycia energii przez budynek w przypadku, gdy dostarczanie energii do utrzymania parametrów komfortu w każdym pomieszczeniu budynku jest ściśle uzależnione od rzeczywistego zapotrzebowania na energię w tym pomieszczeniu.

Należy podkreślić, że wpływ automatyki na efektywność energetyczną budynku jest całkowicie uzależniony od rozwiązań zastosowanych w instalacjach technicznych. Aby automatyka mogła skutecznie wpływać na efektywność energetyczną budynku, instalacje techniczne muszą być wyposażone w elementy nastawcze przy wszystkich odbiornikach energii oraz źródłach i kluczowych elementach systemów dystrybucji energii w budynku (np. w przypadku ogrzewania – to zawory przy grzejnikach C.O.). Automatyka może wpływać na efektywność energetyczną budynku właśnie przez te elementy nastawcze, które są elementami instalacji technologicznych i powinny być zaprojektowane (dobrane) przez projektantów branżowych w ramach projektów modernizacji instalacji technicznych budynku.

Zgodnie z normą PN-EN 15323 największy wpływ automatyki na efektywność energetyczną budynku można osiągnąć poprzez lokalne, indywidualne sterowanie każdym odbiornikiem energii w pomieszczeniach w zależności od rzeczywistego, miejscowego zapotrzebowania na energię. Jest to tzw. sterowanie wg zapotrzebowania. System automatyki i sterowania zużyciem energii przez budynek powinien identyfikować rzeczywiste zapotrzebowanie na różne formy energii w poszczególnych pomieszczeniach budynku, bilansować na bieżąco te zapotrzebowania i sterować źródłami energii w taki sposób, aby dostosowywać wydajność emiterów energii (odbiorników) w poszczególnych pomieszczeniach do rzeczywistego zapotrzebowania, dodatkowo wybierając źródła energii do zasilania emiterów o największej sprawności w danym czasie.

Należy zwrócić uwagę, że w celu minimalizacji zużycia energii przez budynek koniecznym jest integracja sterowania wszystkimi stosowanymi w budynku źródłami energii oraz wszystkimi odbiornikami (emiterami) energii w pomieszczeniach, w tym

1. Instalacją ogrzewania wodnego CO,
2. Instalacją ciepłej wody użytkowej CWU,
3. Instalacją wentylacji i klimatyzacji z odzyskiem ciepła,
4. Instalacją oświetlenia.

Dodatkowo warto zastosować następujące rozwiązania z zakresu automatyki:

5. Instalację osłon przeciwsłonecznych wewnętrznych (do rozważenia – osłony przeciwsłoneczne w lecie pozwalają na ochronę przed przegrzewaniem pomieszczeń od strony południowej, a w przypadku zastosowania klimatyzacji zmniejszają zapotrzebowanie na energię potrzebną do chłodzenia pomieszczeń, natomiast

w zimie ograniczają wychładzanie pomieszczeń, co skutkuje zmniejszeniem zapotrzebowania na energię do ogrzewania budynku) oraz

6. System zarządzania instalacjami technicznymi budynku (koniecznie – w celu sterowania doborem źródeł energii i dynamicznym sterowaniem zużyciem energii w poszczególnych pomieszczeniach w zależności od harmonogramów i rzeczywistego zapotrzebowania).

W każdej z instalacji 1 – 4 możemy wyróżnić trzy ogólne składniki: źródła energii wraz z magazynami energii, system dystrybucji energii lub mediów grzewczych oraz odbiorniki (emitery) energii w poszczególnych pomieszczeniach budynku.

#### **Wymagania dotyczące automatyki:**

1. Należy zadbać o wybór wszelkich rozwiązań technicznych i programistycznych, które spełniają wymagania otwartości systemu. Systemy otwarte, to takie systemy, które nie uzależniają Inwestora od dostawców i wykonawców w okresie eksploatacji budynku i nie ograniczają możliwości ingerencji Inwestora w system na każdym etapie projektowania i użytkowania obiektu. Systemy otwarte umożliwiają wybór i łączenie produktów spełniających te same wymagania funkcjonalne, pochodzących od różnych producentów. Elementy systemów otwartych spełniają wymagania norm krajowych, europejskich i światowych, właściwych określonym urządzeniom technicznym i oprogramowaniu.
2. W szczególności należy zadbać o jednolity, popularny w branży budowlanej i eksploatacji budynków, standard komunikacyjny dla wszystkich sterowników lokalnych dostarczanych jako sterowniki instalacji technicznych i technologicznych już w zakresie standardowego projektu wykonawczego.
3. Należy również zaprojektować infrastrukturę sieci sterującej budynku, oddzieloną od sieci komputerowej budynku, która umożliwi połączenie wszystkich sterowników lokalnych w zintegrowaną sieć sterującą, współpracującą z systemem zarządzania instalacjami technicznymi budynku. Sieć sterująca może być zrealizowana na bazie klasycznej sieci przewodowej lub Wi-Fi.
4. Należy unikać stosowania urządzeń zasilanych bateryjnie, szczególnie w przypadku czujników parametrów komfortu. W przypadku zastosowania urządzeń zasilanych bateryjnie należy zastosować urządzenia, które na bieżąco monitorują stan baterii i zgłaszają do systemu zarządzania komunikaty o niskim stanie baterii. Należy także wtedy wdrożyć rygorystycznie przestrzeganą procedurę wymiany baterii.
5. W przypadku zastosowania systemu sterowania komfortem i zarządzania źródłami energii należy zapewnić ciągłą, zdalną obsługę takiego systemu z rejestracją działań podjętych przez obsługę w przypadku zgłaszania przez system stanów przed awaryjnych (ostrzeżeń) lub wystąpienia awarii.

### **PAKIET 3 ŹRÓDŁA CIEPŁA/CHŁODU**

Do wypełnienia poniższych formularzy niezbędne jest przeprowadzenie obliczeń energetycznych. Obliczenia takie powinien przeprowadzić doświadczony ekspert – audytor

energetyczny. Wykaz osób uprawnionych do sporządzania świadectw charakterystyki energetycznej można znaleźć na stronach Ministerstwa Rozwoju i Technologii.

Podstawą do obliczeń, będzie przyjęcie możliwych, uzgodnionych z konserwatorem działań z Pakietu 1 i 2. Oraz wiedza na temat systemów technicznego wyposażenia w analizowanym budynku.

**PAKIET 3 POZWOLI NA OKREŚLENIE DLA JAKICH ŹRÓDEŁ CIEPŁA/CHŁODU BUDYNEK MOŻE OSIĄGNĄĆ STANDARD NIEMAL ZERO ENERGETYCZNY.**

Formularz 8. Działania z pakietów 1 i 2 realne do wykonania inwestycje w budynku zabytkowym (zgoda konserwatora)

Krok	Działanie	Stan obecny	Stan planowany (zgoda konserwatora)	Dodatkowe działania
1	Poprawa izolacyjności cieplnej ścian zewnętrznych	Wsp. $U_c =$	Wsp. $U_c =$	...
2	Poprawa izolacyjności cieplnej dachu/stropodachu	Wsp. $U_c =$	Wsp. $U_c =$	...
3	Poprawa izolacyjności cieplnej podłogi na gruncie/ścian fundamentowych	Wsp. $U_c =$	Wsp. $U_c =$	...
4	Poprawa izolacyjności cieplnej okien, drzwi	Wsp. $U_{maxO} =$ Wsp. $U_{maxD} =$	Wsp. $U_{maxO} =$ Wsp. $U_{maxD} =$	... ...
5	Wymiana systemu wentylacji	Opis:	Opis:	...
6	Wymiana systemu oświetlenia	Opis:	Opis:	...
7	Wymiana systemu automatyki	Opis:	Opis:	...
	Obliczenia energetyczne stanu istniejącego z założeniem aktualnego systemu produkcji energii cieplnej i elektrycznej	[kWh/(m <sup>2</sup> rok)] EU = ..... EK = ..... EP = .....	[kWh/(m <sup>2</sup> rok)] EU = ..... EK = ..... EP = .....	Oszczędności energii [%] EU = ..... EK = ..... EP = .....
	Oszczędności zużycia energii: EU = ....% EK = ....% EP = ....%			



Tabela 3. Zadania dla Pakietu 3 Źródła ciepła/chłodu i energii elektrycznej

Pakiet 3 Źródła ciepła/chłodu i energii elektrycznej		
Formularz 8	Wymiana źródła energii cieplnej	O
Formularz 9	Produkcja energii elektrycznej	O
Formularz 10	Magazyny ciepła	F
Formularz 11	Magazyny energii elektrycznej	F

### ŹRÓDŁA CIEPŁA/CHŁODU I ENERGII ELEKTRYCZNEJ

W formularzu 9 i 10 uwzględniono wymianę istniejącego źródła ciepła/chłodu na źródła oparte na Odnawialnych Źródłach Energii:

- pompy ciepła powietrznej
- pompy ciepła gruntowej
- pompy ciepła wodnej
- biomasie
- sieci ciepłowniczej

Rodzaj pompy ciepła należy wybrać w zależności od możliwości zastosowania w danej lokalizacji. Najbardziej wydajne energetycznie są pompy wodne, później gruntowe a następnie powietrzne.

Ścieć ciepłowniczą wzięto pod uwagę, ponieważ coraz więcej elektrociepłowni przechodzi na produkcję energii z odnawialnych źródeł energii.

W kolumnie nr 3 Formularza 9 i 10 uwzględniono produkcję energii elektrycznej z:

- obecnego źródła (sieć energetyczna),
- częściowe pokrycie produkowanej energii odnawialnymi źródłami energii,
- całkowita produkcja energii elektrycznej z odnawialnych źródeł energii (oddawanie energii do sieci/magazyny energii),
- całkowita produkcja energii elektrycznej z odnawialnych źródeł energii (system prosument wirtualny).

W kolumnach 4-6 należy wpisać wyniki analizy: wartości Energii Użytkowej, Energii Końcowej, Energii Pierwotnej. Następnie należy sprawdzić które z wariantów spełniają warunek:

$$EP \leq EP_{\max}$$

przyjmując wartości graniczne  $EP_{\max}$ , dla budynków użyteczności publicznej:

Dla ogrzewania i wentylacji oraz cwu:

$$\Delta EP_{\max H+W} = 190 \text{ [kWh/m}^2\text{rok]} - \text{ budynki użyteczności publicznej - opieki zdrowotnej}$$

$$\Delta EP_{\max H+W} = 45 \text{ [kWh/m}^2\text{rok]} - \text{ budynki użyteczności publicznej - pozostałe}$$

Dla chłodzenia:

$$\Delta EP_c = 25 \cdot A_{f,c}/A_f$$

gdzie:

$A_f$  - powierzchnia pomieszczeń o regulowanej temperaturze powietrza (ogrzewana lub chłodzona), określona zgodnie z przepisami wydanymi na podstawie art. 15 ustawy z dnia 29 sierpnia 2014 r. o charakterystyce energetycznej budynków [ $m^2$ ],

$A_{f,c}$  - powierzchnia pomieszczeń o regulowanej temperaturze powietrza (chłodzona), określona zgodnie z ww. przepisami [ $m^2$ ].

Dla oświetlenia wbudowanego:

dla  $t_0 < 2500$

$$\Delta EP_L = 25$$

dla  $t_0 \geq 2500$

$$\Delta EP_L = 50$$

Całkowita maksymalna wartość EP:

$$EP = EP_{H+W} + \Delta EP_C + \Delta EP_L \text{ [kWh}/(\text{m}^2 \cdot \text{rok})]$$

**W PRZYPADKU  $EP \leq EP_{MAX}$ , MOŻNA UZNAĆ ŻE ANALIZOWANY BUDYNEK OSIĄGNAŁ STANDARD BUDYNKU O NIEMAL ZEROWYM ZAPOTRZEBOWANIU NA ENERGIĘ.**

Formularz 9 i 10

Krok 9,10	Produkcja energii cieplnej	Produkcja energii elektrycznej	EU	EK	EP	Czy $EP \leq EP_{max}$ [kWh/m <sup>2</sup> rok] $EP_{max} = 45$ Lub $190$ [kWh/m <sup>2</sup> rok]*
			[kWh/m <sup>2</sup> rok]			
	Obecne źródło ciepła	Obecne źródło energii elektrycznej				tak/nie
		Obecne źródło energii elektrycznej [%] Panele fotowoltaiczne na miejscu [%]				tak/nie
		Panele fotowoltaiczne na miejscu [100 %]				tak/nie
		Wirtualny prosument [100 %]				Tak/nie
	Biomasa	Obecne źródło energii				tak/nie

		elektrycznej				
		Obecne źródło energii elektrycznej [%] Panele fotowoltaiczne na miejscu [%]				tak/nie
		Panele fotowoltaiczne na miejscu [100 %]				tak/nie
		Wirtualny prosument [100 %]				tak/nie
	Powietrzna pompa ciepła	Obecne źródło energii elektrycznej				tak/nie
		Obecne źródło energii elektrycznej [%] Panele fotowoltaiczne na miejscu [%]				tak/nie
		Panele fotowoltaiczne na miejscu [100 %]				tak/nie
		Wirtualny prosument [100 %]				tak/nie
	Gruntowa pompa ciepła	Obecne źródło energii elektrycznej				tak/nie
		Obecne źródło energii elektrycznej [%] Panele fotowoltaiczne na miejscu [%]				tak/nie
		Panele fotowoltaiczne na miejscu [100 %]				tak/nie
		Wirtualny prosument [100 %]				tak/nie
	Wodna pompa	Obecne źródło				tak/nie

	ciepła	energii elektrycznej					
		Obecne źródło energii elektrycznej [%] Panele fotowoltaiczne na miejscu [%]					tak/nie
		Panele fotowoltaiczne na miejscu [100 %]					tak/nie
		Wirtualny prosument [100 %]					tak/nie
	Sieć ciepłownicza	Obecne źródło energii elektrycznej					tak/nie
		Obecne źródło energii elektrycznej [%] Panele fotowoltaiczne na miejscu [%]					tak/nie
		Panele fotowoltaiczne na miejscu [100 %]					tak/nie
		Wirtualny prosument [100 %]					tak/nie
	Inne	Obecne źródło energii elektrycznej					tak/nie
		Obecne źródło energii elektrycznej [%] Panele fotowoltaiczne na miejscu [%]					tak/nie
		Panele fotowoltaiczne na miejscu [100 %]					tak/nie
		Wirtualny prosument [100 %]					tak/nie

**DOBÓR ŹRÓDEŁ CIEPŁA/CHŁODU I ENERGII ELEKTRYCZNEJ DLA KTÓRYCH WARTOŚĆ EP JEST MNIEJSZA LUB RÓWNA WARTOŚCI EP<sub>MAX</sub> POZWALAJĄ UZYSKAĆ STANDARD BUDYNKU O NIEMAL ZEROWYM ZAPOTRZEBOWANIU NA ENERGIĘ W PRZYPADKU BUDYNKU ZABYTKOWEGO.**

**Formularz 11 Magazyn energii cieplnej**

Krok 11	Budynek posiada magazyn energii cieplnej	Brak możliwości wykonania magazynu energii cieplnej	W otoczeniu budynku istnieje możliwość wykonania magazynu energii cieplnej
	Brak działania	Brak działania	Po dokładnych obliczeniach bilansu energetycznego uwzględniającego wszystkie planowane działania termomodernizacyjne należy zlecić wykonanie magazynu doświadczonemu w tym zakresie projektantowi.
<p>Magazyn ciepła może być zasilany energią cieplną na wiele sposobów:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- kolektory słoneczne</li> <li>- ciepło pozyskiwane z elementów obudowy budynku</li> <li>- energia elektryczna podgrzewająca czynnik magazynujący</li> <li>- inne</li> </ul> <p>Magazyn powinien być zaprojektowany w taki sposób aby możliwe było pokrycie potrzeb ciepłych/chłodniczych w całym roku.</p> <p>Magazyn musi posiadać system automatycznego sterowania przepływami energii cieplnej.</p> <p>Magazyn ciepła powinien być opomiarowany.</p> <p>Cena magazynów ciepła jest aktualnie wysoka, należy zrobić rachunek ekonomicznej opłacalności zastosowania magazynu ciepła.</p>			

**Formularz 12 Magazyn energii elektrycznej**

Krok 12	Budynek posiada magazyn energii elektrycznej	Brak możliwości wykonania magazynu energii elektrycznej	W otoczeniu lub w budynku istnieje możliwość wykonania magazynu energii elektrycznej
	Brak działania	Brak działania	Po dokładnych obliczeniach bilansu energetycznego uwzględniającego wszystkie planowane działania termomodernizacyjne należy zlecić wykonanie magazynu doświadczonemu w tym zakresie projektantowi.
<p>Magazyn energii elektrycznej może być zasilany:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- panele fotowoltaiczne</li> <li>- elementy fotowoltaiczne (szkło PV, dachówki itp.)</li> <li>- samochody elektryczne</li> <li>- inne</li> </ul> <p>Magazyn powinien być zaprojektowany w taki sposób aby możliwe było pokrycie potrzeb</p>			

<p>energii elektrycznej w całym roku. Jako magazyn energii elektrycznej można uznać oddawanie nadprodukcji energii elektrycznej do sieci lub system wirtualnego prosumenta. Magazyn musi posiadać system automatycznego sterowania przepływami energii cieplnej. Magazyn powinien być opomiarowany. Cena magazynów ciepła jest aktualnie wysoka, należy zrobić rachunek ekonomicznej opłacalności zastosowania magazynu energii elektrycznej.</p>
---

## OPIS SZCZEGÓŁOWY PAKIETU 3 - ŹRÓDŁA CIEPŁA/CHŁODU I ENERGII ELEKTRYCZNEJ

### Produkcja energii cieplnej i energii elektrycznej

Produkcja energii elektrycznej i energii cieplnej w znaczący sposób wpływa na wartość wskaźnika nieodnawialnej energii pierwotnej EP. Tylko zastosowanie OZE pozwoli na osiągnięcie standardu budynku o niemal zerowym zapotrzebowaniu na energię (standard nZEB). Zarówno ważne jest źródło energii cieplnej jak i źródło energii elektrycznej.

Jeśli jest możliwość zmiany istniejącego źródła ciepła/chłodu na inne, główne wskazania to:

**Powietrzna pompa ciepła (PPC)** to urządzenie, które wykorzystuje energię zawartą w powietrzu do ogrzewania lub chłodzenia pomieszczeń. Działa na zasadzie odzyskiwania ciepła z otoczenia i przekazywania go do pomieszczenia, lub odwrotnie, w celu chłodzenia.

Korzyścią z użycia powietrznej pompy ciepła jest jej ekologiczny charakter, ponieważ korzysta z odnawialnego źródła energii - powietrza. Nie wymaga również stosowania paliw kopalnych, co przekłada się na niższe koszty eksploatacyjne i mniejsze emisje CO<sub>2</sub>. Pompy ciepła są szeroko stosowane w budownictwie, zarówno w nowych, jak i w istniejących budynkach, w celu zapewnienia efektywnego i ekologicznego ogrzewania oraz chłodzenia.

**Gruntowa pompa ciepła (GPC)** to urządzenie wykorzystujące energię zgromadzoną w gruncie do produkcji ciepła. Działa na zasadzie wymiany ciepła pomiędzy gruntowym źródłem a systemem grzewczym, zapewniając efektywne i ekologiczne ogrzewanie budynków.

Podstawowym składnikiem gruntowej pompy ciepła jest tzw. kolektor gruntowy. Może to być pionowa lub pozioma struktura umieszczona w gruncie, która jest odpowiedzialna za pobieranie energii cieplnej z ziemi. W przypadku kolektora pionowego wykonuje się wierceń, natomiast w przypadku kolektora poziomego zakłada się system rur rozłożonych na większej powierzchni. Rury w kolektorze są wypełnione czynnikiem chłodniczym, który pobiera energię z gruntu.

Gruntowa pompa ciepła jest korzystna, ponieważ energia cieplna zgromadzona w gruncie jest stosunkowo stabilna i dostępna przez cały rok. Ponadto GPC wykorzystuje odnawialne źródło energii, co przyczynia się do redukcji emisji gazów cieplarnianych i ochrony środowiska.

Warto jednak zauważyć, że instalacja gruntowej pompy ciepła może wymagać odpowiedniej przestrzeni i odpowiednich warunków gruntowych. Konieczne jest również prawidłowe zaprojektowanie i dobranie parametrów systemu, aby zapewnić efektywną pracę i osiągnięcie optymalnej wydajności.

**Wodna pompa ciepła (WPC)** to rodzaj pompy ciepła, która wykorzystuje wodę jako źródło energii cieplnej do ogrzewania i chłodzenia. Działa na podobnej zasadzie jak gruntowa pompa ciepła, ale zamiast gruntu, WPC pobiera energię cieplną z wody.

WPC może korzystać z różnych źródeł wody, takich jak jeziora, rzeki, studnie czy nawet wody gruntowe. Woda jest pobierana za pomocą specjalnych wymienników ciepła, które mogą znajdować się pod wodą lub być zanurzone w niej.

Warto jednak pamiętać, że instalacja WPC może wymagać odpowiednich warunków wodnych, takich jak dostęp do odpowiedniej ilości wody o odpowiedniej temperaturze. Dodatkowo, konieczne jest prawidłowe zaprojektowanie i dobranie parametrów systemu w zależności od konkretnych warunków lokalnych i potrzeb budynku.

W tabeli 4 zestawiono podstawowe parametry oraz wady i zalety trzech rodzajów pompy ciepła: powietrznej, gruntowej i wodnej. Ceny podano dla budynku mieszkalnego.

Tabela.4. Porównanie pomp ciepła <sup>7</sup>

Porównanie pomp ciepła			
Rodzaj i koszt pompy	COP w korzystnych warunkach	Zalety	Wady
Powietrzna pompa ciepła 35-50 tys.	3,5	- najniższe koszty - najmniej inwazyjny montaż - dostępność źródła zasilania	- najniższy współczynnik COP - zauważalny spadek wydajności w okresie mrozów
Gruntowa pompa ciepła 50-80 tys. W zależności od ilości odwiertów	4,8	- wysoka wydajność i stabilność źródła ciepła - niskie koszty eksploatacyjne (krótszy okres zwrotu inwestycji)	- konieczność zakopania kolektora na dużej głębokości lub powierzchni - dość wysokie koszty inwestycyjne - obowiązek uzyskania pozwolenia na odwierty powyżej 30 m
Wodna pompa ciepła 40-75 tys.	6,5 dla wód podziemnych, mniejszy dla powierzchniowych	- najwyższa efektywność - bardzo duża wydajność i stabilność temperaturowa źródła	- konieczność budowy co najmniej 2 studni - konieczność zadbania o odpowiednie parametry fizykochemiczne wody

**Piec na biomasę**, zwany również kotłem na biomasę, to urządzenie grzewcze, które wykorzystuje biomasę jako paliwo do produkcji ciepła. Biomasa jest każdy organiczny materiał pochodzenia roślinnego lub zwierzęcego, który może zostać spalony w celu uzyskania energii. Przykłady biomasowych paliw to drewno, trociny, słoma, pellety, gałęzie, odpady rolnicze i wiele innych.

<sup>7</sup> <https://faktyoswiecim.pl/dzieje-sie/styl-zycia/szybkie-porownanie-pomp-ciepla-wszystkie-rodzaje-w-5-minut>

Piece na biomasę mogą być zastosowane po spełnieniu wymagań określonych w uchwałach antysmogowych.

### **Produkcja energii elektrycznej - Panele fotowoltaiczne PV**

Istnieje kilka różnych rodzajów paneli fotowoltaicznych, które różnią się pod względem technologii wykorzystywanej do przetwarzania światła słonecznego na energię elektryczną. Oto kilka popularnych rodzajów paneli fotowoltaicznych.

Panele krzemowe (krzemowe ogniwa fotowoltaiczne): są to najbardziej powszechne panele fotowoltaiczne dostępne na rynku. Wykorzystują one technologię krzemowych ogniw fotowoltaicznych, które składają się z warstw krzemu. Mogą być wykonane z monokrystalicznego, polikrystalicznego lub amorficznego krzemu.

Cienkowarstwowe panele fotowoltaiczne: wykorzystują cienkie warstwy materiałów półprzewodnikowych do przetwarzania światła słonecznego na energię elektryczną. Przykłady to panele z telurem kadmu (CdTe), miedzianym indykiem galem (CIGS) lub organicznymi półprzewodnikami.

Panele wieloogniowe: składają się z różnych ogniw fotowoltaicznych, które są połączone razem w jeden moduł. Może to obejmować kombinację różnych technologii, takich jak krzemowe ogniwa i cienkowarstwowe ogniwa. Celem jest zwiększenie wydajności paneli poprzez wykorzystanie różnych materiałów o różnych właściwościach absorpcji światła.

Panele koncentrujące: wykorzystują soczewki lub zwierciadła do skupiania światła słonecznego na małej powierzchni fotowoltaicznej. Dzięki temu można zmniejszyć ilość wymaganego materiału półprzewodnikowego i zwiększyć wydajność konwersji energii.

Warto zauważyć, że technologia paneli fotowoltaicznych stale się rozwija, a nowe rodzaje paneli mogą pojawiać się na rynku w przyszłości.

### **Wirtualny prosument**

Nowelizacja ustawy o OZE z 2021 r. wprowadziła szereg zmian i rozwiązań w sektorze odnawialnych źródeł energii. Pojawił się między innymi nowy typ uczestnika rynku energii odnawialnej – prosument wirtualny.

Szczegółową definicję prosumenta wirtualnego określa ustawa o OZE (Odnawialnych Źródłach Energii). Zgodnie z jej brzmieniem prosument wirtualny to „odbiorca końcowy wytwarzający energię elektryczną wyłącznie z odnawialnych źródeł energii na własne potrzeby w instalacji odnawialnego źródła energii przyłączonej do sieci dystrybucyjnej elektroenergetycznej w innym miejscu niż miejsce dostarczania energii elektrycznej do tego odbiorcy, która jednocześnie nie jest przyłączona do sieci dystrybucyjnej elektroenergetycznej za pośrednictwem wewnętrznej instalacji elektrycznej budynku wielolokalowego, pod warunkiem że w przypadku odbiorcy końcowego niebędącego odbiorcą energii elektrycznej w gospodarstwie domowym, wytwarzanie to nie stanowi ponadto przedmiotu przeważającej działalności gospodarczej”.

Wirtualny prosument, to system pozwalający na wytwarzanie energii elektrycznej poza miejscem, w którym zużywana jest energia. Często powodem rezygnacji z inwestowania



w fotowoltaikę jest zbyt mała powierzchnia dachu. Teraz nie będzie to już problemem, ponieważ inwestycja może znajdować się poza miejscem, w którym zużywana jest energia. Maksymalna moc wytwórcza przypisana do jednego punktu poboru nie może być wyższa niż 50 kW.

Z przepisów dotyczących wirtualnego prosumenta obecnie mogą skorzystać m.in.:

- spółdzielnie mieszkaniowe, wspólnoty mieszkaniowe;
- deweloperzy;
- zarządcy i właściciele biurów;
- administratorzy obiektów sakralnych;

### **Magazyny energii cieplnej**

Magazyny energii cieplnej, czasem nazywane również magazynami ciepła, to systemy lub urządzenia służące do gromadzenia i przechowywania energii w postaci ciepła. Mają one na celu umożliwienie przechowywania nadmiaru energii cieplnej w celu wykorzystania jej w późniejszym czasie, gdy jest potrzebna.

Istnieje kilka różnych rodzajów magazynów energii cieplnej, z których każdy ma swoje własne cechy i zastosowania. Oto kilka przykładów:

**Magazyny wodne:** woda jest powszechnie stosowana jako nośnik energii cieplnej w magazynach ciepła. W tego typu magazynach energia jest przechowywana w postaci podgrzanej wody lub wody zamrożonej (magazyny zimna). Przechowuje się ją w zbiornikach lub w specjalnych układach rur, które magazynują ciepło.

**Magazyny gruntowe:** wykorzystują one właściwości termiczne gleby, aby przechowywać energię cieplną. Magazyny gruntowe wykorzystują różnicę temperatury między powierzchnią ziemi a głębszymi warstwami, aby przechowywać energię w podłożu. Przykładowo, ciepło może być zgromadzone w ziemi latem i wykorzystane zimą.

**Magazyny kamienne:** Wykorzystujące właściwości termiczne kamienia lub skał. Przechowują ciepło w postaci nagrzanego kamienia lub skały, a następnie wykorzystują je do ogrzewania pomieszczeń w późniejszym czasie.

**Magazyny fazowe:** Wykorzystują zmiany fazowe substancji, takie jak przemiana wody w parę lub kondensacja pary wodnej, do przechowywania energii cieplnej. Energia jest pobierana lub oddawana podczas tych procesów fazowych.

Magazyny energii cieplnej są coraz częściej wykorzystywane w systemach zrównoważonego rozwoju i odnawialnych źródeł energii. Pozwalają one na magazynowanie nadmiaru energii cieplnej, która może być wykorzystana w okresach niskiego zapotrzebowania lub w chłodniejszych porach roku, co przyczynia się do bardziej efektywnego wykorzystania energii i ograniczenia emisji gazów cieplarnianych.

### **Magazyny energii elektrycznej**

Magazyny energii elektrycznej, znane również jako systemy magazynowania energii, to technologie służące do przechowywania energii elektrycznej w celu wykorzystania jej

w późniejszym czasie. Magazyny energii elektrycznej są ważnym elementem w rozwoju systemów energetyki odnawialnej oraz w zarządzaniu energią.

Istnieje kilka różnych typów magazynów energii elektrycznej, z których każdy ma swoje własne zastosowanie i charakterystyki. Oto kilka przykładów:

1. Akumulatory: są najbardziej popularnym i rozpowszechnionym typem magazynów energii elektrycznej. Wykorzystują procesy elektrochemiczne do przechowywania i uwalniania energii elektrycznej. Akumulatory są stosowane w różnych aplikacjach, takich jak samochody elektryczne, systemy zasilania awaryjnego, magazyny energii domowych itp.
2. Pompy wodne: systemy pomp wodnych wykorzystują nadmiar energii elektrycznej do pompowania wody do wyższego poziomu, a następnie uwalniają ją, gdy jest potrzebna dodatkowa energia. W czasie niskiego zapotrzebowania na energię elektrownia przepompowuje wodę z niższego poziomu do wyższego, a w czasie wysokiego zapotrzebowania woda spada z powrotem na niższy poziom, napędzając turbiny i generując energię elektryczną.
3. Superkondensatory: znane również jako kondensatory elektryczne o dużej pojemności, mogą przechowywać i uwalniać energię elektryczną w bardzo krótkim czasie. Mają zdolność do szybkiego ładowania i rozładowywania, co czyni je idealnymi do zastosowań, które wymagają dużych ilości energii w krótkim czasie, takich jak magazyny energii dla pojazdów elektrycznych, systemy odzyskiwania energii hamowania, systemy zasilania awaryjnego itp.
4. Magazyny energii termicznej: magazyny energii termicznej wykorzystują ciepło do magazynowania energii elektrycznej. Na przykład, w systemie magazynu energii termicznej, energia elektryczna może być używana do ogrzewania substancji, takiej jak woda lub beton, a następnie to ciepło może być magazynowane i wykorzystane do produkcji energii w późniejszym czasie.

#### PAKIET 4 BADANIA „IN SITU”

Tabela 4. Działania dla Pakietu 4. „Badania „in situ”.

Pakiet 4 Badania „in situ”		
Formularz 12	Komfort użytkowy	0
Formularz 13	Dodatkowe badania „in situ”	0

#### Formularz 13 Komfort użytkowy

Zaleca się wykonanie badań dotyczących komfortu użytkowania, ponieważ często można zdiagnozować i poprawić warunki komfortu użytkowników, mieszkańców czy pracowników. Ma to pozytywny wpływ na zdrowie i samopoczucie ludzi a także na poziom wykonywanej pracy i zadowolenie z niej.

Rodzaj komfortu	Badania „in situ” zgodne z normą	Wartości dopuszczalne	Czy w czasie badania osiągnięto bezpieczny poziom komfortu
Komfort cieplny	PN-EN 16798-1:2019	$-0,5 \leq PMV \leq +0,5$ $PPD \leq 10$	tak/nie
Komfort oświetleniowy	PN-EN 16798-1:2019 PN-EN – 12464 – 1	Podano w normie, zależny od funkcji pomieszczenia	tak/nie
Komfort akustyczny	PN-EN 16798-1:2019	Podano w normie, zależny od funkcji pomieszczenia	tak/nie
Jakość powietrza – zalecane stężenia TVOC	PN-EN 15323	200 – 300 $\mu\text{g}/\text{m}^3$	tak/nie
Jakość powietrza – nawiew powietrza wentylacyjnego	PN-EN 16798-3:2019	SUP 2 – nawiew powietrza o niskiej koncentracji zanieczyszczeń.	tak/nie

#### Formularz 14 Dodatkowe badania „in situ”



Zaleca się wykonanie badań „in situ” mających wpływ na efektywność energetyczną oraz komfort użytkowników. Są to: badanie szczelności obudowy budynku na przenikanie powietrzne oraz badania termowizyjne. Badania te pomogą zlokalizować słabe miejsca w obudowie budynku, przez które tracimy ciepło.

Formularz 13. Wykaz badań „in situ”

Rodzaj badania „in situ”	Badania „in situ” zgodne z normą/urządzenie badawcze	Wartości dopuszczalne	Czy w czasie badania osiągnięto wartość dopuszczalną
Szczelność obudowy budynku	PN-EN 13829/system blower door	$n_{50} \leq 3,0$ [1/h] budynki z wentylacją grawitacyjną $n_{50} \leq 1,5$ [1/h] budynki z wentylacją mechaniczną $n_{50} \leq 3,0$ [1/h] budynki w standardzie pasywnym	tak/nie
Badanie termowizyjne	PN-EN 13187/kamera termowizyjna	Minimalizacja mostków termicznych	tak/nie
<p>Uwagi: Przy przekroczeniu wartości dopuszczalnych warunków komfortu użytkowania pomieszczeń należy dołożyć wszelkich starań aby poprawić komfort możliwymi i dostępnymi środkami. Na przykład nieszczelności w obudowie budynku po zlokalizowaniu należy uszczelnić, działanie takie z pewnością poprawi komfort cieplny. Działania, które pomogą poprawić komfort akustyczny, to zastosowanie różnego rodzaju podkładek akustycznych, paneli wygłuszających itp.</p>			

### SZCZEGÓŁOWY OPIS BADAŃ „IN SITU”

Komfort użytkowania obiektów jest sprawą nadrzędną dla użytkowników. Nie należy go pomijać przy planowaniu działań termomodernizacyjnych. Wśród wielu aspektów komfortu możemy wymienić te które zaprezentowano na rysunku 1. Bardzo ważny i odczuwalny jest komfort cieplny. To czy czujemy gorąco czy chłód wpływa na nasze samopoczucie. Jednak inne aspekty naszego komfortu również wpływają na nasze odczucia. Warto wspomnieć o komforcie akustycznym czy oświetleniowym. Jak przeprowadzić badania komfortu użytkowania w budynku stanowią odpowiednie normy zestawione w tabeli 9. Wskazane jest wykonanie takich badań, ponieważ mogą one w znaczący sposób poprawić zadowolenie użytkowników, ich komfort pracy a nawet aspekty zdrowotne.

#### Wpływ szczelności na zużycie energii w budynkach.

Zgodnie z rozporządzeniem Ministra Infrastruktury w sprawie warunków technicznych jakim powinny odpowiadać budynki i ich usytuowanie:

*„W budynku mieszkalnym, zamieszkania zbiorowego, budynku użyteczności publicznej, a także w budynku produkcyjnym przegrody zewnętrzne nieprzezroczyste, złącza między przegrodami i częściami przegród oraz połączenia okien z ościeżkami należy projektować i wykonywać pod kątem osiągnięcia ich całkowitej szczelności na przenikanie powietrza”.*

Konsekwencje niskiej szczelności obudowy:

- niekontrolowany przepływ powietrza przez szczeliny i pęknięcia w przegrodach
- międzywarstwowa kondensacja pary wodnej
- grzyby pleśniowe i szkody budowlane
- pogorszenie izolacyjności cieplnej i trwałości przegrody

- obniżenie jakości środowiska wewnętrznego: lokalne przeciągi i zwiększone straty ciepła związane z podgrzewaniem powietrza infiltrującego
- zaburzenia w pracy systemów wentylacji mechanicznej z odzyskiem ciepła
- dodatkowe straty ciepła mają znaczący wpływ na charakterystykę energetyczną budynku
- brak możliwości osiągnięcia oczekiwanego standardu energetycznego pomimo zastosowania systemu wentylacji mechanicznej z odzyskiem ciepła

**Test szczelności** (z angielskiego blower door test) to badanie, które w sposób nieniszczący pozwala na wyznaczenie współczynnika  $n_{50}$ , oraz na zlokalizowanie miejsc, którymi ucieka energia cieplna. Polega na wytworzeniu różnicy ciśnień pomiędzy wnętrzem budynku, a jego otoczeniem. Test można wykonać o każdej porze roku, najlepiej przeprowadzić go w trakcie budowy na etapie stanu surowego zamkniętego, co pozwoli nam w najmniej kosztowny sposób poprawić szczelność powietrzną budynku. Badanie wykonujemy zgodnie z polską normą PN-EN 13829.

#### Zalety szczelności powietrznej powłoki budynku:

- zapobieganie kondensacji pary wodnej w konstrukcji budynku i związanym z tym przeszkodom,
- oszczędność energii – zapewnienie prawidłowego działania ocieplenia zewnętrznych przegród budowlanych oraz obniżenie strat ciepła przez wentylacje,
- podwyższony komfort mieszkalnym - zimne powietrze wchodzące przez szczeliny prowadzi do przeciągów, warstwa zimnego powietrza jest przyczyną zimnych stóp i nieprzyjemnego pionowego wyrównania temperatury w poszczególnych pomieszczeniach i całym budynku,
- jakość powietrza – możliwy staje się kierowany przepływ powietrza; podstawa do funkcjonowania i efektywności systemu wentylacyjnego,
- izolacja akustyczna zewnętrznych przegród budowlanych - każdy przeciek pogarsza izolację akustyczną powietrzną. Dobra szczelność jest zatem częścią koncepcji izolacji akustycznej,
- podstawa do poprawnie funkcjonującego systemu wentylacyjnego i odzysku ciepła - w przypadku wycieków powietrze jest wymieniane przez wiatr lub termikę, które są bardzo zależne od warunków pogodowych. Nadmierne zmiany powietrza zachodzą, gdy nie są potrzebne: przy silnym wietrze i przy bardzo zimnej pogodzie.

Wpływ strat ciepła zlokalizowanych dzięki badaniom termowizyjnym na zużycie energii w budynkach.

Badania termowizyjne pozwalają na detekcję strat ciepła w budynku. Obraz termowizyjny może być wykonywany od wnętrza oraz od strony zewnętrznej obiektu. W termogramach widoczne są mapy obrazujące promieniowanie cieplne, przeliczone na temperatury na powierzchni elementów budowlanych. Dzięki temu możemy wykryć miejsca strat ciepła tzw. mostki termiczne. Wykonując badanie termowizyjne wspólnie z badaniem szczelności obudowy budynku, łatwiej jest wykryć nieszczelności na przykład montażu okien czy drzwi.

## PAKIET 5 ELEMENTY DODATKOWE

Pakiet 5 Elementy dodatkowe		
Formularz 14	Woda deszczowa	F
Formularz 15	Woda szara	F
Formularz 16	Zagospodarowanie odpadów	F
Formularz 17	Błękitno-zielona infrastruktura	F
Formularz 18	Edukacja ekologiczna	O

### Formularz 15 Woda deszczowa

Krok 15	Budynek posiada system zagospodarowania wody deszczowej	Brak możliwości wykonania systemu zagospodarowania wody deszczowej	W otoczeniu budynku istnieje możliwość zagospodarowania wody deszczowej
	Brak działania	Brak działania	<p>Po dokładnych obliczeniach możliwej do pozyskania ilości wody deszczowej z połaci dachu, należy w miarę możliwości rozważyć zastosowanie systemów:</p> <p><b>System gromadzenia wody dla potrzeb instalacji wewnętrznych i podlewania zieleni</b></p> <p><b>Stosowanie rozwiązań błękitno-zielonej infrastruktury, np.:</b> zbiorniki retencyjne, ogrody deszczowe, niecki (obniżenia terenu, detencja), drzewa z konstrukcją retencyjną/skrzynią korzeniową, muldy (trawiaste, chłonno-retencyjne), zielone dachy, zielone ściany</p> <p><b>Stosowanie podziemnych zbiorników opóźniających odpływ do kanalizacji oraz urządzeń infiltrujących wody opadowe:</b></p> <p>studnie chłonne skrzynki rozsączeniowe, komory drenażowe, rowy infiltracyjne bez nasadzeń</p> <p><b>Stosowanie nawierzchni przepuszczalnych na parkingach</b> o powierzchni do 0,1 ha (z wyłączeniem miejsc dla osób niepełnosprawnych)</p> <p><b>Stosowanie zielonej infrastruktury (poprzedzonej separatorem) dla spływów z dróg i parkingów</b> o powierzchni powyżej 0,1 ha</p>
<p>Do podlewania terenów zielonych nie powinna być używana woda z sieci wodociągowej a woda, którą można pozyskać z deszczówki.</p> <p>Wody opadowe z ciągów pieszych powinny być kierowane na tereny zielone lub do urządzeń błękitno-zielonej infrastruktury towarzyszącej parkingom i drogom.</p>			

#### Formularz 16 Woda szara

<b>Krok 16</b>	<b>Budynek posiada system zagospodarowania wody szarej</b>	<b>Brak możliwości wykonania systemu zagospodarowania wody szarej</b>	<b>W otoczeniu budynku i budynku istnieje możliwość zagospodarowania wody szarej</b>
	Brak działania	Brak działania	Po dokładnych obliczeniach możliwej do pozyskania ilości wody szarej, należy w miarę możliwości rozważyć zastosowanie systemów (po procesie uzdatnienia wody szarej): Toalety, pisuary spłukiwane z regulacją spłukiwania. Zastosowanie odzysku ciepła z ciepłej wody użytkowej. Podlewanie zieleni.
	Zaleca się zastosowanie rozwiązań ograniczających zużycie wody: baterie z perlatozem, baterie jednouchwytowe, ograniczniki przepływu. Zaleca się zastosowanie zaawansowanych rozwiązań ograniczających zużycie wody: bezdotykowe, baterie czasowe, termostatyczne. Zaleca się zastosowanie sprzętu AGD z funkcją optymalizacji objętości zużywanej wody.		

#### Formularz 17 Zagospodarowanie odpadów

<b>Krok 17</b>	<b>Budynek posiada system zagospodarowania odpadów</b>	<b>Brak możliwości wykonania systemu zagospodarowania odpadów</b>	<b>W otoczeniu budynku i budynku istnieje możliwość zagospodarowania odpadów</b>
	Brak działania	Brak działania	Należy w miarę możliwości rozważyć zastosowanie systemów zagospodarowania odpadów: - segregacje odpadów - zmniejszaniu ilości odpadów generowanych na różnych etapach procesów, na przykład poprzez poprawę efektywności produkcji, minimalizację zużycia surowców - przetwarzanie i recykling - kompostowanie - składowanie

#### Formularz 18 Błękitno zielona architektura

<b>Krok 18</b>	<b>Budynek posiada elementy błękitno-zielonej architektury</b>	<b>Brak możliwości wykonania elementów błękitno-zielonej architektury</b>	<b>W otoczeniu budynku istnieje możliwość wykonania elementów błękitno-zielonej architektury</b>
	Brak działania	Brak działania	Po dokładnych analizach terenu wokół budynku

			<p>w miarę możliwości rozważyć zastosowanie:</p> <p><b>Zielonych dachów</b></p> <p><b>Zielonych ścian</b></p> <p><b>Wprowadzenie elementów wodnych typu: ogrody deszczowe, fontanny, otwarte zbiorniki itp.</b></p>
--	--	--	---

#### Formularz 19 Edukacja ekologiczna

Krok 19	Edukacja ekologiczna
	<p>Zaleca się:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- przeprowadzanie szkoleń/warsztatów informacyjnych na temat zrównoważonego rozwoju i neutralności klimatycznej.</li> <li>- wydawania ulotek i opracowań w tematach.</li> <li>- w razie podejmowania działań w budynkach, jeśli jest to możliwe należy pozostawiać elementy dla edukacji (na przykład odsłonięte systemy efektywności energetycznej, działanie pomp ciepła, paneli fotowoltaicznych prezentowane w postaci wizualizacji).</li> <li>- należy zwracać uwagę na infrastrukturę zielono-błękitną na przykład poprzez organizację placów zabaw w otoczeniu infrastruktury zielono-błękitnej.</li> <li>- zaleca się organizację miejsc przebywania ludzi w otoczeniu infrastruktury zielono-błękitnej (na przykład ławki, miejsca spotkań itp).</li> </ul>

#### SZCZEGÓŁOWY OPIS PAKIETU 5 ELEMENTY DODATKOWE

Zagospodarowanie wody opadowej z dachów budynków, wodę opadową można stosować do: spłukiwania toalet, podlewania zieleni, prac porządkowych, urządzeń infiltracyjnych takich jak studnie chłonne, podziemne zbiorniki opóźniające odpływ do kanalizacji. Podziemne zbiorniki opóźniające odpływ do kanalizacji oraz urządzenia infiltrujące takie jak studnie czy skrzynki chłonne mogą mieć charakter wspomagający, ich udział i znaczenie wzrasta w przypadku ograniczonej powierzchni terenów zielonych i możliwości zastosowania zielonej infrastruktury.

Stosowanie nawierzchni przepuszczalnych na parkingach może być zastosowane dla budowanych i modernizowanych parkingów z wyłączeniem miejsc parkingowych dla osób z niepełnosprawnościami. Wody opadowe spływające z powierzchni parkingowych powinny być kierowane na tereny zielone.

Ogrody deszczowe, znane również jako ogrody deszczowe lub ogrody zatrzymujące wodę, to projektowane obszary, które mają na celu gromadzenie i zatrzymywanie wody deszczowej. Są one często wykorzystywane jako metoda zrównoważonego gospodarowania wodą, zwłaszcza w obszarach o wysokim nasyceniu i ryzyku powodziowym.

Głównym celem ogrodów deszczowych jest redukcja spływu powierzchniowego, czyli odprowadzania wody deszczowej z powierzchni terenu bezpośrednio do kanalizacji lub cieków wodnych. Zamiast tego, woda jest gromadzona i zatrzymywana na terenie ogrodu deszczowego, gdzie może być później wchłaniana przez rośliny lub powoli uwalniana do kanalizacji lub cieków wodnych.



Ogrody deszczowe mogą mieć różne formy i rozmiary, w zależności od dostępnego miejsca i lokalnych warunków. Mogą być to np. rozległe zielone obszary z szerokimi pasami traw, rabatami kwiatowymi i roślinnością o głębokich korzeniach, które pomagają wchłaniać wodę. Inne projekty mogą obejmować specjalne pojemniki lub zbiorniki wodne, które gromadzą deszczówkę, a następnie są wykorzystywane do podlewania roślin w czasach suszy.

Korzyści wynikające z ogrodów deszczowych są liczne. Przede wszystkim przyczyniają się one do zmniejszenia ryzyka powodziowego, ponieważ zmniejszają spływ powierzchniowy w okresach intensywnych opadów. Ponadto, ogrody deszczowe wspierają ochronę środowiska, poprawiają jakość wód poprzez retencję zanieczyszczeń i składników odżywczych, oraz tworzą przyjazne dla różnorodności ekosystemy, które mogą być siedliskiem dla ptaków, owadów i innych organizmów. Popularyzacja tej technologii przyczynia się do bardziej zrównoważonego wykorzystywania zasobów wodnych i minimalizacji negatywnego wpływu na środowisko naturalne.

**Woda szara** to termin odnoszący się do używanej wody pochodzącej z różnych źródeł, takich jak prysznice, umywalki, pralki itp., która nie jest silnie zanieczyszczona ściekami. Zagospodarowanie wody szarej odgrywa istotną rolę w zrównoważonym zarządzaniu zasobami wodnymi i może pomóc w oszczędzaniu wody pitnej. Oto kilka sposobów, w jakie można zagospodarować wodę szarą:

1. Systemy retencji i filtracji: woda szara może być zbierana i poddana procesowi retencji, a następnie przefiltrowana przez różne systemy filtracyjne. Filtry mogą usuwać zanieczyszczenia, takie jak resztki mydła, włosy i inne cząstki. Po odpowiednim oczyszczeniu woda może być wykorzystana do innych celów, na przykład do podlewania ogrodu czy spłukiwania toalety.
2. Systemy odzysku ciepła: woda szara, która pochodzi z pryszniców, umywalk i pralek, może być wykorzystana do odzyskiwania ciepła. Woda o niższej temperaturze może być przepuszczana przez wymiennik ciepła, aby podgrzać zimną wodę przed dostarczeniem jej do ogrzewania lub innych procesów wymagających ciepłej wody.
3. Systemy nawadniania: oczyszczona woda szara może być wykorzystana do podlewania roślin i ogrodów. Można zainstalować systemy automatycznego nawadniania, które korzystają z wody szarej, zamiast wody pitnej, co przyczynia się do oszczędności wody.
4. Spłukiwanie toalet: woda szara może być używana do spłukiwania toalet, zamiast wody pitnej. Można zainstalować systemy dualne, które pozwalają na wybór pomiędzy wodą szarą a wodą pitną w zależności od potrzeb.
5. Systemy oczyszczania i ponownego wykorzystania: woda szara może być poddana bardziej zaawansowanym procesom oczyszczania, takim jak systemy oczyszczania biologicznego czy rewersyjna osmoza, aby uzyskać wodę o jakości zbliżonej do wody pitnej. Taka woda może być wykorzystywana w celach, takich jak pranie, sprzątanie czy spłukiwanie toalet.

Ważne jest, aby przed wprowadzeniem systemów zagospodarowania wody szarej skonsultować się z lokalnymi przepisami i normami dotyczącymi ochrony środowiska, a także z odpowiednimi specjalistami w dziedzinie instalacji wodno-kanalizacyjnej.

**Zagospodarowanie odpadów** to proces, który ma na celu skuteczne i zrównoważone zarządzanie odpadami w celu minimalizacji ich negatywnego wpływu na środowisko. Odpady mogą obejmować różne rodzaje substancji, takie jak odpady komunalne, przemysłowe, niebezpieczne czy radioaktywne.

Istnieje kilka metod zagospodarowania odpadów:

1. Redukcja i unikanie odpadów: to podejście polega na zmniejszaniu ilości odpadów generowanych na różnych etapach procesów, na przykład poprzez poprawę efektywności produkcji, minimalizację zużycia surowców i pakowanie produktów w sposób bardziej przyjazny dla środowiska.
2. Przetwarzanie i recykling: jest to proces przekształcania odpadów w surowce lub energię, które mogą być ponownie wykorzystane. Przykłady to sortowanie i recykling plastikowych butelek, puszek, papieru czy szkła.
3. Kompostowanie: ten proces polega na rozkładzie organicznych odpadów, takich jak resztki żywności, liście czy trawa, w celu uzyskania kompostu. Kompost można wykorzystać jako naturalne nawozy do gleby.
4. Składowanie: odpady, które nie nadają się do recyklingu, przetworzenia lub kompostowania, mogą być składowane na specjalnych składowiskach. Jednak należy pamiętać, że składowanie powinno być traktowane jako ostateczność i że należy dążyć do minimalizacji ilości odpadów kierowanych na składowiska.

Ponadto, istnieje wiele innowacyjnych technologii, które są rozwijane w celu bardziej zaawansowanego zagospodarowania odpadów, takie jak technologia termicznego przekształcania odpadów (np. spalanie odpadów w celu wytwarzania energii), technologia pirolizy czy gazyfikacji.

Zagospodarowanie odpadów jest ważne dla ochrony środowiska, zmniejszenia emisji gazów cieplarnianych i zasobów naturalnych. Wielu krajów wprowadza ścisłe przepisy i programy mające na celu promowanie odpowiedniego zarządzania odpadami i zachęcanie do recyklingu i odzysku surowców.

**Zielono-błękitna infrastruktura** (ang. blue-green infrastructure) to koncepcja planowania i projektowania otoczenia budynków, które łączą elementy naturalne i sztuczne w celu zwiększenia zrównoważonego rozwoju, ochrony środowiska i poprawy jakości życia mieszkańców.

Termin "zielono-błękitna infrastruktura" odnosi się do sieci ekosystemów miejskich czy lokalnych, takich jak parki, ogrody, tereny rekreacyjne, zbiorniki wodne, mokradła, zielone dachy, zielone ściany ale także elementów sztucznych, takich jak miejskie oczyszczalnie ścieków, systemy retencji deszczowej, czy ścieżki rowerowe. Idea polega na integrowaniu tych elementów w sposób funkcjonalny i estetyczny, tworząc bardziej zrównoważone i przyjazne środowisku miejsce.

Zielono-błękitna infrastruktura ma wiele korzyści. Przede wszystkim, zapewnia ochronę przed skutkami zmian klimatycznych poprzez zwiększenie retencji wody, redukcję efektu wyspy ciepła oraz zwiększenie odporności na powódzie i susze. Ponadto, taka infrastruktura

przyczynia się do poprawy jakości powietrza, poprawiając mikroklimat, redukując zanieczyszczenie i zwiększając produkcję tlenu.

W praktyce, planowanie zielono-błękitnej infrastruktury wymaga współpracy różnych dziedzin, takich jak urbanistyka, architektura krajobrazu, hydrologia, ekologia czy inżynieria środowiska. Jest to kompleksowe podejście, które angażuje zarówno sektor publiczny, jak i prywatny, w celu opracowania i wdrażania strategii rozwoju miejskiego uwzględniających aspekty środowiskowe.

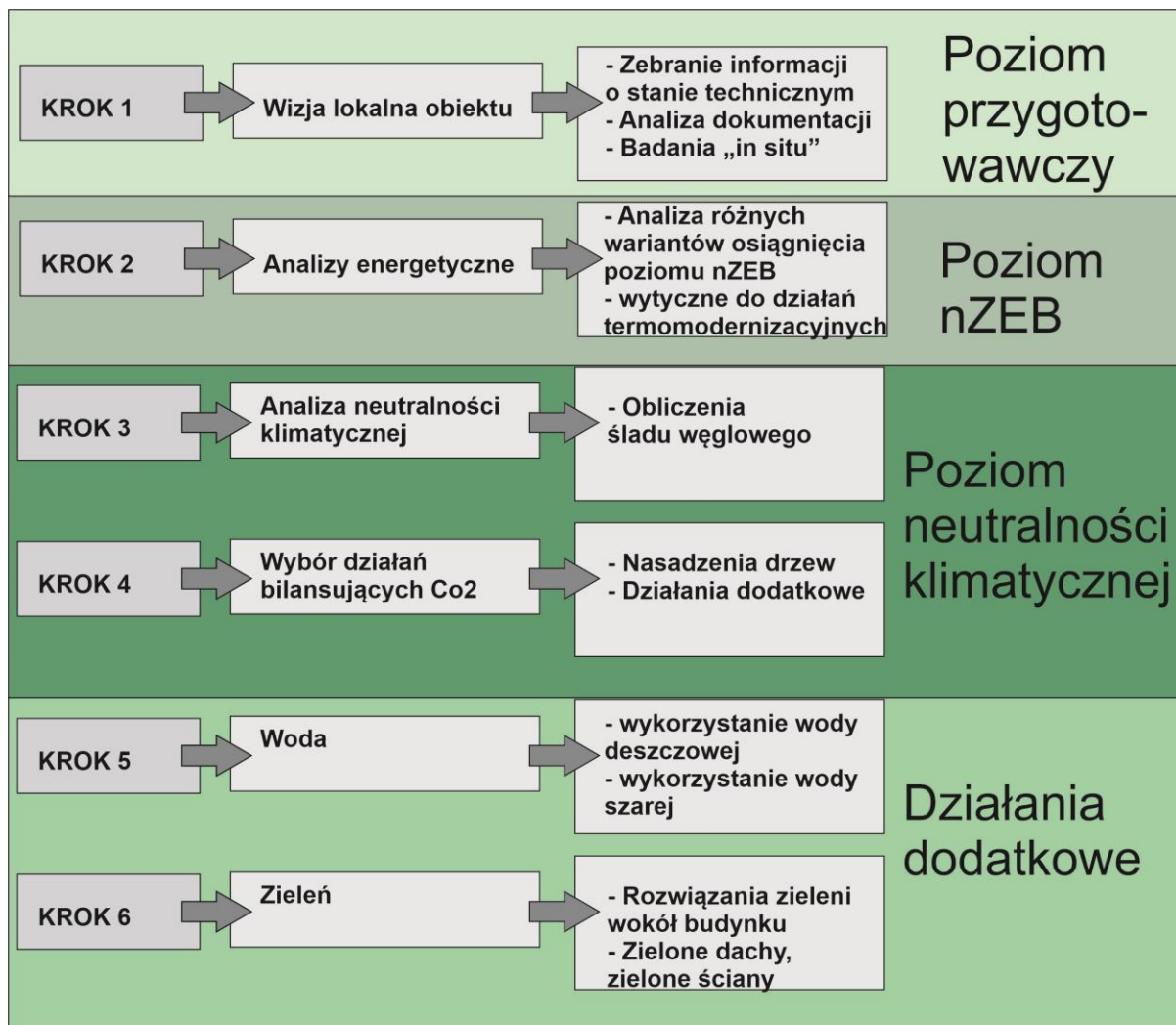
## NEUTRALNOŚĆ KLIMATYCZNA

Neutralność klimatyczna jest pojęciem wprowadzonym niedawno. Oznacza działania, zmierzające do ograniczenia wpływu sektorów o wysokiej energochłonności na środowisko. Wskaźnikiem, który obrazuje neutralność klimatyczną jest wskaźnik śladu węglowego.

Ślad węglowy określony jest przez całkowitą sumę emisji gazów cieplarnianych wywołanych bezpośrednio lub pośrednio przez daną osobę, organizację, wydarzenie, produkt lub budynek. Jest to rodzaj śladu ekologicznego. Ślad węglowy obejmuje emisję dwutlenku węgla, metanu, podtlenku azotu i innych gazów szklarniowych wyrażone **w ekwiwalencie CO<sub>2</sub>**. Aby rozpatrywać budynek neutralny klimatycznie należy obliczyć zapotrzebowanie budynku na energię cieplną i energię elektryczną, założyć okres obliczeniowy np. 30 lat i dla takiego okresu obliczyć ile analizowany budynek będzie emitował szkodliwych dla środowiska gazów na skutek zużycia energii w tym okresie. Po określeniu wielkości emisji CO<sub>2</sub>, zakładając stan obecny budynku, najpierw należy rozważyć możliwość zmniejszenia energochłonności obiektu a następnie wykonać ponowne obliczenia dla budynku, w którym określono działania termomodernizacyjne. Wielkość emisji CO<sub>2</sub> należy zbilansować działaniami „zielonymi”, w postaci nasadzeń nowych drzew. Można również rozważyć wprowadzenie innej formy zieleni, takiej jak ściany zielone, stropodachy zielone i inne.

## METODOLOGIA OSIĄGNIĘCIA NEUTRALNOŚCI KLIMATYCZNEJ BUDYNKU

Metodologia doprowadzenia budynku do neutralności klimatycznej składa się z pięciu kroków. Zaprezentowano je na rys. 8.



Rys 8. Metodologia dotycząca postępowania dla uzyskania standardu budynku o niemal zerowym zapotrzebowaniu na energię oraz standardu budynku neutralnego dla klimat

**W kroku 1** należy przeprowadzić wizję stanu technicznego obiektu. W tym celu należy wykorzystać wszystkie możliwe i dostępne działania takie jak odkrywki, badania termowizyjne, badania szczelności. Na tym etapie należy również dokonać szczegółowego przeglądu wszystkich dostępnych projektów i dokumentów technicznych. Tutaj też należy sprawdzić możliwość lokalizacji Odnawialnych Źródeł Energii, w szczególności paneli fotowoltaicznych i pomp ciepła.

**W kroku 2** należy wykonać obliczenia energetyczne, które uwzględniają różne warianty. Należy w obliczeniach zakładać stosowanie Odnawialnych Źródeł Energii. W przypadku budynków użyteczności publicznej zabytkowych i pod opieką konserwatora obliczenia

energetyczne muszą być poprzedzone analizą konserwatorską i projektem konserwatorski. **Na podstawie analiz energetycznych możemy stwierdzić dla jakich działań budynek osiągnie standard budynku o niemal zerowym zapotrzebowaniu na energię.**

Te elementy zostały omówione we wcześniejszych rozdziałach.

**Krok 3 to analiza neutralności klimatycznej.** Pochodzenie gazów cieplarnianych w ramach analiz budowlano – modernizacyjnych można podzielić na dwie kategorie: operacyjne oraz wbudowane w obiekt. Znakomita większość prób tworzenia budowlano - remontowych rozwiązań ekologicznych sprowadza się do ograniczania emisji operacyjnych tj. związanych z ogrzewaniem, chłodzeniem i oświetleniem w całym cyklu życia budynku. Nasze opracowanie jest zgodne z najnowszymi trendami. Wskazujemy konkretne rozwiązania mające wpływ na ograniczenie emisji operacyjnych.

Dodatkowo podjęta została próba starannego ograniczenia emisji wbudowanych w obiekt, w odniesieniu do materiałów budowlanych i procesów budowlanych związanych z działaniami termomodernizacyjnymi.

Analizy śladu wbudowanego uwypuklają złożoną problematykę emisji powstających za sprawą: pozyskania surowców mineralnych, transportu surowców, produkcji materiałów budowlanych (tj. emisje koksowni, hut, cementowni, cegielni itd.), magazynowania, transportowania materiałów na plac budowy, budowy, konserwacji, rozbiórki/recyklingu lub utylizacji.

Na rys. 8 przedstawiono wszystkie fazy życia obiektu budowlanego od fazy pozyskania surowców do fazy recyklingu. W przypadku obiektów istniejących a tym bardziej zabytkowych wręcz niemożliwe jest uzyskanie informacji o śladzie węglowym materiałów i technologii z których wykonany jest budynek. Trzeba byłoby mieć wiedzę na temat produkcji zabytkowych materiałów, sposobu ich transportu czy technologii wznoszenia obiektów zabytkowych. Dlatego w przedstawionej analizie zostały uwzględnione jedynie fazy B5 i B6. Faza B5 odnosi się do emisji CO<sub>2</sub> dla materiałów budowlanych, które użyto do termomodernizacji. Tutaj ograniczono się do materiałów ociepleniowych, okien i drzwi. Nie analizowano nowych instalacji, systemów automatyki ani oświetlenia. Dla tych systemów technicznych brak jest baz danych dotyczących emisji CO<sub>2</sub>.

Tabela 6. Fazy w cyklu życia budynku i wyrobu budowlanego.

Faza wyrobu			Faza procesu Bud.		Faza użytkowania							Faza końca życia				
Wydobycie i dostawa surowców	Transport	Produkcja wyrobu	Transport	Proces budowy	Użytkowanie	Konserwacja	Naprawa	Wymiana	Renowacja	Zużycie energii	Zużycie wody	Rozbiórka/Wyburzenie	Transport do utylizacji	Recykling	Utylizacja	Pon wykorzystanie/odzysk/recy.
A1	A2	A3	A4	A5	B1	B2	B3	B4	B5	B6	B7	C1	C2	C3	C4	D
Wbudowany ŚW										Operacyjny ŚW	Wbudowany ŚW					

W ramach fazy B5 uwzględniono fazy A1-A4 zgodnie z etapami cyklu życia budynku zgodnie z normą PN-EN 15804. Pozostałe fazy zostały pominięte z uwagi na brak krajowych wskaźników emisyjności dwutlenku węgla z procesów budowlanych, jak i brak kluczowych danych inwentaryzacyjnych potrzebnych do wyznaczenia fazy użytkowania i fazy końca życia.

**Krok 4** to wybór działań bilansujących obliczony ślad węglowy. W metodyce założono bilansowanie śladu węglowego w okresie 30 lat. Okres taki przyjęto z uwagi na fakt, że kraje Unii Europejskiej zobowiązały się do osiągnięcia neutralności klimatycznej do 2050 roku, a więc 30 letni okres obliczeń zbiega się z terminem przejścia krajów europejskich w tym Polski na zerową emisję. W metodyce przyjęto bilansowanie emisji CO<sub>2</sub> nasadzeniami nowych drzew i innych form zieleni.

**Krok 5** to elementy zrównoważonego rozwoju. W tym kroku proponujemy działania związane z oszczędnością wody takie jak wykorzystanie wody opadowej czy wody szarej.

**Krok 6** związany jest z elementami kształtowania zieleni w otoczeniu budynku oraz wykorzystania elementów zielonych podnoszących komfort użytkowania, takich jak dachy zielone, zielone ściany.

### Szczegółowy opis metodyki szacowania wbudowanego śladu węglowego

Analiza została wykonana z uwzględnieniem metodologii normy EN 15978. Norma jest obowiązującym dokumentem w Polsce, zawiera jednak wskazówki i wytyczne jak należy obliczyć ślad węglowy dla obiektu.

Wbudowany ślad węglowy to suma emisji gazów cieplarnianych, które pojawiają się w trakcie operacji związanych z przepływami materiałów w cyklu życia (np. procesami konstrukcji czy przebudowy lub rozbiórki). Jest to ślad węglowy w następujących etapach cyklu życia: fazie wyrobu: A1-A3, fazie procesu budowlanego: A4-A5, fazie użytkowania,

moduły B1-B5 oraz fazy końca życia C1-C4. Nie obejmuje on operacyjnego śladu węglowego, czyli emisji gazów cieplarnianych związanych z eksploatacją budynku, takich jak energia zużywana na ogrzewanie, chłodzenie i oświetlenie oraz zużycie wody (faza użytkowania, moduły B6-B7).

Nie jest to sztywna definicja. W obiegu branżowym można się spotkać również z definicją, która obejmuje jedynie moduły A1-A5, albo A1-A3.

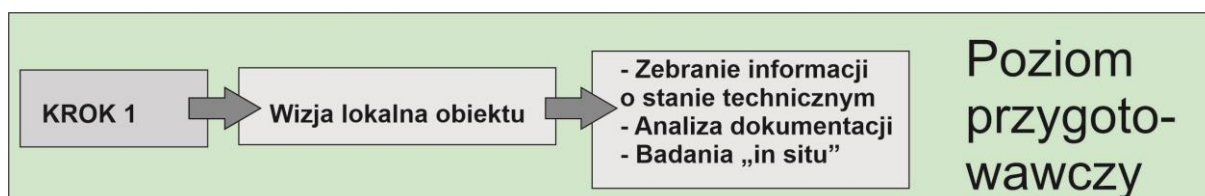
W ramach tego opracowania, licząc ślad wbudowany ograniczono się jedynie do modułu B5, w ramach którego wykazano emisje związane z fazą wyrobów oraz transportem z fazy procesu budowlanego. Związane jest to ze specyfiką – analizujemy jedynie materiały, które będą wykorzystywane do modernizacji budynku. Wskaźniki emisyjności wykorzystane do obliczenia modułów A1-A3 należy przyjąć z dostępnych kart produktów EPD przede wszystkim z Polski, a jeżeli nie ma takiej możliwości – z krajów europejskich. Wskaźniki emisyjności dotyczące transportu należy przyjąć na podstawie danych opublikowanych przez DEFRA.

Chcąc porównać wpływ emisji związanych z transportem, można brać pod uwagę warianty:

- a) Wariant 1: średnia odległość pomiędzy fabryką wykorzystywanych materiałów, a miejscem inwestycji to 150 km,
- b) Wariant 2: średnia odległość pomiędzy fabryką wykorzystywanych materiałów, a miejscem inwestycji to 400 km.

## Studium Przypadku – Teatr Słowackiego

Opisaną metodologię, przedstawiamy dla budynku zabytkowego, szczególnie istotnego zarówno dla mieszkańców Krakowa jak i wielu osób ceniących kulturę. Teatr im. Juliusza Słowackiego w Krakowie, znany był początkowo jako Teatr Miejski. Teatr rozpoczął swoją działalność artystyczną w 1893 roku. Jest jednym z najbardziej rozpoznawalnych scen teatralnych w Polsce i za granicą. Teatr od początku działalności traktowany była jako kolebka polskiej reżyserii, scenografii, inscenizacji i aktorstwa. W teatrze pracowali i występowali najznamienitsi artyści, między innymi Stanisław Wyspiański, Stanisław Ignacy Witkiewicz, Helena Modrzejewska, Irena Solska, Wanda Siemaszkowa, Zofia Jaroszevska, Ludwik Solski, Juliusz Osterwa, Stefan Jaracz, Kazimierz Junosza-Stępsowski, Tadeusz Łomnicki, Gustaw Holoubek i wielu innych aktorów.



Budynek został zaprojektowany przez Jana Zawiejskiego. Jest to jeden z najcenniejszych zabytków architektury teatralnej w Europie. Na budowę Teatru prowadzono zbiórkę darowizn i funduszy. W marcu 1891 roku rozpoczęto prace budowlane Teatru, a już na początku czerwca wmurowano kamień węgielny.



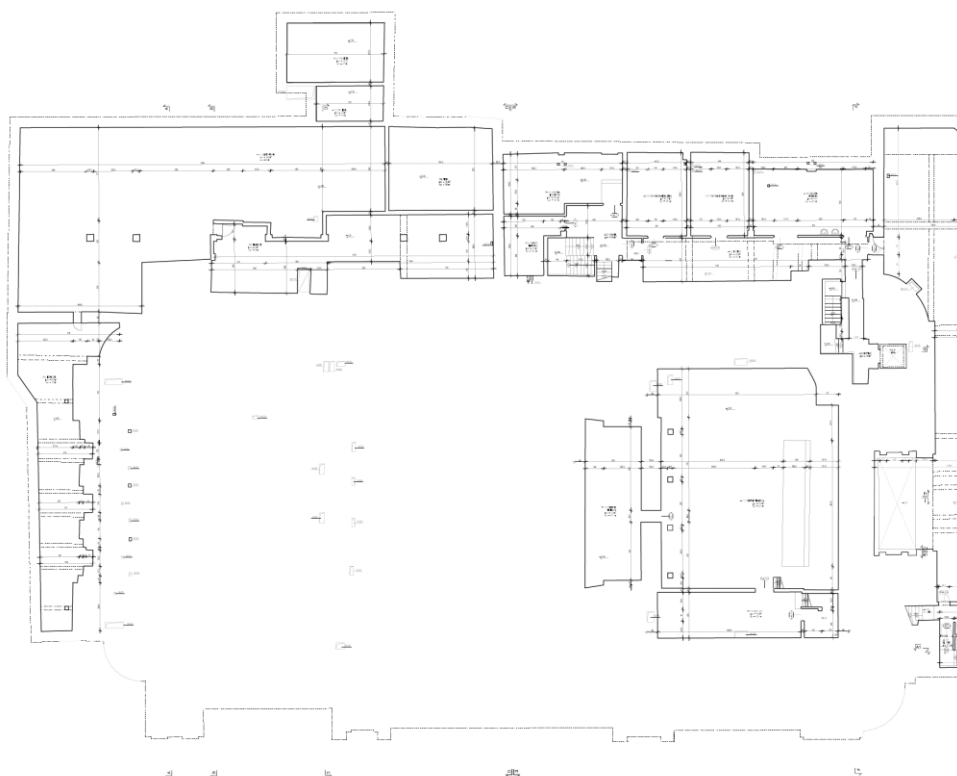
Rys 9. Fotografia z czasu budowy Teatru Słowackiego <sup>8</sup>

<sup>8</sup> <https://teatrwnakrakuwie.pl/poczatki>



Po roku 1989 rozpoczęto generalny remont Teatru. Oprócz renowacji zabytkowych wnętrz zaplanowano m.in. wymianę instalacji, montaż klimatyzacji, wybudowanie podziemnych pomieszczeń<sup>9</sup>.

Dzięki pracom remontowym budynek posiada dwie kondygnacje podziemne, całkowicie zagłębione w gruncie, bez dostępu do światła dziennego. Projekt podziemnych kondygnacji wykonał zespół z Politechniki Krakowskiej. W podziemnych kondygnacjach mieszczą się przestrzenie magazynowe, ale również pomieszczenia takie jak: pracownie krawieckie, modelarskie, techniczne.



Rys. 10. Rzut podziemnych kondygnacji Teatru (źródło własne).

Przedstawiony rys historyczny pokazuje jak wielkim dziełem historii jest budynek Teatru Słowackiego. W jego murach zapisane jest nasze dziedzictwo kulturowe i narodowe. Musimy dbać o niego aby przyszłe pokolenia mogły również doświadczać związku z przodkami. To właśnie jest spełnianie zasady Zrównoważonego Rozwoju. Równocześnie, troszcząc się o zachowanie dziedzictwa Teatru Słowackiego, musimy dbać o stan techniczny tego wspaniałego budynku. **Analiza przeprowadzona na rzecz opracowania, pokazuje, w jaki sposób ten historyczny budynek można doprowadzić do poziomu zeroenergetycznego (nZEB) oraz neutralności klimatycznej. Jest to bardzo duże wyzwanie.**

<sup>9</sup> <https://teatrwwrakowie.pl/teatr-dzis>

### Opis techniczny stanu obecnego

Budynek Teatru Słowackiego jest budynkiem o eklektycznej architekturze. W budynku przeprowadzono prace remontowe w latach 80-tych. Budynek zlokalizowany jest na placu św. Ducha w Krakowie. Lokalizacja budynku jest na linii wschód – zachód. Budynek posiada cztery kondygnacje nadziemne i trzy kondygnacje podziemne. Obliczenia powierzchni użytkowej i kubatury wykonano w oparciu o projekt dostarczony przez zarząd Teatru. Projekt był wykonany w technologii skaningu 3D.

Powierzchnia użytkowa budynku to:

- kondygnacje nadziemne: 3365,1 m<sup>2</sup>,
- kondygnacje podziemne: 5059,9 m<sup>2</sup>

Kubatura budynku to (podane wielkości mogą być obarczone błędem, ponieważ wysokości w pomieszczeniach są zróżnicowane):

- kondygnacje nadziemne: 10864,1 m<sup>3</sup>,
- kondygnacje podziemne: 22479,7 m<sup>3</sup>

### WIZJA LOKALNA BUDYNKU

Dla Teatru została przeprowadzona diagnostyka energetyczna. Nieocieplone przegrody, dach oraz okna o niskim współczynniku ciepła wpływają na znaczne straty energii. Na rys. 11 przedstawiono zachodnią elewację budynku.



Rys. 11. Zachodnia elewacja budynku. Źródło własne autora.

Elewacja południowa oraz północna posiadają symetryczny rozkład okien i drzwi. Na rys. 12 oraz 13 przedstawiono elewacje teatru od strony północnej i południowej.



Rys. 12. Elewacja północna budynku teatru (źródło własne).



Rys. 13. Elewacja południowa budynku teatru <sup>10</sup>

Nad budynkiem góruje zwieńczenie sceny, w postaci czworokątnej bryły przekrytej dwuspadowym dachem oraz zwieńczenie widowni, przekryte kopułą pokrytą blachą miedzianą.

---

<sup>10</sup> <https://pl.wikipedia.org>



Rys. 14. Zakończenie widowni i sceny Teatru (źródło własne).

Elewacje budynku posiadają historyczne wykończenie tynkiem w kolorze piaskowym oraz oryginalne płaskorzeźby i rzeźby.

#### **PRZEGRODY NIEPRZEŹROCZYSTE TEATRU. ŚCIANY ZEWNĘTRZNE, PODŁOGA, DACH**

Do określenia, z czego zbudowane są ściany, dach, podłoga na gruncie, skorzystano z archiwalnych projektów. Nie wszystkie dane były dostępne, więc przy braku danych zakładano warstwy i materiały budowlane charakterystyczne dla czasu wnoszenia obiektu.

Nadziemne ściany zewnętrzne wykonane są z cegły pełnej o zróżnicowanej grubości. Do obliczeń przyjęto grubość ścian wykonanych z cegły obustronnie otynkowanych 70 cm. Tynki zewnętrzne są zabytkowe, wewnętrzne wykonywano w czasie remontów.

Ściany i stropy podziemnych części wykonane w technologii monolitycznej żelbetowej.

Okna w Teatrze są historyczne, skrzynkowe, drewniane, w złym stanie technicznym. Drzwi również pochodzące z okresu budowy Teatru są w bardzo złym stanie technicznym.



Rys. 15. Okna Teatru (źródło własne).

### **Pomieszczenia podziemne**

Pomieszczenia te zlokalizowane są na dwóch kondygnacjach podziemnych, od strony północnej wzdłuż obrysu bryły Teatru. Ponad pomieszczeniami znajdują się parkingi oraz krakowskie Planty.

Pomieszczenia są ciemne, oświetlone punktowo, bez dostępu światła dziennego. Pomieszczenia są w bardzo złym stanie technicznym.



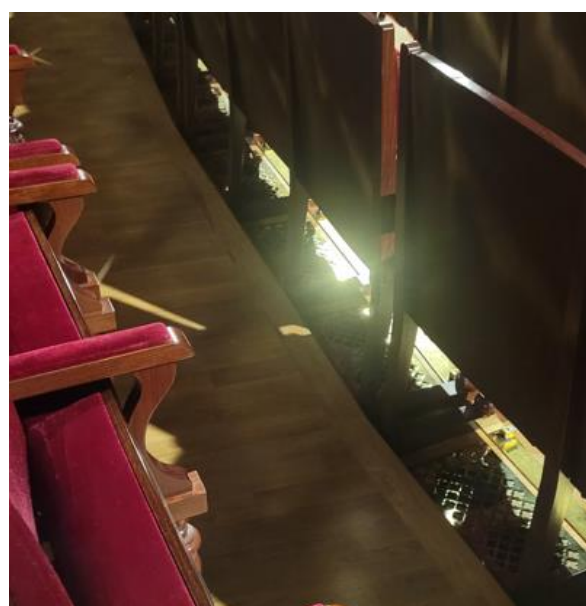
Rys. 16. Pomieszczenia podziemnych kondygnacji Teatru (źródło własne).

### **CENTRALE WENTYLACYJNE**

W Teatrze zamontowane są cztery centrale nawiewno-wywiewne bez odzysku ciepła.



Rys. 17. Pomieszczenie techniczne. Centrale wentylacyjne (źródło własne)



Rys. 18. Nawiewy i wywiewy z central wentylacyjnych (źródło własne)

Kondygnacje podziemne wentylowane są grawitacyjnie.

W pierwszej kondygnacji podziemnej, która częściowo zagłębiona jest w gruncie, działa kawiarnia, która obsługiwana jest przez centralę wentylacyjną nawiewno-wywiewną K13 bez odzysku ciepła.



Rys. 19. Kawiarnia obsługiwana jedną z central wentylacyjnych (źródło własne).

Kolejne centrale obsługują:

- K11 widownię, K12 scenę oraz K13 Kuluary



Rys. 20. Widok na widownię oraz kuluary (źródło własne).

## OGRZEWANIE I CHŁODZENIE BUDYNKU.

Cały budynek ogrzewany i chłodzony jest za pomocą pięciu kotłów gazowych, zlokalizowanych w kondygnacjach podziemnych. Cztery kotły obsługują łącznie trzy budynki: Teatr Słowackiego, Teatr Miniatura oraz budynek administracyjny Teatru przy ul. Ducha 3.

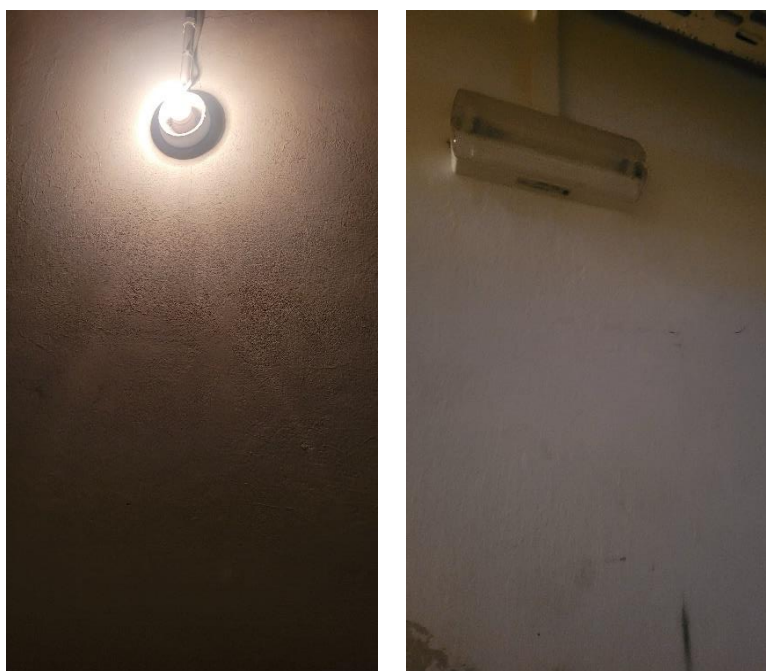


Rys. 21. Kotły gazowe Teatru (źródło własne).

Wszystkie kondygnacje podziemne i nadziemne są ogrzewane. Chłodzone są jedynie kondygnacje nadziemne.

## Oświetlenie budynku.

Źródła światła w budynku są żarówki tradycyjne oraz świetlówki kompaktowe (energooszczędne). Występuje także oświetlenie typu LED. W pomieszczeniach technicznych świetlówki liniowe w oprawach tradycyjnych. Instalacja elektryczna jest w zadawalającym stanie technicznym. Na rzecz opracowania przewidziano wymianę oświetlenia na nowsze, bardziej energooszczędne.

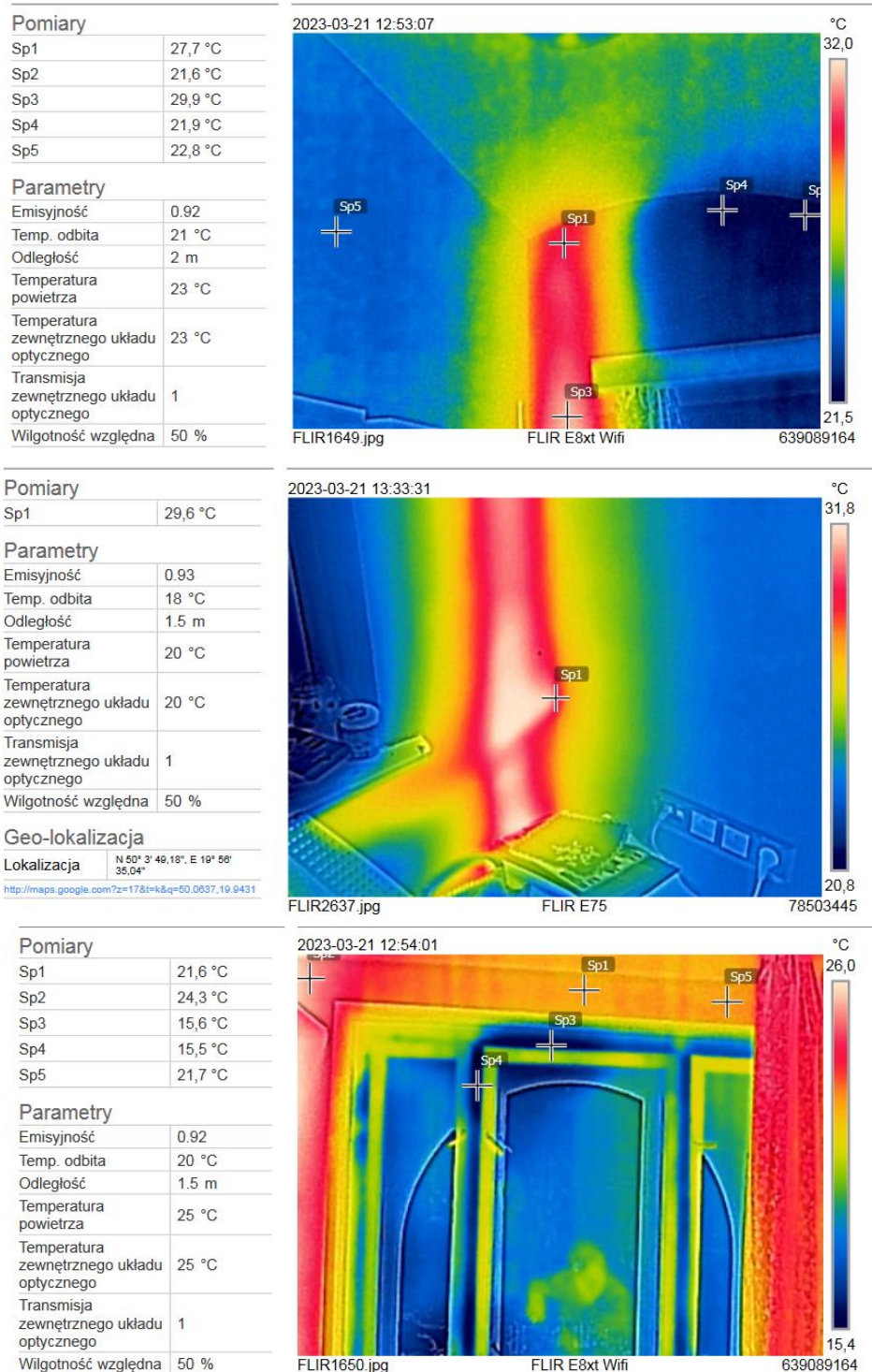


Rys. 22. Oświetlenie w Teatrze. Źródło własne.



## BADANIA „IN SITU”

Dla Teatru Słowackiego wykonano analizę termowizyjną, pokazującą słabe miejsca w budynku. Poniżej przedstawiono kilka wybranych termogramów. Pozwoliły one dokładniej ocenić stan techniczny obiektu.



Rys. 23. Przykładowe zdjęcia termowizyjne. Źródło własne.

Badania termowizyjne przeprowadzone w budynku Teatru im. J. Słowackiego w Krakowie wykazały następujące usterki w zakresie ochrony cieplnej przegród zewnętrznych:

- instalacja c.o. remontowana w latach 60-tych ubiegłego wieku jest nie izolowana cieplnie. Część rur doprowadzających medium grzewcze (ciepłą wodę) prowadzona jest w ścianach zewnętrznych,
- drzwi zewnętrzne (drewniane), wszystkie boczne i główne są niskiej izolacyjności cieplnej. Dolne krawędzie skrzydeł drzwi nie przylegają do ościeżnicy. Stwierdzono występowanie dużych przedmuchów zimnego powietrza do wewnątrz.
- podobnie dla bramy znajdującej się z tyłu sceny głównej
- okna skrzynkowe są w dobrym stanie technicznym. Najczęściej w pomieszczeniach ogrzewanych występują nieszczelności dolnych krawędzi skrzydeł wewnętrznych.

Należy dodać, iż w większości korytarzy występuje podwyższona temperatura eksploatacyjna tj. ok. 22-23 °C. Wystarczającą temperaturą powietrza jest 20 °C.

Izolacyjność cieplną ścian zewnętrznych można uznać za zadawalającą.

Miejsca i nasilenia występujących usterek można oszacować na podstawie wcześniejszych badań i obliczeń iż usterki te powodują zawyżone zużycie ciepła w budynku o ok.15-20% w odniesieniu do obiektu w którym takie usterki nie występują.

Możliwości poprawy stanu istniejącego na podstawie badań termowizyjnych.

#### 1. Opracowanie i wdrożenie projektu remontu okien skrzynkowych ( skrzydeł wewnętrznych)

Remont ten powinien polegać na:

- dopasowaniu skrzydeł do ram
- zastosowaniu uszczelek w dolnej części krawędzi skrzydeł wewnętrznych tak aby zmniejszyć niekontrolowaną infiltrację powietrza. Nie zaleca się uszczelnienie całego obwodu skrzydeł. Działanie to przyniesie zauważalne oszczędności.

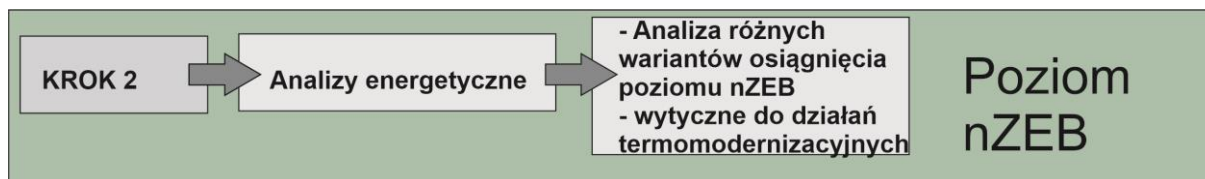
#### 2. Opracowanie i wdrożenie projektu remontu wszystkich drzwi zewnętrznych

Remont ten powinien polegać na:

- dopasowaniu skrzydeł drzwi do ram
- zastosowaniu uszczelek w dolnej części krawędzi skrzydeł wewnętrznych tak, aby zmniejszyć znacząco infiltrację powietrza.

3. Należy rozważyć wykonanie termoizolacji przewodów instalacji c.o. w tym głównie przewodów usytuowanych w ścianach zewnętrznych. Działanie to przyniesie zauważalne oszczędności.

4. Należy wykonać kompleksowy projekt regulacji instalacji c.o. - tak aby można było obniżyć temperaturę powietrza w pomieszczeniach technicznych i korytarzach, oraz kompleksowy projekt regulacji wentylacji.



## ANALIZY EFEKTYWNOŚCI ENERGETYCZNEJ.

W ramach analizy przeprowadzonej na rzecz opracowania wykonano kilka wariantów obliczeń. Warianty obliczeń energetycznych miały na celu sprawdzenie jak poszczególne działania, nie koniecznie realne do wykonania wpłyną na efektywność energetyczną budynku.

Warianty przyjęte do obliczeń przedstawiono poniżej.

**Wariant 1a** – ocieplenie ścian do poziomu podanego w Warunkach Technicznych dla budynków nowoprojektowanych dla standardu budynku o niemal zerowym zużyciu energii (nZEB). Współczynniki przenikania ciepła przedstawiono w tabeli 3.

**Wariant 1b** – przyjęto ocieplenie ścian materiałem termoizolacyjnym dedykowanym dla obiektów zabytkowych. W przypadku takich obiektów nie konieczne jest docieplenie do poziomu obowiązującego dla budynków nowych. W tym wariantcie zastosowano system mineralny JMA o bardzo dobrym współczynniku przewodzenia ciepła  $\lambda = 0,027$  [W/(mK)] co pozwala na polepszenie izolacyjności przegród przy zmniejszeniu grubości docieplenia. System ten można stosować w przypadku ocieplenia od wewnątrz.

**Wariant 2** – w tych obliczeniach zmieniono parametry okien i drzwi, na obowiązujące w Warunkach Technicznych dla budynków nowoprojektowanych dla standardu nZEB.

**Wariant 3** – poprawiono parametry izolacyjności cieplnej dachu nad widownią, sceną oraz kuluarami do wartości obowiązujących dla standardu nZEB, zestawionych w Tabeli 3

**Wariant 4** – obejmował wymianę oświetlenia na oświetlenie ledowe bardziej energooszczędne.

**Wariant 5** – Budynek Teatru posiada system wentylacji mechanicznej. W tym wariantcie wprowadzono rekuperację do istniejącego systemu wentylacji mechanicznej. Sprawność odzysku przyjęto na poziomie 85%.

**Wariant 6** – jest sumą wariantów 1b oraz 2

**Wariant 7** – jest sumą wariantów 1b, 2 oraz 3

**Wariant 8** – jest sumą wariantów 1b, 2, 3 oraz 4

**Wariant 9** – jest sumą wariantów 1b, 2, 3, 4 oraz 5

**Wariant 10** – to wariant realny do wykonania. Przyjęto założenie, że przyjęte do wariantu działania termoizolacyjne są uzgodnione z konserwatorem. Docieplenie ścian metodą dostosowaną dla budynków zabytkowych. Wymiana okien i docieplenie stropodachów/dachów oraz zastosowanie rekuperacji do systemu wentylacji.

**Wariant 11** – to wariant który pozwoliłby na osiągnięcie standardu **budynku o niemal zerowym zapotrzebowaniu na energię dla budynku** zabytkowego, zakładając, że obydwie parametry: wsp. U oraz EP będą spełniały polskie wymagania w tym zakresie. Trzeba jednak brać pod uwagę, że budynek zabytkowy należy traktować, głównie poprzez pryzmat ochrony historii a nie poprawy efektywności energetycznej, a więc ten wariant w rzeczywistości jest wariantem nierealnym, głównie z punktu widzenia poprawy izolacyjności cieplnej przegród.

**Wariant 12-17** – to symulacje obliczeniowe dla różnych źródeł dostarczania ciepła i chłodu dla budynku Teatru. Warianty te pokazują jak duży wpływ na wskaźnik EP ma źródło ciepła i chłodu.

**Wariant 12** – to wariant „realny” nr 10 ale z wymienionym źródłem ciepła na biomasę.

**Wariant 13** – to wariant „realny” nr 10 ale z wymienionym źródłem ciepła na biomasę. W tym wariantcie zmieniono również sposób wytwarzania energii elektrycznej. Zaproponowano produkcję energii z paneli fotowoltaicznych. Nadprodukcja będzie kierowana do sieci. Pobór energii elektrycznej z sieci „zielonej”. Również można założyć system wirtualnego prosumenta opisany we wcześniejszych rozdziałach.

**Wariant 14**– to wariant „realny” nr 10 ale z wymienionym źródłem ciepła na ciepło sieciowe.

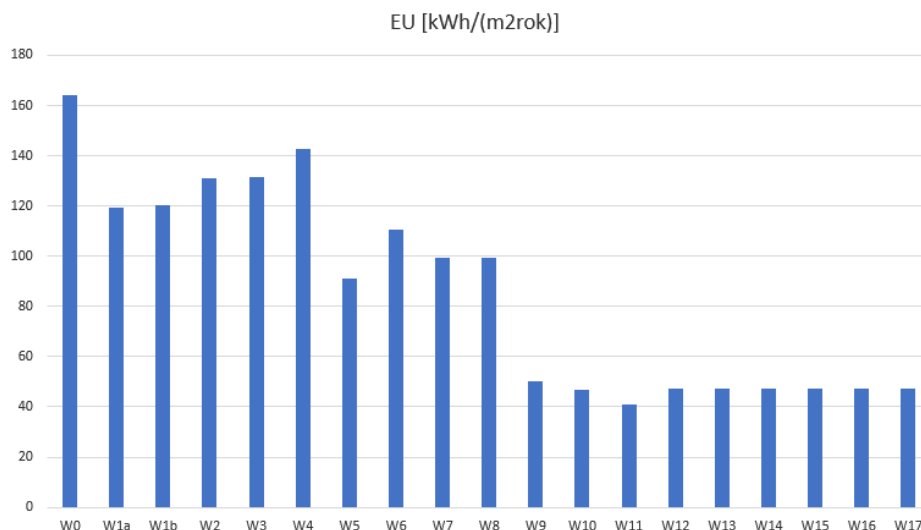
**Wariant 15**– to wariant „realny” nr 10 ale z wymienionym źródłem ciepła na ciepło sieciowe. W tym wariantcie zmieniono również sposób wytwarzania energii elektrycznej. Zaproponowano produkcję energii z paneli fotowoltaicznych. Nadprodukcja będzie kierowana do sieci. Pobór energii elektrycznej z sieci „zielonej”. Również można założyć system wirtualnego prosumenta opisany we wcześniejszych rozdziałach.

**Wariant 16**– to wariant „realny” nr 10 ale z wymienionym źródłem ciepła na powietrzna pompę ciepła.

**Wariant 17**– to wariant „realny” nr 10 ale z wymienionym źródłem ciepła na powietrzna pompę ciepła. W tym wariantcie zmieniono również sposób wytwarzania energii elektrycznej. Zaproponowano produkcję energii z paneli fotowoltaicznych. Nadprodukcja będzie kierowana do sieci. Pobór energii elektrycznej z sieci „zielonej”. Również można założyć system wirtualnego prosumenta opisany we wcześniejszych rozdziałach.

### Wyniki obliczeń

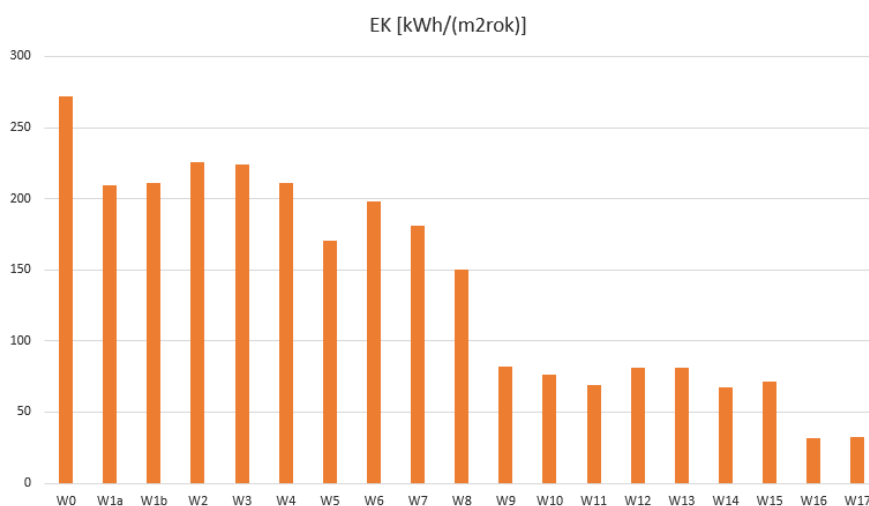
Na rysunku 24 zestawiono wartości Energii Użytkowej dla poszczególnych wariantów.



Rys. 24. Wartości energii użytkowej dla rozpatrywanych wariantów.

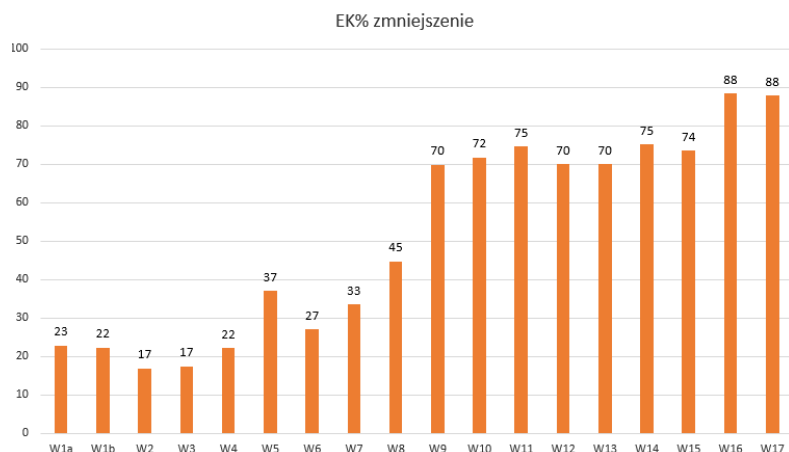
Analizując wyniki obliczeń można stwierdzić, że wartości Energii Końcowej znacząco uległy obniżeniu w Wariantcie 9, gdzie wprowadzono oprócz wcześniejszych działań termomodernizacyjnych, odzysk ciepła z rekuperacji. Ma to olbrzymie znaczenie dla poprawy efektywności energetycznej budynku.

Na kolejnym wykresie przedstawiono wartości Energii Końcowej dla poszczególnych wariantów.



Rys. 25. Wartości energii końcowej dla poszczególnych wariantów.

Na wykresie 26 przedstawiono o ile procent można uzyskać zmniejszenie zużycia energii dla poszczególnych wariantów działań termomodernizacyjnych.

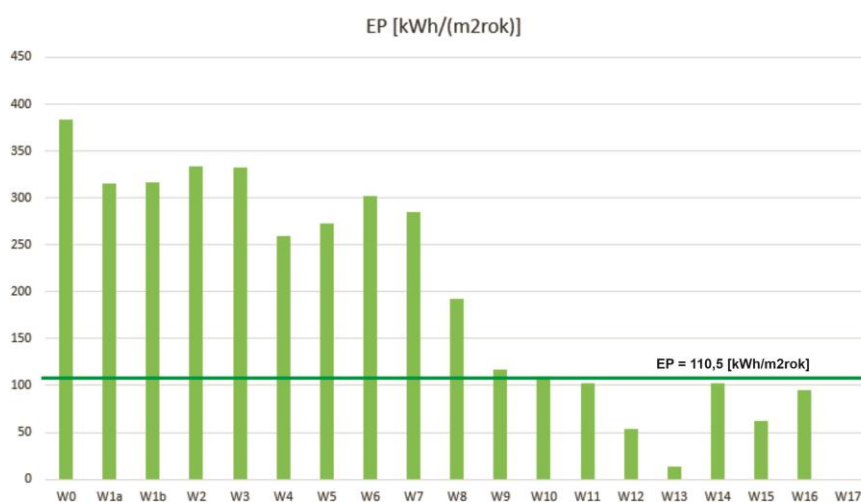


Rys. 26. Procentowe obniżenie Energii Końcowej w stosunku do stanu istniejącego.

Podobnie jak w przypadku Energii Użytkowej, również w przypadku Energii Końcowej wyraźne obniżenie zużycia energii widoczne jest dla wariantów W9-W17. Poprzez kompleksowe działania termomodernizacyjne można osiągnąć aż o 88% zmniejszenie zapotrzebowania na energię w zabytkowym budynku użyteczności publicznej.

Na wykresie 27 przedstawiono wartości Energii Pierwotnej dla analizowanych wariantów, gdzie wprowadzono oprócz wcześniejszych działań termomodernizacyjnych, odzysk ciepła z rekuperacji.

Widać też wpływ kolejnych działań termomodernizacyjnych na zapotrzebowanie na energię. Jednak dopiero kompleksowo podjęte działania mogą przynieść zamierzony skutek redukcji zużycia energii. Na wykresie 27 przedstawiono wartości Energii Pierwotnej. W naszej analizie jest to najważniejszy wykres, ponieważ na nim ocenimy które warianty pozwolą na osiągnięciu standardu budynku o niemal zerowym zużyciu energii. Dla naszego obiektu wartość graniczna wynosi  $EP_{max} = 110,5$  [kWh/(m<sup>2</sup>rok)].

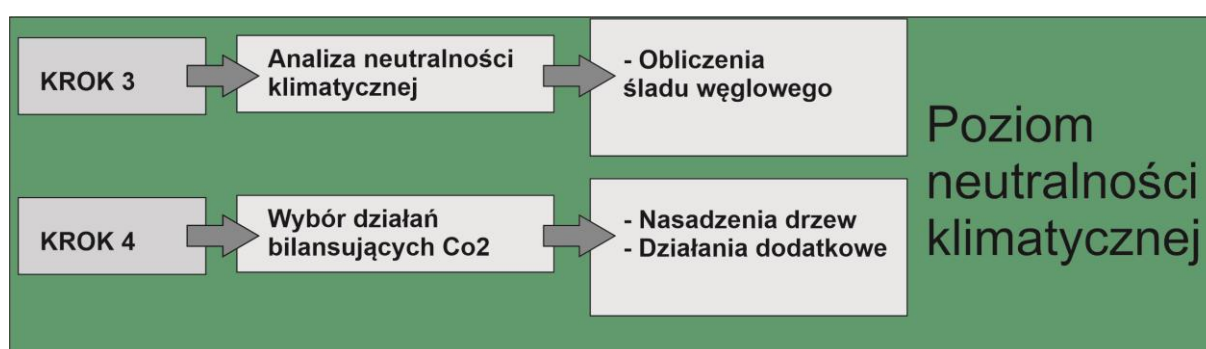


Rys. 27. Energia Pierwotna dla analizowanych wariantów.

Warianty, które według prawa polskiego można uznać za standard o niemal zerowym zużyciu energii to warianty W10–W17. W wariantach W10, W11 założono głęboką kompleksową termomodernizację. W wariantach W12–W17 założono wymianę źródła ciepła na OZE. Najniższe wartości osiąga wariant W13, gdzie źródłem energii cieplnej jest biomasa a źródłem energii elektrycznej są panele PV.

**Wartość EP = 0 [kWh/m<sup>2</sup>rok]! Osiąga wariant W17, czyli wariant w którym założono realnie do wykonania działania termoizolacyjne, źródłami energii są tutaj: powietrzna pompa ciepła i panele PV. Jest to najlepszy wariant, budynku netto zeroenergetycznego.**

**NEUTRALNOŚĆ KLIMATYCZNA OBLICZONA ZGODNIE Z ZAPROPONOWANĄ METODOLOGIĄ.**



W niniejszym rozdziale przeprowadzono analizę proponowanych wariantów termomodernizacji budynku Teatru im. Juliusza Słowackiego w Krakowie. Celem opracowania było oszacowanie wbudowanego oraz operacyjnego śladu węglowego dla wybranych wariantów działań termomodernizacyjnych.

Do oszacowania śladu węglowego zostały wykorzystane obliczenia energetyczne dla analizowanego obiektu.

Na rys. 28 przedstawiono wartości ekwiwalentnej emisji CO<sub>2</sub> dla fazy C5 (ślad węglowy wbudowany) dla następujących wariantów:

WARIANT 1 (W.1) - docieplenie ścian zewnętrznych budynku

- a) W.1.A - styropian
- b) W.1.B - docieplenie z wełny mineralnej
- c) W.1.C - docieplenie z pianki PUR

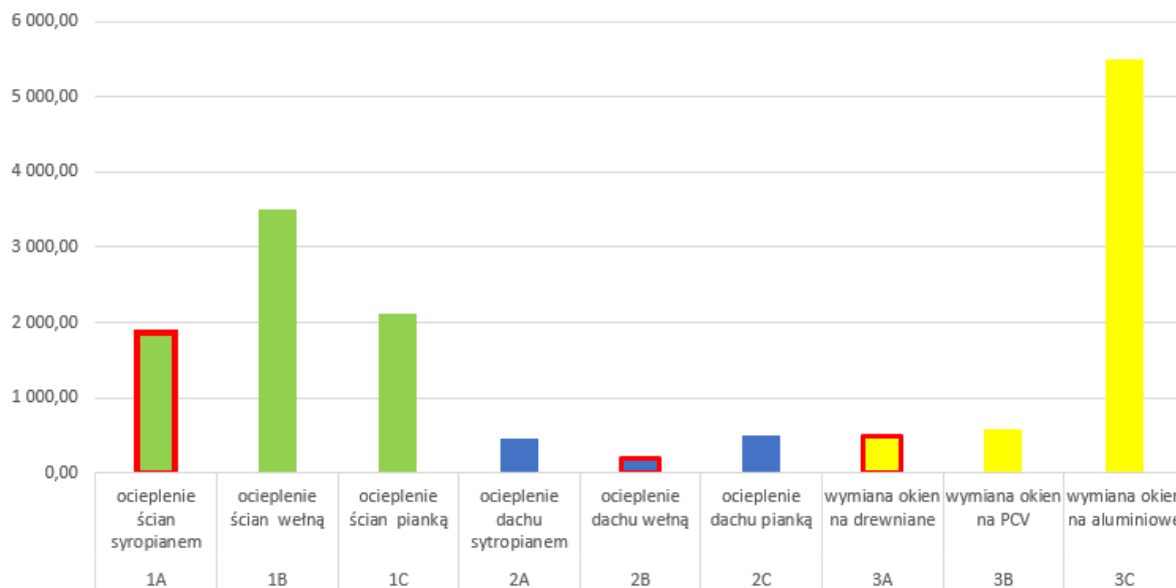
2) WARIANT 2 (W.2) – wymiana okien i drzwi

- a) W.2.A – okna i drzwi PCV
- b) W.2.B – okna i drzwi drewniane
- c) W.2.C – okna i drzwi aluminiowe

3) WARIANT 3 (W.3) – docieplenie dachów/stropodachów

- a) W.3.A – wełna mineralna
- b) W.3.B – styropian
- c) W.3.C – PIR

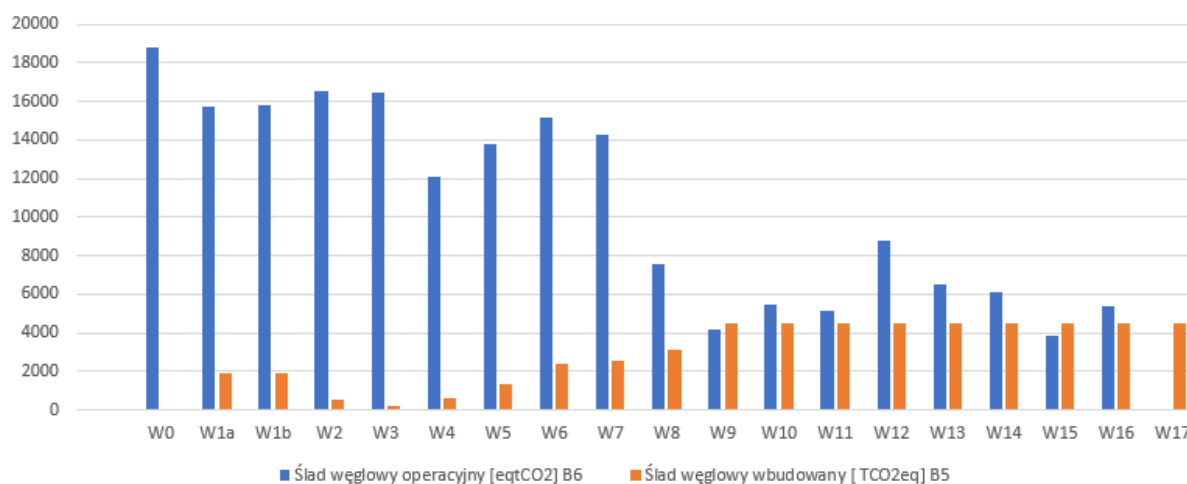
Obliczenia wykonano dla 30 lat.



Rys. 28. Wyniki analizy śladu węglowego WBUDOWANEGO dla różnych materiałów docieplenia dla Fazy B5.

Do dalszych analiz przyjęto docieplenie zarówno ścian jak i dachów/stropodaców wełną mineralną. Co prawda w przypadku ścian ślad węglowy wbudowany jest niższy dla styropianu, jednak biorąc pod uwagę zalecenia z zakresu fizyki budowli wybrano docieplenie od wewnątrz (budynek zabytkowy) wełną mineralną na ruszcie. W termomodernizacji przewidziano wymianę okien na okna drewniane takie jak są obecnie z zachowaniem historycznych detali.

Na rys. 29 przedstawiono porównanie wartości śladu wbudowanego oraz śladu operacyjnego dla wszystkich rozpatrywanych wariantów termomodernizacji.



Rys. 29. Zestawienie wartości śladu węglowego wbudowanego B5 (obejmuje jedynie materiały i technologie dla dociepleń ścian i dachu oraz wymianę okien) oraz operacyjnego B6. Obliczenia wykonano dla 30 lat.

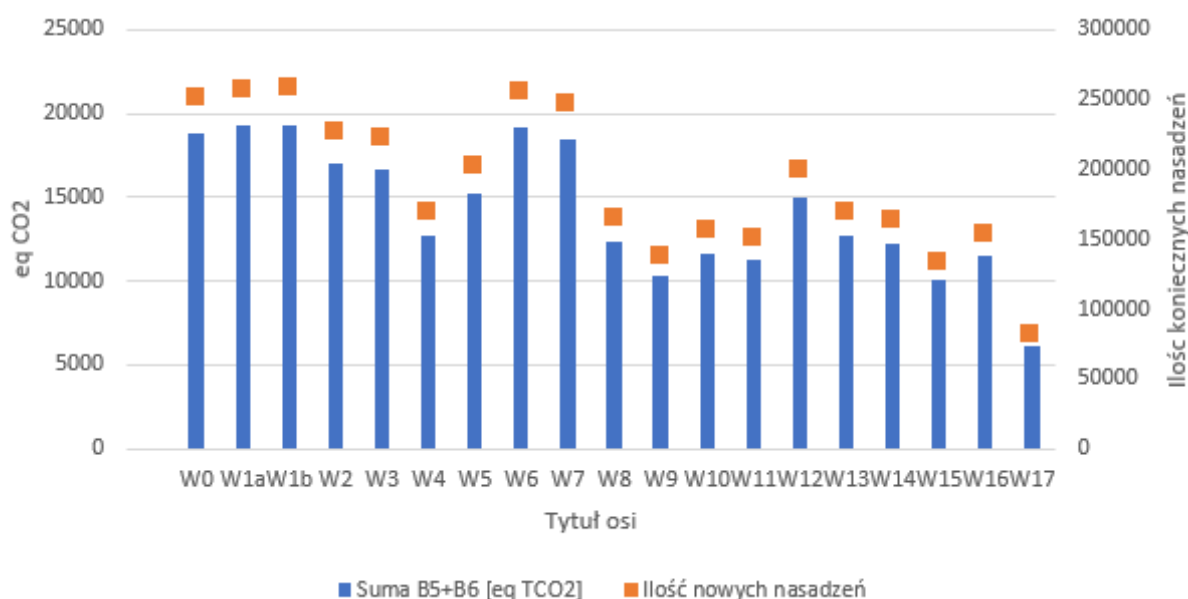


Jak można zauważyć, przy przyjętych założeniach w zaproponowanej metodologii dla wariantów pojedynczych działań termomodernizacyjnych ślad węglowy operacyjny jest bardzo duży w porównaniu ze śladem węglowym wbudowanym. Jeśli rozpatrzmy głęboką termomodernizację obejmującą wiele działań ślad wbudowany jest zbliżony do operacyjnego, co za tym idzie, należy świadomie wybierać materiały budowlane do termomodernizacji. Zerowa wartość śladu operacyjnego jest możliwa jedynie w przypadku zastosowania pompy ciepła i produkcji energii elektrycznej z paneli PV.

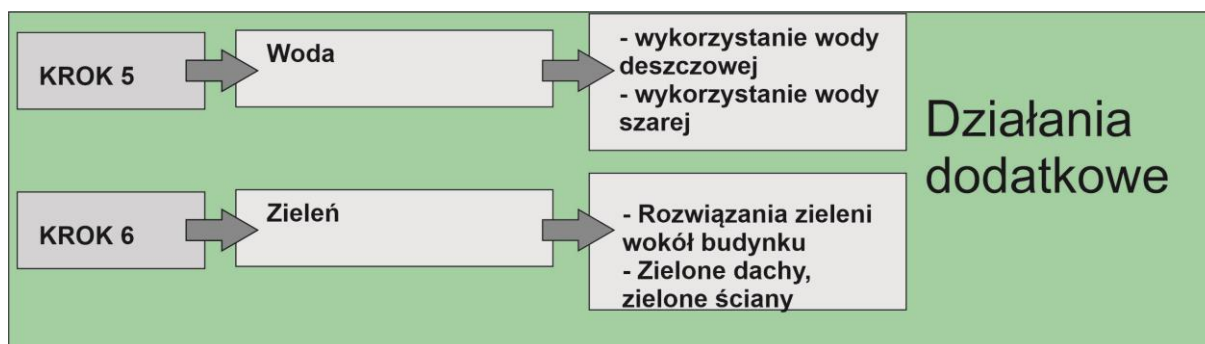
### BILANSOWANIE NEUTRALNOŚCI KLIMATYCZNEJ BUDYNKU UŻYTECZNOŚCI PUBLICZNEJ

Aby rozpatrywać budynek neutralny klimatycznie należy rozpatrzyć tzw. bilansowanie neutralności budynku. Po określeniu wielkości emisji CO<sub>2</sub> najpierw należy rozważyć możliwość zmniejszenia energochłonności obiektu a następnie skorzystać z kredytów które pozwolą na „zbilansowanie” takiej emisji. W metodologii przyjęto bilansowanie neutralności nasadzeniem nowych drzew i zieleni.

Dla obliczeń ilości potrzebnych do nasadzeń drzew przyjęto wartość średnią dla czterech najbardziej popularnych gatunków: Mog. Jest to wówczas 750 kg CO<sub>2</sub> zaabsorbowane w ciągu 100 lat życia. Zakładamy udatność nasadzenia na 10%.



Rys. 30. Ilość koniecznych nowych nasadzeń drzew dla poszczególnych wariantów termomodernizacji uwzględnionych w analizie.



## ARCHITEKTURA BŁĘKITNO-ZIELONA

Teatr Słowackiego zlokalizowany jest w bardzo ładnej zielonej scenerii plant krakowskich. Zieleń otacza budynek od strony północnej. Tam raczej nie ma możliwości wprowadzania dodatkowych działań. Od strony frontu oraz południowej można zaprojektować zieleń, co będzie uzupełnieniem opracowania. Zieleń zostanie opracowana przez studentów w trakcie warsztatów projektowych.

Zaleca się zmianę szczelnych, twardych opasek wokół budynku na ogródki fasadowe, czyli pas zieleni transpirującej nadmiar wody i wilgoci z gruntu. Zielona opaska wokół budynku tłumi rozbryzg deszczu i chroni cokół przed zamoczeniem przez wodę odbijającą się od powierzchni utwardzonej. Roślinność przyspiesza też odparowanie (ewapotranspirację) nadmiaru wody z gruntu.

Sadzenie roślin bezpośrednio przy ścianach budynku to także sposób na aktywne osuszenie gruntu, a tym samym ochronę piwnic, fundamentów i murów przed zawilgoceniem. Równoczesne zmniejszenie spływu powierzchniowego wody do kanalizacji zmniejsza ryzyko przeciążenia sieci kanalizacyjnej, które rośnie wraz ze zmianami klimatu.

Bezpośrednio przy ścianach nie należy sadzić roślin z ekstensywnym systemem korzeniowym. Jako naturalny drenaż najbliższego otoczenia budynku można zastosować wysokie byliny o grubych łodygach, takie jak malwy, słoneczniki i hortensje oraz róże, a także rośliny płożące oraz trawy ozdobne, które tolerują zarówno okresy suszy, jak i intensywne deszcze. Wokół obiektu zabytkowego należy sadzić roślinność odpowiednio dobraną do charakteru (stylu i typu) architektury i czasu jej powstania.

Ogrody fasadowe można uzupełnić, tworząc nieco bardziej oddalone od murów zagłębienia w gruncie: niecki chłonne lub ogrody deszczowe, umożliwiające okresowe gromadzenie wody. Niecki i ogrody deszczowe mogą pozwalać na infiltrację wód do gruntu, ale przy budynkach najczęściej tworzy się ogrody uszczelnione, aby nie narażać fundamentów na zawilgocenie. Ogrody deszczowe obsadza się roślinami odpowiednimi dla terenów podmokłych lub okresowo zalewanych.

Uzupełnieniem lub zamiennikiem takich rozwiązań w gruncie mogą być ogrody deszczowe w pojemnikach (donicach, skrzyniach), zasilane wodą z rur spustowych, a tam, gdzie dysponujemy większą przestrzenią – małe stawy retencyjne i zbiorniki bioretencyjne.

Odtwarzanie naturalnej gospodarki wodnej przez rozszczelnienie powierzchni i otoczenie budynku zielenią można uzupełnić rozwiązaniami technicznymi: zbieraniem wody deszczowej z dachu w zbiornikach naziemnych albo podziemnych do wykorzystania w budynku (np. do spłukiwania toalet) i w jego otoczeniu, do podlewania roślin. Jeszcze korzystniejszą dla klimatu alternatywą może być zazielenienie dachu.

**Mikroretencja ma istotne znaczenie dla bioróżnorodności i klimatu oraz, przez zatrzymanie lub spowolnienie spływu powierzchniowego, ogranicza ryzyko przeciążenia kanalizacji, podtopień i powodzi. Możliwość implementacji wyników dla innych obiektów**

Analizowany budynek Teatru jest budynkiem specyficznym, zarówno pod kątem konstrukcji, bryły budynku jak i sposobu użytkowania. Niektóre z elementów zaproponowanych dla tego konkretnego obiektu, takie jak wybór działań termomodernizacyjnych, wybór źródeł ciepła, energii elektrycznej opartych na OZE są wynikiem dogłębnych analiz. Takie analizy należy przeprowadzić dla każdego ocenianego budynku indywidualnie. Jednak Metodologia wypracowana przez autorów opracowania może służyć jako schemat postępowania dojścia do neutralności klimatycznej budynków zabytkowych użyteczności publicznej.

### Wnioski końcowe

Analizowany budynek Teatru im. Solskiego, zlokalizowany w Krakowie jest budynkiem wyjątkowym. Analizy wykazały, że aby osiągnąć standard o niemal zerowym zużyciu energii, bez ingerencji w poprawę termoizolacyjności przegród lub wymianę okien, należałoby zmienić system zasilania budynku w ciepło i chłód. Kotły gazowe, które obecnie obsługują Teatr, mają niską wydajność energetyczną. Jedynie zastosowanie odnawialnych źródeł energii takich jak pompy ciepła i panele fotowoltaiczne (na przykład w systemie wirtualnego prosumenta) pozwolą na osiągnięcie poziomu budynku o niemal zerowym zapotrzebowaniu na energię.

Zgodnie z celami porozumienia paryskiego, Unia Europejska, w tym Polska zobowiązała się do osiągnięcia neutralności klimatycznej do 2050 roku. Osiągnięcie tego celu jest niezbędne dla ograniczenia globalnego ocieplenia i jego negatywnych skutków dla ludzi i środowiska.

Neutralność klimatyczna to stan, w którym emisje gazów cieplarnianych, których nie da się ograniczyć za pomocą dostępnych środków technicznych są równoważone za pomocą nowych nasadzeń drzew, w szczególności pochłaniających jak największe ilości CO<sub>2</sub>. Mogą to być takie drzewa jak: buk, dąb, świerk czy sosna.

Poniżej lista środków technicznych, których zastosowanie pozwoli na określenie budynku Teatru im. J. Słowackiego neutralnym klimatycznie:

- wymiana źródła ciepła na OZE (np. pompa ciepła),
- zasilanie źródła ciepła biogazem lub innym syntetycznym paliwem, które nie pochodzi z paliw kopalnych,



Ponieważ obecne możliwości techniczne nie są w stanie w pełni wyeliminować emisji gazów cieplarnianych związanych z użytkowaniem budynku należy wziąć pod uwagę środki ekonomiczne:

- zakup energii elektrycznej pochodzącej w całości z OZE za pomocą np. świadectw pochodzenia energii, system wirtualny prosument;
- kompensacja pozostałych emisji gazów cieplarnianych za pomocą nasadzeń nowych drzew.