Projekt zintegrowany LIFE „Śląskie. Przywracamy błękit". Kompleksowa realizacja Programu ochrony powietrza dla województwa śląskiego realizowany jest przy dofinansowaniu z Programu LIFE Unii Europejskiej oraz Narodowego Funduszu Ochrony Środowiska i Gospodarki Wodnej.
LIFE20 IPE/PL/000007 - LIFE-IP AQP-SILESIAN-SKY

MODELE ZRÓWNOWAŻONEGO BUDOWNICTWA W PROJEKCIE „ŚLĄSKIE. PRZYWRACAMY BŁĘKIT"

Kompleksowe określenie wpływu budynku na środowisko, wykorzystujące pełną analizę cyklu życia



dr inż. Bartłomiej Rutczyk
prof. dr hab. inż. Andrzej Szlęk
dr hab. inż. arch. Klaudiusz Fross,
prof. dr hab. Arkadiusz Nowak,
prof. dr hab. inż. Ireneusz Szczygieł,
dr inż. Tomasz Bury
dr Helena Jadwiszczok-Molencka

Projekt „Śląskie. Przywracamy błękit"

Województwo Śląskie
2025

Projekt zintegrowany LIFE **„Śląskie. Przywracamy błękit". Kompleksowa realizacja Programu ochrony powietrza dla województwa śląskiego** realizowany jest przy dofinansowaniu z Programu LIFE Unii Europejskiej oraz Narodowego Funduszu Ochrony Środowiska i Gospodarki Wodnej.
LIFE20 IPE/PL/000007 - LIFE-IP AQP-SILESIAN-SKY

Spis treści

Spis treści 1

1 O projekcie zintegrowanym LIFE „Śląskie. Przywracamy błękit" Kompleksowa realizacja Programu ochrony powietrza dla województwa śląskiego 3

2 Działanie C.3. Wypracowanie Modeli Zmniejszenia Oddziaływania Środowiskowego w Budynkach Użyteczności Publicznej 5

3 Kwestie zrównoważonego budownictwa 6
3.1 Zrównoważone budownictwo . . . 6
3.2 Idea Green City . . . 9

4 Podstawowe składowe, a także wady i zalety wykorzystania elementów zrównoważonego budownictwa 11
4.1 Zasady kompleksowej termomodernizacji . . . 11
4.2 Wady i zalety niektórych składowych zrównoważonego budownictwa . . . 12

5 Zasady dotyczące wypracowanych Modeli Zrównoważonego Budownictwa 19
5.1 Uwagi ogólne . . . 19
5.2 Zapotrzebowanie na energię . . . 19
5.3 Źródła ciepła . . . 21
5.4 Źródła chłodu . . . 21
5.5 Źródła energii elektrycznej . . . 21
5.6 Woda opadowa . . . 22
5.7 Edukacja . . . 22
5.8 Magazyny energii . . . 22
5.9 Modernizacja systemów zarządzania energią . . . 22
5.10 Uwagi dodatkowe . . . 23

6 Zmniejszenie emisji 24
6.1 Model obliczeniowy . . . 24
6.1.1 Chwilowy bilans energii dla budynku . . . 25
6.1.2 Generacja energii . . . 27
6.2 Zapotrzebowanie na energię . . . 28
6.3 Obliczenia emisji . . . 28
6.3.1 Emisje związane z zabudową nowych źródeł energii . . . 28
6.3.2 Emisje sieciowe . . . 29
6.3.3 Emisje związane ze spalaniem paliw . . . 29
6.4 Wyniki obliczeń . . . 30

Projekt zintegrowany LIFE „Śląskie. Przywracamy błękit". Kompleksowa realizacja Programu ochrony powietrza dla województwa śląskiego realizowany jest przy dofinansowaniu z Programu LIFE Unii Europejskiej oraz Narodowego Funduszu Ochrony Środowiska i Gospodarki Wodnej.
LIFE20 IPE/PL/000007 - LIFE-IP AQP-SILESIAN-SKY

7 Modele Zrównoważonego Budownictwa dla 9 istniejących obiektów sektorów: administracji, oświaty oraz kultury **35**
7.1 Implementacja w 9 obiektach 35
7.2 Modele zrównoważonych budynków 37
7.2.1 Model nr 1: Krzepice – Szkoła Podstawowa nr 1 im. Adama Mickiewicza (oświata) 37
7.2.2 Model nr 2: Żory - Szkoła podstawowa nr 4 (oświata) 42
7.2.3 Model nr 3: Skoczów - Zespół Szkół Specjalnych (oświata) 47
7.2.4 Model nr 4: Katowice - Urząd Marszałkowski (administracja) 51
7.2.5 Model nr 5: Pietrowice Wielkie – Centrum Usług Społecznościowych (administracja) 55
7.2.6 Model nr 6: Bytom – młodzieżowy dom kultury nr 2 (kultura) 60
7.2.7 Model nr 7: Nędza - budynek wielofunkcyjny (kultura) 64
7.2.8 Model nr 8: Opatów, Gminna Biblioteka Publiczna (kultura) 69
7.2.9 Model nr 9: Świerklaniec – Dom Sportowca (kultura) 73

8 Architektura cyrkularna – cały cykl „życia" budynku **78**
8.1 Wykorzystanie zasad architektury cyrkularnej dla analizowanych przypadków wdrażania Modeli Zrównoważonego Budownictwa 79

Bibliografia **80**

Spis rysunków **82**

Spis tabel **83**



Rysunek 1: Przykładowe wdrażanie zasad zrównoważonego budownictwa (źródło: wygenerowane przez AI)

Projekt zintegrowany LIFE „Śląskie. Przywracamy błękit". Kompleksowa realizacja Programu ochrony powietrza dla województwa śląskiego realizowany jest przy dofinansowaniu z Programu LIFE Unii Europejskiej oraz Narodowego Funduszu Ochrony Środowiska i Gospodarki Wodnej. LIFE20 IPE/PL/000007 - LIFE-IP AQP-SILESIAN-SKY

1 O projekcie zintegrowanym LIFE „Śląskie. Przywracamy błękit” Kompleksowa realizacja Programu ochrony powietrza dla województwa śląskiego

Beneficjent Koordynujący - Województwo Śląskie
Współbeneficjenci – 83 partnerów, w tym:

- 74 gminy województwa śląskiego
- 4 związki subregionalne województwa śląskiego
- Związek Międzygminny ds. Ekologii w Żywcu
- Instytut Technologii Paliw i Energii
- Politechnika Śląska
- Śląski Ogród Botaniczny Związek Stowarzyszeń
- Europejskie Ugrupowanie Współpracy Terytorialnej TRITIA

Okres jego realizacji to 1 stycznia 2022 roku – 31 grudnia 2027 roku.

Projekt współfinansowany jest z Programu LIFE Unii Europejskiej – program działań na rzecz środowiska i klimatu oraz Narodowego Funduszu Ochrony Środowiska i Gospodarki Wodnej. Nadrzędnym celem projektu jest sprawna i efektywna realizacja Programu ochrony powietrza dla województwa śląskiego (dalej POP), który został przyjęty Uchwałą nr VI/21/12/2020 z dnia 22 czerwca 2020 roku przez Sejmik Województwa Śląskiego.

Główny cel projektu jest zbieżny z nadrzędnym celem POP tj. opracowaniem i wdrożeniem działań naprawczych, których realizacja doprowadzi do poprawy jakości powietrza, co w konsekwencji spowoduje ograniczenie niekorzystnego wpływu zanieczyszczeń powietrza na zdrowie i życie mieszkańców województwa śląskiego. Podjęte w ramach projektu działania umożliwią znaczące przyspieszenie tempa wymiany urządzeń grzewczych małej mocy (poniżej 1MW) opalanych paliwami stałymi w sektorze komunalno-bytowym, co stanowi główne źródło sytuacji problemowej na terenie województwa.

W dalszej kolejności do celów projektu należy zaliczyć:

- rozwój potencjału instytucjonalnego, regionalnego systemu wsparcia doradczego oraz regionalnej platformy informacji w zakresie poprawy jakości powietrza (stworzenie lokalnej sieci kompetentnych ekodoradców na poziomie lokalnym – gminnym i subregionalnym);
- rozwój know-how, narzędzi, metod i działań demonstracyjnych, które mogą wzmocnić wdrażanie POP i Europejskiego Zielonego Ładu zarówno na terenie województwa śląskiego, sąsiadujących regionów transgranicznych, jak i na terenie Polski;

Projekt zintegrowany LIFE „Śląskie. Przywracamy błękit”. Kompleksowa realizacja Programu ochrony powietrza dla województwa śląskiego realizowany jest przy dofinansowaniu z Programu LIFE Unii Europejskiej oraz Narodowego Funduszu Ochrony Środowiska i Gospodarki Wodnej.
LIFE20 IPE/PL/000007 - LIFE-IP AQP-SILESIAN-SKY

- podniesienie poziomu wiedzy w różnych grupach docelowych w zakresie niskiej emisji oraz działań zapobiegawczych, z uwzględnieniem ich efektywności finansowej, zarówno na terenie województwa śląskiego, jak i w ujęciu transgranicznym;
- transfer dobrych praktyk do innych regionów Polski i Europy.

Dzięki realizacji projektu osiągnięte zostaną także następujące cele szczegółowe:

- podniesienie skuteczności wdrożonych rozwiązań legislacyjnych (Uchwała antysmogowa) wymuszających wymianę przestarzałych, niskosprawnych urządzeń grzewczych;
- wdrożenie mechanizmów efektywnej kontroli zanieczyszczeń na szczeblu samorządowym i wypracowanie dobrych praktyk w tym zakresie;
- wypracowanie dobrych praktyk w zakresie planowania inwestycji na poziomie gminnym;
- wdrożenie metod optymalnego podnoszenia efektywności energetycznej i racjonalnego inwestowania w obiektach użyteczności publicznej:
- wsparcie władz lokalnych w działaniach na rzecz poprawy jakości powietrza i adaptacji do zmian klimatu poprzez podniesienie jakości przestrzeni publicznej oraz zwiększenie udziału powierzchni zielonej na terenach zurbanizowanych.

Całkowita wartość projektu: 16 515 020 euro (ok. 76 mln zł), w tym:

- środki LIFE (60%): 9 908 979 euro (ok. 45,6 mln zł)
- środki NFOŚiGW (35%): 5 780 243 euro (tj. 25 883 350 zł)
- łączny wkład własny wszystkich partnerów (5%): 825 798 euro (ok. 3,8 mln zł),
  - z czego wkład własny Województwa Śląskiego: 412 121 euro (ok. 1,9 mln zł).



Rysunek 2: Schemat działań projektowych.

Projekt zintegrowany LIFE „Śląskie. Przywracamy błękit”. Kompleksowa realizacja Programu ochrony powietrza dla województwa śląskiego realizowany jest przy dofinansowaniu z Programu LIFE Unii Europejskiej oraz Narodowego Funduszu Ochrony Środowiska i Gospodarki Wodnej.
LIFE20 IPE/PL/000007 - LIFE-IP AQP-SILESIAN-SKY

2 Działanie C.3. Wypracowanie Modeli Zmniejszenia Oddziaływania Środowiskowego w Budynkach Użyteczności Publicznej

Celem działania jest opracowanie modeli, czyli optymalnych rozwiązań organizacyjno-prawno-inwestycyjnych dotyczących poprawy efektywności energetycznej oraz ograniczenia oddziaływania środowiskowego obiektów użyteczności publicznej (MZB – modele zrównoważonego budownictwa). Zadania wchodzące w skład działania obejmują:

- opracowanie przez Politechnikę Śląską wzoru ankiety zużycia energii dla budynków w gminach będących partnerami projektu,
- analizę ankiet zgłoszonych budynków (ponad 150 zgłoszonych budynków),
- monitoring 27 obiektów polegający na opomiarowaniu zużycia ich energii (w kategoriach: administracja, edukacja i kultura),
- analiza danych z monitoringu,
- wypracowanie zasad i rekomendacji do wdrożeń MZB podczas warsztatów eksperckich,
- opracowanie przez Politechnikę Śląską modeli zrównoważonego budownictwa dla badanych budynków z uwzględnieniem ich ww. kategorii,
- wybór pięciu obiektów, w których wdrożone zostaną modele zrównoważonego budownictwa,
- wdrożenie działań w pięciu budynkach (po jednym w każdym z subregionów i jednym we własności Województwa Śląskiego),
- pilotażowe przygotowanie dokumentów koncepcyjnych w ramach długoterminowego rozwoju działań w kontekście neutralności klimatycznej - wdrożenie modeli zrównoważonego budownictwa na obszarze przygranicznym,
- replikacja rozwiązań.

Monitoring 27 budynków, w oparciu o który opracowane zostały modele zrównoważonych budynków obejmował:

- Prowadzone badania w zakresie wszystkich budynków:
  - lokalne warunki meteorologiczne (temperatura, prędkość wiatru, nasłonecznienie) – pomiar zewnętrzny,
  - pomiar temperatury w wybranych pomieszczeniach,
  - poziom stężenia CO2 w pomieszczeniach,
  - pomiar parametru świadczącego o intensywności użytkowania budynku takich jak na przykład licznik otwarcia drzwi, licznik wchodzących i wychodzących, itp. (zależnie od charakteru budynku i możliwości instalacyjnych).

Projekt zintegrowany LIFE „Śląskie. Przywracamy błękit". Kompleksowa realizacja Programu ochrony powietrza dla województwa śląskiego realizowany jest przy dofinansowaniu z Programu LIFE Unii Europejskiej oraz Narodowego Funduszu Ochrony Środowiska i Gospodarki Wodnej.
LIFE20 IPE/PL/000007 - LIFE-IP AQP-SILESIAN-SKY

- W przypadku budynków wyposażonych w systemy klimatyzacji:
  - miernik zużycia energii elektrycznej do zasilania klimatyzatorów.
- Pomiar sumarycznej ilości energii zużytej do celów grzewczych i c.w.u. Pomiar w przedziale miesięcznym:
  - w przypadku kotłów węglowych – sumaryczna masa spalonego węgla wraz z dokumentem dostarczanym przez dostawcę określającym typ i kaloryczność węgla,
  - w przypadku kotłów olejowych – objętość spalonego oleju z notowaniem parametrów kalorycznych deklarowanych przez producenta,
  - w przypadku sieci ciepłowniczej – sumaryczna ilość energii zakupionej od dostawcy według licznika energii cieplnej,
  - w przypadku kotła gazowego – sumaryczna objętość spalonego gazu,
  - w przypadku pompy ciepła – sumaryczna ilość energii elektrycznej wykorzystanej do napędu pompy,
  - pomiar chwilowej mocy cieplnej dla potrzeb grzewczych i ciepłej wody użytkowej – licznik energii cieplnej po stronie instalacji odbiorczej lub dwa liczniki w przypadku możliwości oddzielnego pomiaru ciepła dostarczanego do podgrzania ciepłej wody użytkowej.
  - W przypadku paneli PV lub kolektorów słonecznych:
- pomiar ilości wytwarzanej energii elektrycznej w przypadku paneli PV oraz licznik energii cieplnej w przypadku kolektorów cieplnych.

Modele zrównoważonego budownictwa umożliwią wskazanie kluczowych działań i narzędzi możliwych do wdrożenia w różnych obiektach (administracji, edukacji i kulturze), które zmniejszą negatywne oddziaływanie budynków na środowisko. Oprócz opracowania wytycznych i modeli teoretycznych, nastąpi ich demonstracyjna implementacja - testowanie, ocena i prezentacja wyników w pięciu budynkach na terenie województwa śląskiego (wybór lokalizacji zostanie przeprowadzony na podstawie rekomendacji i wytycznych opracowanych przez Politechnikę Śląską). Na ten cel w projekcie „Śląskie. Przywracamy błękit" przeznaczono dla każdego z budynków niespełna 0,5 mln €.

3 Kwestie zrównoważonego budownictwa

3.1 Czym jest zrównoważone budownictwo?

Zrównoważone budownictwo to podejście do projektowania, wznoszenia i eksploatacji budynków w sposób minimalizujący negatywny wpływ na środowisko, przy jednoczesnym zapewnieniu wysokiej jakości życia użytkownikom. Obejmuje ono strategie mające na celu efektywne wykorzystanie zasobów naturalnych, ograniczenie emisji CO_2 oraz promowanie zdrowych i komfortowych przestrzeni mieszkalnych i użytkowych. Zrównoważone budownictwo to nie tylko ekologiczne rozwiązania, ale także długoterminowa oszczędność, poprawa komfortu życia i odpowiedzialność za przyszłe pokolenia. Najważniejsze elementy zrównoważonego budownictwa

Projekt zintegrowany LIFE „Śląskie. Przywracamy błękit". Kompleksowa realizacja Programu ochrony powietrza dla województwa śląskiego realizowany jest przy dofinansowaniu z Programu LIFE Unii Europejskiej oraz Narodowego Funduszu Ochrony Środowiska i Gospodarki Wodnej.
LIFE20 IPE/PL/000007 - LIFE-IP AQP-SILESIAN-SKY



Rysunek 3: Przykładowe wdrażanie zasad zrównoważonego budownictwa (źródło: wygenerowane przez AI)

- Efektywność energetyczna
  - Stosowanie energooszczędnych technologii (np. pompy ciepła, panele fotowoltaiczne, systemy zarządzania energią).
  - Izolacja termiczna i szczelność budynków, aby zmniejszyć straty ciepła.
  - Wykorzystanie odnawialnych źródeł energii.

- Gospodarka wodna
  - Zbieranie i ponowne wykorzystanie deszczówki oraz szarej wody.
  - Instalowanie armatury oszczędzającej wodę (np. perlatory, systemy podwójnego spłukiwania).

- Ekologiczne materiały budowlane
  - Użycie surowców odnawialnych i niskoemisyjnych (np. drewno z certyfikowanych upraw, beton z domieszką popiołów lotnych).
  - Recykling i ponowne wykorzystanie materiałów budowlanych.

- Jakość środowiska wewnętrznego
  - Wysoka jakość powietrza wewnątrz budynków (wentylacja mechaniczna z odzyskiem ciepła, filtry powietrza).
  - Stosowanie nietoksycznych materiałów (np. farby i lakiery o niskiej zawartości lotnych związków organicznych).
  - Naturalne oświetlenie i akustyka poprawiające komfort użytkowników.

Projekt zintegrowany LIFE „Śląskie. Przywracamy błękit". Kompleksowa realizacja Programu ochrony powietrza dla województwa śląskiego realizowany jest przy dofinansowaniu z Programu LIFE Unii Europejskiej oraz Narodowego Funduszu Ochrony Środowiska i Gospodarki Wodnej.
LIFE20 IPE/PL/000007 - LIFE-IP AQP-SILESIAN-SKY



Rysunek 4: Przykładowe wdrażanie zasad zrównoważonego budownictwa (źródło: wygenerowane przez AI)

- Minimalizacja odpadów budowlanych
  - Prefabrykacja elementów budowlanych ograniczająca odpady.
  - Segregacja i recykling odpadów budowlanych.

- Zielona infrastruktura
  - Zielone dachy i ściany wspomagające izolację termiczną i poprawiające jakość powietrza.
  - Bioróżnorodność wokół budynków (np. ogrody deszczowe, łąki kwietne, nasadzenia drzew).

- Transport i mobilność
  - Projektowanie osiedli przyjaznych pieszym i rowerzystom.
  - Bliskość transportu publicznego i infrastruktury ładowania pojazdów elektrycznych.

Zielony budynek, a dokładniej – budynek zrównoważony, to zatem obiekt oszczędny, komfortowy i stworzony z poszanowaniem środowiska naturalnego. Do jego składowych zaliczyć należy:

- Efektywne wykorzystanie zasobów, zwłaszcza nieodnawialnej energii i wody.
- Zapewnienie zdrowego i komfortowego środowiska dla użytkowników budynku.
- Odpowiedzialność względem otoczenia i lokalizacji budynku.

Projekt zintegrowany LIFE „Śląskie. Przywracamy błękit". Kompleksowa realizacja Programu ochrony powietrza dla województwa śląskiego realizowany jest przy dofinansowaniu z Programu LIFE Unii Europejskiej oraz Narodowego Funduszu Ochrony Środowiska i Gospodarki Wodnej.
LIFE20 IPE/PL/000007 - LIFE-IP AQP-SILESIAN-SKY

- Elastyczność i możliwość readaptacji budynku oraz instalacji i urządzeń w budynku jako sposobu na ochronę zasobów i oszczędność.
- Zastosowanie systemów zarządzania budynkiem monitorujących i sterujących urządzeniami i instalacjami w celu minimalizacji zużycia energii i innych zasobów.
- Minimalizacja ilości produkowanych odpadów i recykling.
- Unikanie toksycznych i innych szkodliwych emisji.
- Wykorzystanie do budowy materiałów przyjaznych dla środowiska, czyli spełniających min. jedno z kryteriów:
  - wykonane z materiałów recyklingowych, odpadów rolniczych,
  - przy ich produkcji nie są eksploatowane surowce naturalne
  - minimalizowane jest negatywne oddziaływanie na środowisko przy ich wytwarzaniu, niszczeniu czy naprawie,
  - w ich wytwarzaniu oszczędzana jest energia i woda,
  - przyczyniają się do zdrowego i bezpiecznego środowiska wewnętrznego,
  - wyprodukowano je lokalnie.

3.2 Zrównoważone budownictwo i idea Green City, czyli Zielonych miast.

Green City (Zielone Miasta) to koncepcja urbanistyczna zakładająca tworzenie miast przyjaznych dla ludzi i środowiska poprzez zrównoważone zarządzanie zasobami, zieloną infrastrukturę oraz technologie ograniczające negatywny wpływ na klimat. Ich celem jest poprawa jakości życia mieszkańców, redukcja emisji CO_2 oraz adaptacja do zmian klimatycznych.

Kluczowe cechy Green City:

- Zrównoważona mobilność
  - Rozwój transportu publicznego i ścieżek rowerowych.
  - Promowanie pojazdów elektrycznych i stacji ładowania.
  - Strefy bezemisyjne i ograniczenie ruchu samochodowego w centrach miast.
- Zielona infrastruktura
  - Tworzenie parków, zielonych dachów i ścian.
  - Ochrona terenów zielonych i bioróżnorodności.
  - Ogrody deszczowe i zbiorniki retencyjne do zarządzania wodą opadową.
- Efektywność energetyczna
  - Stosowanie odnawialnych źródeł energii (fotowoltaika, geotermia, turbiny wiatrowe).
  - Budynki pasywne i zeroemisyjne.
  - Inteligentne systemy zarządzania energią w budynkach.

Projekt zintegrowany LIFE „Śląskie. Przywracamy błękit". Kompleksowa realizacja Programu ochrony powietrza dla województwa śląskiego realizowany jest przy dofinansowaniu z Programu LIFE Unii Europejskiej oraz Narodowego Funduszu Ochrony Środowiska i Gospodarki Wodnej.
LIFE20 IPE/PL/000007 - LIFE-IP AQP-SILESIAN-SKY



Rysunek 5: Przykładowe wdrażanie zasad Green City (źródło: wygenerowane przez AI)

- Gospodarka cyrkularna
  - Minimalizacja odpadów i promowanie recyklingu.
  - Ponowne wykorzystanie wody deszczowej i szarej.
  - Produkcja lokalna i krótkie łańcuchy dostaw.
- Adaptacja do zmian klimatu
  - Systemy chłodzenia miejskiego (np. zacienione przestrzenie, fontanny).
  - Ochrona przed powodziami poprzez retencję wody i permeabilne nawierzchnie.
  - Strategie zapobiegania wyspom ciepła w miastach.
- Społeczność i edukacja ekologiczna
  - Programy edukacyjne dla mieszkańców i firm.
  - Partycypacja obywatelska w planowaniu przestrzeni miejskiej.
  - Inicjatywy wspierające lokalną gospodarkę i rolnictwo miejskie.

Przykłady Green City na świecie:

- Kopenhaga (Dania) – miasto neutralne klimatycznie, z priorytetem dla rowerzystów.
- Singapur – rozbudowana zielona infrastruktura i ekologiczne budownictwo.
- Freiburg (Niemcy) – modelowy ekomiasto z dzielnicą Vauban jako wzorem zrównoważonego planowania.

Projekt zintegrowany LIFE „Śląskie. Przywracamy błękit". Kompleksowa realizacja Programu ochrony powietrza dla województwa śląskiego realizowany jest przy dofinansowaniu z Programu LIFE Unii Europejskiej oraz Narodowego Funduszu Ochrony Środowiska i Gospodarki Wodnej.
LIFE20 IPE/PL/000007 - LIFE-IP AQP-SILESIAN-SKY

4 Podstawowe składowe, a także wady i zalety wykorzystania elementów zrównoważonego budownictwa

4.1 Zasady kompleksowej termomodernizacji

1. Kompleksowa termomodernizacja budynku to zestaw działań mających na celu poprawę efektywności energetycznej, zmniejszenie strat ciepła oraz obniżenie kosztów eksploatacyjnych. Obejmuje ona:

   - Ocieplenie przegród zewnętrznych
     - Ściany zewnętrzne – docieplenie styropianem, wełną mineralną lub innymi materiałami izolacyjnymi.
     - Dach/stropodach – izolacja zapobiegająca utracie ciepła przez górną część budynku.
     - Stropy i podłogi na gruncie – izolacja termiczna dolnych części budynku.
   - Wymiana stolarki okiennej i drzwiowej - montaż okien i drzwi o lepszych parametrach izolacyjnych (np. okna trzyszybowe, drzwi o niskim współczynniku przenikania ciepła).
   - Modernizacja systemu ogrzewania
     - Wymiana kotła na bardziej efektywny (np. gazowy kondensacyjny, pompa ciepła, kocioł na biomasę).
     - Optymalizacja systemu grzewczego (modernizacja grzejników, instalacji c.o.).
     - Montaż inteligentnych systemów zarządzania ciepłem (termostaty, automatyka pogodowa).
   - Modernizacja systemu wentylacji - instalacja wentylacji mechanicznej z odzyskiem ciepła (rekuperacja), co zmniejsza straty ciepła.
   - Modernizacja systemu przygotowania ciepłej wody użytkowej (CWU) - wymiana przestarzałych podgrzewaczy na energooszczędne urządzenia (pompy ciepła do CWU, kolektory słoneczne).
   - Wykorzystanie odnawialnych źródeł energii (OZE) - montaż instalacji fotowoltaicznej do produkcji energii elektrycznej.
   - Optymalizacja zużycia energii elektrycznej
     - Wymiana oświetlenia na energooszczędne LED.
     - Zastosowanie inteligentnych systemów zarządzania energią.
   - Korzyści kompleksowej termomodernizacji:
     - Obniżenie kosztów ogrzewania (nawet o 50-70%).
     - Poprawa komfortu cieplnego w budynku (brak przeciągów, zimnych ścian).
     - Zmniejszenie emisji CO_2 i poprawa ekologicznego bilansu budynku.
     - Podniesienie wartości nieruchomości dzięki lepszej efektywności energetycznej.
     - Możliwość uzyskania dofinansowania z programów takich jak „Czyste Powietrze” czy funduszy unijnych.

Projekt zintegrowany LIFE „Śląskie. Przywracamy błękit”. Kompleksowa realizacja Programu ochrony powietrza dla województwa śląskiego realizowany jest przy dofinansowaniu z Programu LIFE Unii Europejskiej oraz Narodowego Funduszu Ochrony Środowiska i Gospodarki Wodnej.
LIFE20 IPE/PL/000007 - LIFE-IP AQP-SILESIAN-SKY

4.2 Wady i zalety niektórych składowych zrównoważonego budownictwa

1. Zielone Ściany:
    - Zalety zielonych ścian:
        - Poprawa jakości powietrza – rośliny absorbują zanieczyszczenia i produkują tlen, co wpływa na czystsze powietrze.
        - Regulacja temperatury – Zielone ściany zmniejszają efekt miejskiej wyspy ciepła, izolują budynki, obniżając temperaturę latem i ograniczając straty ciepła zimą.
        - Estetyka i poprawa dobrostanu – Zielone ściany tworzą przyjemne środowisko, redukują stres i poprawiają nastrój użytkowników przestrzeni.
        - Zwiększenie bioróżnorodności – Tworzą siedliska dla owadów, ptaków i innych organizmów, wspierając lokalny ekosystem.
        - Redukcja hałasu – Warstwa roślin pochłania dźwięki, poprawiając akustykę w budynkach i na zewnątrz.
        - Zwiększenie wartości nieruchomości – Zieleń na budynkach przyciąga uwagę inwestorów i podnosi prestiż lokalizacji.
        - System retencji – ponowne wykorzystanie wody opadowej.
    - Wady zielonych ścian
        - Wysoki koszt instalacji – Systemy zielonych ścian, zwłaszcza z automatycznym nawadnianiem, mogą być drogie.
        - Konserwacja i utrzymanie – Wymagają regularnej pielęgnacji, nawożenia i kontroli systemu nawadniania, co generuje dodatkowe koszty.
        - Ryzyko uszkodzenia elewacji – Przy źle zaprojektowanej instalacji może dojść do zawilgocenia ścian i uszkodzenia struktury budynku.
2. Zielone Dachy
    - Zalety zielonych dachów:
        - Poprawa jakości powietrza – Rośliny na dachach filtrują zanieczyszczenia i produkują tlen.
        - Regulacja temperatury – Zielone dachy izolują budynki, obniżając temperaturę latem i ograniczając straty ciepła zimą.
        - Redukcja efektu miejskiej wyspy ciepła – Pokrycie dachów roślinnością pomaga obniżyć temperaturę w miastach.
        - Gromadzenie i retencja wody opadowej – Zielone dachy zmniejszają ilość wody spływającej do kanalizacji, co ogranicza ryzyko podtopień.
        - Poprawa estetyki i komfortu psychicznego – Dachy pokryte roślinnością tworzą atrakcyjne i relaksujące przestrzenie.
        - Zwiększenie bioróżnorodności – Tworzą siedliska dla owadów, ptaków i małych zwierząt.
        - Ochrona pokrycia dachowego – Roślinność chroni dach przed czynnikami atmosferycznymi, wydłużając jego żywotność.

Projekt zintegrowany LIFE „Śląskie. Przywracamy błękit". Kompleksowa realizacja Programu ochrony powietrza dla województwa śląskiego realizowany jest przy dofinansowaniu z Programu LIFE Unii Europejskiej oraz Narodowego Funduszu Ochrony Środowiska i Gospodarki Wodnej.
LIFE20 IPE/PL/000007 - LIFE-IP AQP-SILESIAN-SKY

  - Możliwość wykorzystania jako przestrzeń użytkowa – W przypadku dachów intensywnych mogą powstawać ogrody, tarasy czy miejsca rekreacji.
- Wady zielonych dachów
  - Wysoki koszt instalacji – Wymaga odpowiedniego przygotowania konstrukcji budynku i systemu odprowadzania wody.
  - Obciążenie konstrukcji – Zielone dachy mogą być ciężkie, co wymaga wzmocnienia budynku.
  - Konserwacja i pielęgnacja – Dachy intensywne wymagają regularnego podlewania, nawożenia i przycinania roślin.
  - Możliwe problemy z drenażem – Niewłaściwie zaprojektowane systemy mogą prowadzić do zalegania wody i przecieków.

3. Pompy ciepła - pobierają ciepło z otoczenia (powietrza, wody lub gruntu) i przekazują je do systemu grzewczego budynku.
   - Rodzaje:
     - Powietrzne pompy ciepła – najczęściej stosowane, pobierają ciepło z powietrza zewnętrznego.
     - Gruntowe pompy ciepła – wykorzystują energię cieplną zgromadzoną w ziemi (wymagają kolektora poziomego lub sond pionowych).
     - Wodne pompy ciepła – pobierają energię z wód gruntowych lub powierzchniowych (rzadziej stosowane).
   - Zalety:
     - Bardzo wysoka efektywność (COP 3–5, czyli 1 kWh energii elektrycznej dostarcza 3–5 kWh ciepła).
     - Niskie koszty eksploatacji.
     - Brak emisji spalin na miejscu użytkowania.
   - Wady:
     - Wysokie koszty zakupu i instalacji.
     - Wymagają dostępu do energii elektrycznej.
4. Kotły na biomasę - spalają odnawialne materiały organiczne, generując ciepło do ogrzewania budynku i wody użytkowej.
   - Rodzaje:
     - Kotły na pellet – automatyczne, wygodne w obsłudze, bardzo efektywne.
     - Kotły na drewno i zrębki – wymagają ręcznego dokładania paliwa, ale są tańsze w eksploatacji.
   - Zalety:
     - Wysoka efektywność energetyczna.
     - Niskie koszty eksploatacji w porównaniu do gazu czy oleju opałowego.

Projekt zintegrowany LIFE „Śląskie. Przywracamy błękit". Kompleksowa realizacja Programu ochrony powietrza dla województwa śląskiego realizowany jest przy dofinansowaniu z Programu LIFE Unii Europejskiej oraz Narodowego Funduszu Ochrony Środowiska i Gospodarki Wodnej.
LIFE20 IPE/PL/000007 - LIFE-IP AQP-SILESIAN-SKY

- Wady:
  - Wymagają miejsca do przechowywania paliwa.
  - Emisja spalin, choć znacznie niższa niż w przypadku węgla.

5. Wykorzystanie paneli fotowoltaicznych.
   - Zalety:
     - Oszczędność na rachunkach za prąd.
     - Niezależność energetyczna.
     - Długa żywotność – panele działają zazwyczaj 25–30 lat, a ich wydajność spada powoli i stopniowo.
     - Niskie koszty eksploatacji – panele są praktycznie bezobsługowe, wymagają jedynie okazjonalnego czyszczenia i przeglądu.
   - Wady:
     - Zależność od warunków pogodowych.
     - Konieczność posiadania odpowiedniej powierzchni montażowej.
     - Spadek wydajności z czasem – choć panele są trwałe, ich efektywność stopniowo spada (ok. 0,5–1% rocznie).
     - Zależność od systemów rozliczeń (np. net-billing)– sposób, w jaki rozlicza się nadwyżki energii z siecią, wpływa na opłacalność inwestycji.
     - Utylizacja po okresie eksploatacji.

6. Mniej popularne w polskich warunkach, aczkolwiek wykorzystywane, są **kolektory słoneczne**, które przechwytują energię słoneczną i przekształcają ją na ciepło do podgrzewania wody użytkowej lub wspomagania ogrzewania.
   - Rodzaje:
     - Płaskie kolektory słoneczne – tańsze, ale mniej wydajne w zimie.
     - Rurowe kolektory próżniowe – droższe, ale bardziej efektywne w chłodniejszych miesiącach.
   - Zalety:
     - Bezkosztowa eksploatacja po instalacji.
     - Długa żywotność (nawet 25–30 lat).
     - Brak emisji CO_2.
   - Wady - uzależnienie od warunków pogodowych (w zimie wydajność jest niższa).

Projekt zintegrowany LIFE „Śląskie. Przywracamy błękit". Kompleksowa realizacja Programu ochrony powietrza dla województwa śląskiego realizowany jest przy dofinansowaniu z Programu LIFE Unii Europejskiej oraz Narodowego Funduszu Ochrony Środowiska i Gospodarki Wodnej.
LIFE20 IPE/PL/000007 - LIFE-IP AQP-SILESIAN-SKY

7. Geotermia (energia geotermalna) - wykorzystuje ciepło pochodzące z wnętrza Ziemi do ogrzewania budynków i wody użytkowej.
    - Zalety:
        - Bardzo niskie koszty eksploatacji
        - Stała dostępność niezależnie od pogody
        - Brak emisji CO_2.
    - Wady:
        - Wysokie koszty budowy infrastruktury.
        - Wymaga lokalizacji na terenach bogatych w zasoby geotermalne.
8. Ciepło odpadowe i systemy ciepłownicze oparte na OZE - odzyskują ciepło z procesów przemysłowych, systemów wentylacyjnych lub kanalizacji i wykorzystują je do ogrzewania budynków.
    - Zalety:
        - Wysoka efektywność energetyczna.
        - Możliwość integracji z miejskimi sieciami ciepłowniczymi.
    - Wady:
        - Wymaga zaawansowanej infrastruktury.
        - Ograniczona dostępność dla budynków indywidualnych.
9. Dobór źródła ciepła w zależności od obiektu:
    - Najbardziej efektywne rozwiązanie dla domów jednorodzinnych:
        - Pompy ciepła (niskie koszty eksploatacji, brak emisji).
        - Kotły na biomasę (dla osób preferujących paliwa stałe).
        - Kolektory słoneczne (świetne jako wsparcie dla CWU).
    - Najlepsze dla dużych budynków i osiedli:
        - Geotermia (dla odpowiednich lokalizacji).
        - Ciepło odpadowe i sieci ciepłownicze (gdy dostępne w regionie).
10. Rodzaje źródeł chłodu i ich zastosowanie
    - Klimatyzacja – systemy sprężarkowe - klimatyzatory wykorzystują czynnik chłodniczy do pobierania ciepła z pomieszczenia i oddawania go na zewnątrz.
        - Rodzaje:
            * Split i multi-split – dla mieszkań i małych biur, indywidualne jednostki wewnętrzne i zewnętrzne.
            * VRF/VRV – dla większych budynków, system pozwala na jednoczesne chłodzenie i ogrzewanie różnych stref.
            * Systemy centralne – stosowane w dużych obiektach komercyjnych, często łączone z systemami wentylacyjnymi.

Projekt zintegrowany LIFE „Śląskie. Przywracamy błękit". Kompleksowa realizacja Programu ochrony powietrza dla województwa śląskiego realizowany jest przy dofinansowaniu z Programu LIFE Unii Europejskiej oraz Narodowego Funduszu Ochrony Środowiska i Gospodarki Wodnej.
LIFE20 IPE/PL/000007 - LIFE-IP AQP-SILESIAN-SKY

  - Zalety:
    * Skuteczność i szybkie chłodzenie.
    * Możliwość sterowania temperaturą w różnych pomieszczeniach.
    * Opcja ogrzewania w okresie zimowym (pompy ciepła).
  - Wady:
    * Wysokie zużycie energii elektrycznej.
    * Może powodować przeciągi i wysuszać powietrze.

- Pompy ciepła z funkcją chłodzenia (odwracalny tryb pracy) - pompa ciepła może działać w trybie chłodzenia, odprowadzając ciepło z budynku na zewnątrz.
  - Rodzaje:
    * Powietrzne pompy ciepła – najprostsze w instalacji, dobrze sprawdzają się w klimacie umiarkowanym.
    * Gruntowe pompy ciepła – wykorzystują chłód z gruntu (tzw. chłodzenie pasywne), co jest bardzo energooszczędne.
  - Zalety:
    * Niskie koszty eksploatacji, szczególnie w przypadku chłodzenia pasywnego.
    * Możliwość wykorzystania do ogrzewania budynku zimą.
    * Cicha praca.
  - Wady:
    * Wysoki koszt instalacji.
    * W przypadku pomp powietrznych – mniejsza efektywność przy bardzo wysokich temperaturach.

- Free cooling (chłodzenie pasywne – bez sprężarki) - wykorzystuje chłodne powietrze zewnętrzne lub chłód zgromadzony w gruncie/wodzie do obniżenia temperatury w budynku.
  - Rodzaje:
    * Wentylacja nocna – budynek chłodzi się nocą przez wymianę powietrza.
    * Chłodzenie wodne z akumulacją chłodu – wykorzystanie chłodnej wody z naturalnych źródeł (np. rzek, jezior, studni głębinowych).
    * Chłodzenie gruntowe – system wymienników ciepła w gruncie, często stosowany z pompami ciepła.
  - Zalety:
    * Bardzo niskie koszty eksploatacji.
    * Ekologiczne i efektywne rozwiązanie.
    * Brak hałasu i negatywnego wpływu na jakość powietrza.
  - Wady:
    * Ograniczona skuteczność w bardzo gorących okresach.
    * Wymaga dobrze zaprojektowanej instalacji wentylacyjnej lub dostępu do źródeł chłodu.

Projekt zintegrowany LIFE „Śląskie. Przywracamy błękit". Kompleksowa realizacja Programu ochrony powietrza dla województwa śląskiego realizowany jest przy dofinansowaniu z Programu LIFE Unii Europejskiej oraz Narodowego Funduszu Ochrony Środowiska i Gospodarki Wodnej.
LIFE20 IPE/PL/000007 - LIFE-IP AQP-SILESIAN-SKY

- Absorpcyjne i adsorpcyjne systemy chłodzenia (trigeneracja) - wykorzystuje ciepło odpadowe (np. z procesów przemysłowych lub kolektorów słonecznych) do produkcji chłodu.
  - Zalety:
    - Możliwość integracji z systemami ciepłowniczymi.
    - Wysoka efektywność w dużych budynkach.
    - Ekologiczne – pozwala na wykorzystanie ciepła odpadowego.
  - Wady:
    - Wysokie koszty inwestycyjne.
    - Opłacalne głównie w dużych obiektach komercyjnych.

11. Dobór źródła chłodu:

- Dla domów jednorodzinnych i mieszkań:
  - Pompa ciepła z funkcją chłodzenia (przy nowoczesnych instalacjach).
  - Klimatyzator typu split (jeśli nie ma pompy ciepła).
  - Free cooling z wentylacją nocną (dla domów pasywnych).
- Dla biur i małych obiektów komercyjnych:
  - Systemy klimatyzacyjne VRF/VRV (możliwość sterowania różnymi strefami).
  - Free cooling w połączeniu z wentylacją mechaniczną.
- Dla dużych budynków komercyjnych i przemysłowych:
  - Chłodzenie absorpcyjne/adsorpcyjne (jeśli dostępne jest ciepło odpadowe).
  - Chłodzenie wodne lub trigeneracja (dla dużych centrów handlowych, biurowców).

12. Zalety systemów zarządzania energią (EMS – Energy Management Systems) - systemy zarządzania energią (EMS) to zaawansowane rozwiązania technologiczne, które monitorują, kontrolują i optymalizują zużycie energii w budynkach, przemyśle i infrastrukturze miejskiej. Ich zastosowanie przynosi wiele korzyści:

- Oszczędność energii i niższe koszty operacyjne
  - Redukcja zużycia energii – inteligentne sterowanie ogrzewaniem, wentylacją, oświetleniem i innymi systemami pozwala na obniżenie zużycia nawet o 20–30
  - Niższe rachunki – dzięki automatycznej regulacji i wykrywaniu nieefektywnych urządzeń.
  - Lepsze zarządzanie taryfami energetycznymi – dostosowanie poboru energii do godzin tańszych stawek.
- Optymalizacja pracy systemów w budynku
  - Automatyczne dopasowanie parametrów HVAC (ogrzewanie, wentylacja, klimatyzacja) do realnych potrzeb.
  - Inteligentne zarządzanie oświetleniem – np. czujniki ruchu i natężenia światła.
  - Koordynacja pracy urządzeń w czasie rzeczywistym w celu uniknięcia szczytowych poborów mocy.

Projekt zintegrowany LIFE „Śląskie. Przywracamy błękit". Kompleksowa realizacja Programu ochrony powietrza dla województwa śląskiego realizowany jest przy dofinansowaniu z Programu LIFE Unii Europejskiej oraz Narodowego Funduszu Ochrony Środowiska i Gospodarki Wodnej.
LIFE20 IPE/PL/000007 - LIFE-IP AQP-SILESIAN-SKY

- Wsparcie dla zrównoważonego rozwoju i ekologii
  - Zmniejszenie emisji CO_2 – ograniczenie zużycia paliw kopalnych przyczynia się do ochrony klimatu.
  - Integracja z odnawialnymi źródłami energii (OZE) – EMS umożliwia efektywne wykorzystanie fotowoltaiki, pomp ciepła czy magazynów energii.
  - Optymalizacja zużycia wody i ciepła – zarządzanie także innymi zasobami w budynku.
- Lepsza kontrola i analiza danych energetycznych
  - Systemy EMS umożliwiają monitoring zużycia energii w czasie rzeczywistym.
  - Generowanie raportów i analiz pomaga podejmować lepsze decyzje dotyczące inwestycji w efektywność energetyczną.
  - Możliwość wykrywania awarii i nieszczelności w systemie.
- Komfort użytkowników i automatyzacja procesów
  - Inteligentne systemy dostosowują temperaturę, wentylację i oświetlenie do preferencji użytkowników.
  - Zdalne sterowanie i zarządzanie przez aplikacje mobilne lub platformy internetowe.
  - Możliwość integracji z systemami smart home i smart city.
- Wzrost wartości nieruchomości i zgodność z przepisami
  - Budynki z systemami zarządzania energią mają wyższą wartość rynkową.
  - Zwiększenie efektywności energetycznej ułatwia uzyskanie certyfikatów ekologicznych (np. BREEAM, LEED).
  - Pomaga w spełnianiu norm efektywności energetycznej, np. EPBD (Europejska Dyrektywa Budynków).
- Zwiększenie bezpieczeństwa energetycznego
  - EMS pomaga minimalizować ryzyko blackoutów poprzez równoważenie obciążenia sieci.
  - Systemy mogą współpracować z magazynami energii, co zwiększa niezależność od dostawców prądu.
  - Wykrywanie anomalii w systemie energetycznym pozwala unikać awarii i kosztownych przestojów.

Projekt zintegrowany LIFE „Śląskie. Przywracamy błękit". Kompleksowa realizacja Programu ochrony powietrza dla województwa śląskiego realizowany jest przy dofinansowaniu z Programu LIFE Unii Europejskiej oraz Narodowego Funduszu Ochrony Środowiska i Gospodarki Wodnej.
LIFE20 IPE/PL/000007 - LIFE-IP AQP-SILESIAN-SKY

5 Zasady dotyczące wypracowanych Modeli Zrównoważonego Budownictwa

5.1 Uwagi ogólne

1. Każdy budynek i jego lokalizacja są do pewnego stopnia niepowtarzalne i z tego względu dla każdego przypadku inny jest optymalny sposób rozwiązania zaopatrzenia w energię. Tymczasem wielu wykonawców preferuje jednolite, typowe rozwiązania.

2. Ze względu na wysoki koszt prac modernizacyjnych i ich duży wpływ na późniejsze koszty eksploatacji budynku, zdecydowanie rekomenduje się powołanie zespołu, który w imieniu inwestora będzie dbał aby wykonawca prac modernizacyjnych wykonał je w sposób optymalny dla danej lokalizacji. W zespole, prócz specjalistów budowlanych oraz innych, zajmujących się kwestiami OZE, powinna być także osoba specjalizująca się w zagadnieniach zieleni.

3. Przed rozpoczęciem modernizacji wskazane jest przeprowadzenie rocznego monitoringu zużycia ciepła i energii elektrycznej, który pozwoli na lepszy dobór wielkości i rodzajów urządzeń (szczegółowy opis kwestii rocznego monitoringu zawarto w opisie działania C.3. niniejszego opracowania oraz w raporcie z monitoringu [14] i rekomendacjach dotyczących monitoringu [17]).

4. Budynki zabytkowe określone w Ustawie o ochronie zabytków i opiece nad zabytkami – jako osobna kategoria wymagań, które należy rozpatrywać zgodnie z doktryną konserwatorską. Choć definiuje je indywidualne rozpatrywanie , także mogą być modernizowane z zasadami określonymi jako Modele Zrównoważonego Budownictwa. Zasady dotyczące prac modernizacyjnych, termomodernizacyjnych, wprowadzania OZE, zielonych dachów itd., zawarto m.in. w dokumencie opracowanym w ramach projektu „Śląskie. Przywracamy błękit" (szczegóły w przypisie)[8] .

5. Projekt architektoniczno-budowlany przed uzyskaniem pozwolenia na budowę powinien być poprzedzony przygotowaniem programu funkcjonalno-przestrzennego wraz z koncepcją z uwzględnieniem OZE, wykonaniem badań przedprojektowych w zakresie: zasad projektowania obiektów energooszczędnych, ekologicznych, zasady architektury zielonej, zrównoważonego budownictwa, projektowania uniwersalnego. Projekty powinny uwzględniać uwarunkowania lokalne, lokalizację działki, lokalizację cieków wodnych, tzw. sięgaczy ekologicznych, infrastruktury lokalnej, ogólnych warunków przyrodniczych, w tym mikroklimatycznych.

5.2 Zapotrzebowanie na energię

1. Zapotrzebowanie na ciepło uzależnione jest zarówno od konstrukcji budynku, jego otoczenia jak i sposobu jego przyszłej eksploatacji. Każdy z tych czynników może być do pewnego stopnia kształtowany przez zarządcę budynku.

2. Jednym ze sposobów zmniejszenia zapotrzebowania na energię jest osłanianie budynku od wiatru, co może być osiągnięte przez stosowanie roślinności osłonowej (wg rekomendacji typologii przygotowanej przez Śląski Ogród Botaniczny Związek Stowarzyszeń w ramach projektu „Śląskie. Przywracamy błękit" [18]) jak i poprzez wały ziemne z roślinnością (pokrywową lub niską). Oczywiście jedno i drugie musi być elementem planu zagospodarowania terenu wokół budynku.

Projekt zintegrowany LIFE „Śląskie. Przywracamy błękit". Kompleksowa realizacja Programu ochrony powietrza dla województwa śląskiego realizowany jest przy dofinansowaniu z Programu LIFE Unii Europejskiej oraz Narodowego Funduszu Ochrony Środowiska i Gospodarki Wodnej.
LIFE20 IPE/PL/000007 - LIFE-IP AQP-SILESIAN-SKY

3. Istotnym sposobem zmniejszenia zapotrzebowania na energię do chłodzenia budynku jest zacienienie go drzewami liściastymi, które latem przyczyniają się do schłodzenia, umożliwiają natomiast dopływ energii słonecznej zimą. Szczegółowe wytyczne dotyczące gatunków zostały zawarte w typologii przygotowanej przez Śląski Ogród Botaniczny Związek Stowarzyszeń [18].

4. Planując modernizację budynku należy wziąć pod uwagę możliwość zmiany układu funkcjonalnego budynku tak, by pomieszczenia przeznaczone do stałego pobytu ludzi zlokalizowane były przede wszystkim od strony południowej, a pomocnicze od północnej.

5. Istotnym sposobem zmniejszenia zapotrzebowania na ciepło jest zastosowanie wentylacji wymuszonej z rekuperacją ciepła. W budynkach z wentylacją grawitacyjną zazwyczaj jest zbyt niska wymiana powietrza w czasie użytkowania budynku oraz zbyt wysoka w czasie, gdy budynek nie jest eksploatowany. Sygnałem sterującym intensywności cyrkulacji powinien być pomiar CO2 w pomieszczeniach (z uwzględnieniem wymagań określonych przez przepisy Prawa Budowlanego).

6. Komfort cieplny człowieka uzależniony jest przede wszystkim od temperatury powietrza, temperatury ścian oraz wilgotności. Zwiększanie wilgotności w okresie zimowym poza pozytywnym skutkiem zdrowotnym daje także możliwość obniżenia temperatury i tym samym zapotrzebowania na ciepło. Jedną ze wskazanych metod zwiększania wilgotności powietrza jest wprowadzanie roślin do pomieszczeń pracowniczych [19].

7. Należy dążyć do zmniejszenia amplitudy czynników środowiskowych (wilgotność powietrza, temperatura, natężenie promieniowania słonecznego, prędkość wiatru)

8. Istotne ograniczenie zapotrzebowania na ciepło można uzyskać stosując oranżerie i ogrody zimowe, które wykorzystać można jako strefy socjalne, promocyjne itd.

9. Zielone ściany, które wpływają bardzo istotnie na poprawę izolacyjności cieplnej budynku powinny być realizowane w oparciu o rośliny nie powodujące niszczenia tynku. Wskazane jest przy tym, tam gdzie to możliwe, by zielona ściana miała własną podkonstrukcję wsporczą.

10. Zaleca się dachy zielone, mogą one być realizowane w oparciu o rośliny wieloletnie, odporne na susze takie jak na przykład mchy epifityczne w przypadku lokalizacji północnych i/lub zacienionych (dachy ekstensywne), zielone dachy intensywne (krzewy i drzewa) rekomendowane ponad ekstensywne w pozostałych przypadkach. Należy zwrócić uwagę na wielkość i typ systemu korzeniowego i izolację przeciwwodną. Implementacja musi być poprzedzona przez studium możliwości [16].

11. Wskazane jest instalowanie osłon ograniczających penetrację promieniowania słonecznego do pomieszczeń, osłon chroniących przed przegrzewaniem oraz osłon chroniących przed utratą ciepła.

12. Termomodernizacja budynku powinna obejmować nie tylko zwiększenie izolacyjności ścian, ale także izolacyjności okien i drzwi.

Projekt zintegrowany LIFE „Śląskie. Przywracamy błękit". Kompleksowa realizacja Programu ochrony powietrza dla województwa śląskiego realizowany jest przy dofinansowaniu z Programu LIFE Unii Europejskiej oraz Narodowego Funduszu Ochrony Środowiska i Gospodarki Wodnej.
LIFE20 IPE/PL/000007 - LIFE-IP AQP-SILESIAN-SKY

5.3 Źródła ciepła

1. W przypadku dostępu budynku do sieci ciepłowniczej powinna ona być rozpatrywana w pierwszej kolejności jako źródło ciepła. Źródła ciepła dla sieci ciepłowniczej podlegać będą transformacji energetycznej, która doprowadzi do docelowego pobierania ciepła bez obciążania śladem węglowym.

2. Jeżeli lokalizacja budynku nie pozwala na pobór ciepła z sieci ciepłowniczej należy w pierwszej kolejności rozważyć pompy ciepła, przy czym zdecydowanie wskazane są pompy z wymiennikami gruntowymi, a nie powietrznymi jeżeli pozwala na to lokalizacja. W przypadku instalacji pompy ciepła, zaleca się wprowadzenie paneli fotowoltaicznych.

3. Alternatywnie do pomp ciepła, lub jako źródło szczytowe mogą być planowane kotły zasilane biomasą. Szczególnie polecane są tutaj kotły niskoobsługowe na pelet biomasowy spełniające wymogi eco-design.

5.4 Źródła chłodu

1. Poza bardzo szczególnymi przypadkami, gdy dostępne jest ciepło odpadowe uzasadniające zastosowanie ziębiarek sorbcyjnych, podstawowym źródłem chłodu są urządzenia sprężarkowe. Należy jednak wnikliwie rozważyć czy klimatyzacja jest rzeczywiście konieczna, a komfortu cieplnego nie da się zapewnić metodami pasywnymi.

2. W pierwszej kolejności należy rozważyć centralne źródło chłodu i rozprowadzenie go za pomocą wody lodowej do pomieszczeń, w których chłodzenie jest niezbędne. Centralne źródło chłodu umożliwia stosowanie magazynu chłodu.

3. Dla komfortu użytkowników należy stosować indywidualną regulację temperatury powietrza w każdym pomieszczeniu.

5.5 Źródła energii elektrycznej

1. Budynki użyteczności publicznej ze względu na swoją funkcję społeczną powinny mieć zapewnione bezpieczeństwo zasilania w energię elektryczną poprzez podłączenie do sieci elektroenergetycznej. Nie jest wskazane planowanie budynków w systemie off-grid.

2. Podstawowym źródłem energii elektrycznej pozyskiwanej w samym budynku są panele fotowoltaiczne, które mogą być instalowane także na zielonych dachach przy dodatkowej podwyższonej konstrukcji nośnej, umożliwiającej funkcjonalną implementację dachów zielonych. W przypadku występowania parkingów czy innych obiektów małej architektury powinny one też być wykorzystane do montażu paneli fotowoltaicznych o ile nie są zlokalizowane w miejscach zacienionych. Przy montażu paneli na dachach spadzistych i elewacjach należy zwrócić uwagę na aspekt estetyczny, zaleca się stosowanie „płaszczyzn solarnych”.

Projekt zintegrowany LIFE „Śląskie. Przywracamy błękit”. Kompleksowa realizacja Programu ochrony powietrza dla województwa śląskiego realizowany jest przy dofinansowaniu z Programu LIFE Unii Europejskiej oraz Narodowego Funduszu Ochrony Środowiska i Gospodarki Wodnej.
LIFE20 IPE/PL/000007 - LIFE-IP AQP-SILESIAN-SKY

3. Optymalny kąt ustawienia paneli fotowoltaicznych zależy od funkcji budynku. Przykładowo budynki szkolne zużywają energię elektryczną głównie rano, a latem mają przerwę wakacyjną ograniczającą zapotrzebowania na energię. Stąd optymalne ustawienie paneli na wschód. Dążenie do maksymalizacji wykorzystania energii elektrycznej do potrzeb własnych, bez sprzedaży do sieci implikuje inne kąty optymalnego ustawienia paneli w obu płaszczyznach. Dotyczy to przede wszystkim dachów płaskich

4. Poleca się rozważenie paneli fotowoltaicznych w technologii hybrydowej (chłodzonych wodą) PVT, z wykorzystaniem ciepła odpadowego do produkcji CWU lub regeneracji cieplnej gruntu.

5.6 Woda opadowa

1. Zaleca się wykorzystanie wody opadowej do podlewania dachów zielonych, zieleni w otoczeniu budynków, celów chłodzenia paneli PVT, zabezpieczenia rezerwuarów wody szarej.

5.7 Edukacja

1. Należy przygotować instrukcje obsługi budynku osobne dla zarządcy i użytkownika wyjaśniające zastosowane rozwiązania i prawidłowe sposoby ich użytkowania.

5.8 Magazyny energii

1. W budynkach, w których zainstalowane są panele PV wskazane jest stosowanie magazynów energii elektrycznej. Do doboru wielkości magazynu należy wykorzystać pomiar strumienia energii elektrycznej przez budynek.

2. W budynkach wyposażonych w pompy ciepła uzasadnione jest stosowanie magazynów ciepła pozwalających na zmagazynowane ciepła w ilości odpowiadającej dziennemu zużyciu w typowy dzień sezonu grzewczego. Pompa ciepła może napełniać zasobnik w okresie wysokiej dostępności energii elektrycznej z OZE. Należy jednak przeanalizować możliwości podłączenia instalacji OZE do istniejącego budynku, szczególnie ze względu na czynniki wykluczające implementację magazynu takie jak wysoka temperatura czynnika obiegowego w instalacji grzewczej.

3. W budynkach wyposażonych w centralną klimatyzację i rozprowadzenie chłodu poprzez wodę lodową wskazane jest stosowanie magazynów chłodu o pojemności odpowiadającej zużyciu chłodu w typowy dzień sezonu letniego.

5.9 Modernizacja systemów zarządzania energią

1. Inteligentne systemy zarządzania energią.

2. Automatyczne sterowanie ogrzewaniem, wentylacją i oświetleniem.

3. Integracja z magazynami energii (np. bateriami litowo-jonowymi).

4. Możliwość strefowego sterowania warunkami termicznymi w budynku.

Projekt zintegrowany LIFE „Śląskie. Przywracamy błękit". Kompleksowa realizacja Programu ochrony powietrza dla województwa śląskiego realizowany jest przy dofinansowaniu z Programu LIFE Unii Europejskiej oraz Narodowego Funduszu Ochrony Środowiska i Gospodarki Wodnej.
LIFE20 IPE/PL/000007 - LIFE-IP AQP-SILESIAN-SKY

5.10 Uwagi dodatkowe

1. Planując roślinność należy wybierać gatunki o niskim zagrożeniu alergicznym i niskim potencjale inwazyjności.
2. Należy rozważyć wykorzystanie murali antysmogowych, farb antysmogowych, szczególnie w celach promocyjnych na wolnych ścianach obiektu
3. Wykorzystanie zasad architektury cyrkularnej, m.in. wykorzystanie materiałów rozbiórkowych w planowanej modernizacji.

Projekt zintegrowany LIFE „Śląskie. Przywracamy błękit". Kompleksowa realizacja Programu ochrony powietrza dla województwa śląskiego realizowany jest przy dofinansowaniu z Programu LIFE Unii Europejskiej oraz Narodowego Funduszu Ochrony Środowiska i Gospodarki Wodnej.
LIFE20 IPE/PL/000007 - LIFE-IP AQP-SILESIAN-SKY

6 Zmniejszenie emisji rocznej dwutlenku węgla

6.1 Model obliczeniowy

W celu obliczenia emisji CO_2 na rok z danego budynku konieczne jest przeprowadzenie szeregu poprzedzających obliczeń. Emisje generowane przez budynek zależą od zużycia energii elektrycznej, ciepła systemowego i paliwa. Instalacja nowych urządzeń w budynku także łączy się z pewnymi emisjami. Każdy z budynków, ze względu na pełnioną rolę, konstrukcję i lokalizację wymaga dostarczenia różnej ilości energii. W różnych budynkach inaczej przedstawiają się możliwości instalacji źródeł odnawialnych. Potrzeby i możliwości są zmienne w czasie ze względu na warunki pogodowe czy tryb pracy i obecność osób. Z tego względu zaproponowano prowadzenie obliczeń z rozdzielczością 1 godziny. Podstawę obliczeń stanowi chwilowy (godzinowy) bilans energii. Rozróżnia się tutaj dwa bilanse - ciepła oraz energii elektrycznej, powiązane ze sobą. Obliczenia prowadzi się dla okresu jednego roku. Wielkości takie jak emisje czy zużycie energii podlegają końcowo zsumowaniu.

W pierwszej kolejności, dla danego budynku określa się warunki zabudowy instalacji fotowoltaicznej. Korzystając z danych o dostępnej powierzchni dachu oblicza się liczbę paneli fotowoltaicznych. Określane są także kąt nachylenia panelu i azymut na jaki jest skierowany. Użycie systemu PV GIS umożliwia wygenerowanie rocznych danych nt. natężenia promieniowania słonecznego padającego na daną instalację. Następnie pobierane są roczne dane pogodowe, pochodzące z najbliższej stacji IMGW. Pobiera się również roczne dane z systemu elektroenergetycznego o chwilowym (w ujęciu godzinowym) udziale źródeł odnawialnych oraz dane dotyczące chwilowych cen energii elektrycznej na rynku bilansującym (ceny kupna/sprzedaży dla odbiorcy komercyjnego). Ze względu na dostępność danych pochodzą one z roku 2020.

W celu obliczenia godzinowego bilansu energii elektrycznej konieczne jest określenie mocy pobieranej i generowanej. Moc pobierana jest sumą mocy pompy ciepła, mocy pobieranej na cele użytkowe i mocy klimatyzacji. Moc pompy ciepła obliczana jest na bazie chwilowego zapotrzebowania na ciepło, które składa się z dwóch składników - ciepła grzewczego i ciepła na cele przygotowania ciepłej wody użytkowej. Ciepło grzewcze obliczane jest z funkcji empirycznych opracowanych na bazie danych z monitoringu energetycznego. Ciepło na potrzeby ciepłej wody użytkowej obliczane jest z tygodniowych profili zużycia, także przygotowanych na bazie danych z monitoringu. W przypadku mocy elektrycznej na cele użytkowe także wykorzystuje się tygodniowe profile zużycia. Moc na cele klimatyzacyjne określa się z funkcji empirycznych podobnie jak moc grzewczą. Moc generowana z instalacji fotowoltaicznej określana jest na bazie danych o chwilowym natężeniu promieniowania słonecznego i innych danych pogodowych przy użyciu wzorów korelacyjnych ze źródeł literaturowych. Różnica pomiędzy mocą generowaną a konsumowaną stanowi wartość energii pobieranej bądź oddawanej do sieci. Docelowo zakłada się wykorzystanie danych o zużyciu zebranych z monitoringu bez tworzenia profili tygodniowych i funkcji empirycznych. Nie jest to jednak możliwe ze względu na trwające pomiary i brak danych dla pełnego sezonu grzewczego.

Ponieważ wymiana mocy z systemem elektroenergetycznym wiąże się ze stratami finansowymi przewidziano pewne metody jej kompensacji. W pierwszej kolejności, jeżeli budynek wykazuje niedobór energii w ujęciu rocznym (po zsumowaniu), iteracyjnie dobiera się moc kotła na biomasę (jako ułamek mocy pompy ciepła) tak by niedobór został zminimalizowany. Niepożądany jest też brak bilansowania się energii elektrycznej w ujęciu dziennym, np. w sytuacji gdy w ciągu dnia występuje nadwyżka generacji mocy z fotowoltaiki przy jednoczesnym poborze mocy przez pompę ciepła w nocy. Zaproponowano

Projekt zintegrowany LIFE „Śląskie. Przywracamy błękit". Kompleksowa realizacja Programu ochrony powietrza dla województwa śląskiego realizowany jest przy dofinansowaniu z Programu LIFE Unii Europejskiej oraz Narodowego Funduszu Ochrony Środowiska i Gospodarki Wodnej.
LIFE20 IPE/PL/000007 - LIFE-IP AQP-SILESIAN-SKY

lokalne, krótkotrwałe magazynowanie ciepła w zbiorniku wody ogrzewanym pompą ciepła z wykorzystaniem nadwyżki mocy. Jego objętość także dobiera się iteracyjnie.

Godzinowe dane o poborze energii z sieci pozwalają na oszacowanie generowanej emisji CO_2 przez nieodnawialne źródła energii podłączone do systemu elektroenergetycznego (wykorzystywane są wspomniane dane chwilowe o udziale źródeł odnawialnych), co podlega sumowaniu w skali roku. Dodatkowo dolicza się emisję związaną z poborem mocy z systemu ciepłowniczego (jeżeli występuje). Do rocznej emisji dodawana jest także rozłożona na okres 20 lat emisja CO_2 związana z budową i instalacją nowych urządzeń - paneli fotowoltaicznych, kotłów na biomasę, pomp ciepła.

Możliwe jest przeprowadzenie obliczeń w wielu wariantach modernizacji. Opracowany algorytm obliczeniowy pozwala na wybór czterech typów ogniw fotowoltaicznych (Monokrystaliczne, HIT, Polikrystaliczne, CIGS), dwóch typów pomp ciepła (powietrzna i gruntowa) i włączenie bądź nie funkcjonalności związanej z doborem kotła biomasowego. Dla każdego budynku daje to 16 obliczeniowych wariantów modernizacji. Jako kryterium oceny zaproponowanych wariantów pod kątem spełnienia przez nie zadań projektowych przyjmuje się unikniętą, roczną emisję CO_2.

6.1.1 Chwilowy bilans energii dla budynku

‘

Równaniem podstawowym dla prowadzonych obliczeń jest równanie bilansu energii. Jest ono rozwiązywane dla ciepła, potrzebnego do ogrzania budynku (CO) i przygotowania ciepłej wody użytkowej (CWU) oraz dla energii elektrycznej, na potrzeby użytkowe, grzewcze i dla klimatyzacji. Bilans energii dla ciepła można przedstawić więc następująco:

$$\dot{Q}_{in}(\tau) = \dot{Q}_{co}(\tau) + \dot{Q}_{cwu}(\tau), \tag{1}$$

gdzie $\dot{Q}_{in}$ oznacza ciepło dostarczone (przez urządzenie grzewcze), $\dot{Q}_{co}$ wydatek na ogrzewanie a $\dot{Q}_{cwu}$ na przygotowanie ciepłej wody użytkowej. Wielkości te stanowią moce cieplne, wyrażane w kW i są właściwe dla danej chwili czasu τ. Pominięto wewnętrzną generację ciepła. Wartości chwilowej mocy grzewczej obliczane są na bazie różnicy temperatur pomiędzy zadaną temperaturą wewnętrzną i temperaturą zewnętrzną przy pomocy funkcji empirycznej przy czym zależność funkcyjna pomiędzy zadaną różnicą temperatur a mocą cieplną określona jest na bazie zebranych dotychczasowo danych z monitoringu, co opisano w rozdziale 4.3. Podejście takie ma uzasadnienie fizyczne, ponieważ straty ciepła, zarówno przenikanie ciepła przez przegrody na zewnątrz, do gruntu oraz straty z wentylacji stanowią funkcje różnicy temperatur. Zużycie na cele ciepłej wody użytkowej także obliczane jest przy użyciu modelu bazie zebranych dotychczasowo danych z monitoringu, z zastrzeżeniem, że stanowi ono jedynie funkcję czasu (dnia tygodnia i godziny), co opisano w rozdziale "Ciepła woda użytkowa".

Chwilowe zużycie energii na cele grzewcze musi zostać pokryte przez źródło ciepła. W przypadku budynków podłączonych do sieci ciepłowniczej zakładamy jej zeroemisyjność po roku 2050 [13], nie zakłada się więc instalacji nowych źródeł ciepła. W przypadku budynków nie podłączonych do sieci, przyjmuje się, że źródłami ciepła może być pompa ciepła powietrzna, gruntowa bądź kocioł biomasowy. Moc elektryczną pompy ciepła można obliczyć jako:

$$N_{el,pc}(\tau) = \frac{\dot{Q}_{in}(\tau)}{COP_{pc}(\tau)} \tag{2}$$

Projekt zintegrowany LIFE „Śląskie. Przywracamy błękit". Kompleksowa realizacja Programu ochrony powietrza dla województwa śląskiego realizowany jest przy dofinansowaniu z Programu LIFE Unii Europejskiej oraz Narodowego Funduszu Ochrony Środowiska i Gospodarki Wodnej.
LIFE20 IPE/PL/000007 - LIFE-IP AQP-SILESIAN-SKY

Gdzie COP_{pc} to współczynnik efektywności energetycznej pompy ciepła. Jest on obliczany w ujęciu chwilowym w funkcji panujących warunków i obciążenia pompy w stosunku do jej nominalnej mocy, wg metod wskazanych przez Marsika i in. [10] i Qiana i in. [12] odpowiednio dla pomp powietrznych i gruntowych. Za moc nominalną pompy obiera się maksymalną moc cieplną w ciągu roku, bez wskazania konkretnego modelu urządzenia co stanowi istotne założenie upraszczające.

Kocioł biomasowy potraktowano jedynie jako dodatkowe źródło ciepła.

$$\dot{Q}_{in}(\tau) = \dot{Q}_{pc}(\tau) + \dot{Q}_{kb}(\tau), \tag{3}$$

gdzie indeksy "pc" i "kb" oznaczają odpowiednio pompę ciepła i kocioł na biomasę.

Moc kotła na biomasę dobierana jest w sposób iteracyjny. Jeżeli w wynikach obliczeń występuje roczna nadwyżka wyprodukowanej energii elektrycznej kocioł nie jest rozważany. Jeżeli pojawi się jednak roczny niedobór, moc kotła jest stopniowo zwiększana aż do jego eliminacji.

Dodatkowo, przyjęto możliwość instalacji zbiornika buforowego, magazynującego ciepło produkowane przez pompę ciepła w przypadku nadprodukcji energii elektrycznej w sezonie grzewczym. Jest to metoda krótkotrwałego magazynowania energii. Wielkość zbiornika dobierana jest iteracyjnie tak, by zmniejszyć nadprodukcje i niedobory w ujęciu dziennym - nadprodukcja energii elektrycznej z instalacji PV występująca w sezonie grzewczym nie jest sprzedawana do sieci a wykorzystywana w pompie ciepła na cele grzania zbiornika. Zakłada się, że czynnikiem magazynującym jest woda. "Ładowanie" zbiornika powoduje przyrost temperatury czynnika a rozładowanie jego spadek wg. równania bilansu energii:

$$U_{2,zb} = U_{1,zb} + \int_{\tau_1}^{\tau_2} \dot{Q}_{pc}(\tau) - \dot{Q}_{out}(\tau)\, d\tau, \tag{4}$$

gdzie U to energia wewnętrzna, indeksy 1 i 2 oznaczają odpowiednio początek i koniec ładowania/rozładowania. Energię wewnętrzną można zapisać jako:

$$U_{zb} = V_{zb}\rho_{zb}C_w t, \tag{5}$$

gdzie V oznacza objętość, ρ gęstość wody a C_w jej pojemność cieplną. Objętość zbiornika dobierana jest iteracyjnie, tak by zminimalizować nadprodukcję energii elektrycznej.

Końcowo, bilans w przypadku energii elektrycznej, ma postać:

$$N_{el,siec}(\tau) = N_{el,pc}(\tau) + N_{el,uz}(\tau) + N_{el,klim}(\tau) - N_{el,gen}(\tau), \tag{6}$$

gdzie moce chwilowe N wyrażone są w kilowatach a indeksy oznaczają odpowiednio; sieć - sieć, gen - lokalną generację z OZE, pc - pompę ciepła, uz - zużycie energii na cele użytkowe, klim - zużycie energii na cele klimatyzacji. Moc pobierana z sieci stanowi wartość wynikową. Generacja ze źródeł OZE zależna jest od przyjętej technologii i obliczana jest przy użyciu danych meteorologicznych oraz danych z systemu PVGIS[4] w sposób opisany w kolejnym rozdziale.

Projekt zintegrowany LIFE „Śląskie. Przywracamy błękit". Kompleksowa realizacja Programu ochrony powietrza dla województwa śląskiego realizowany jest przy dofinansowaniu z Programu LIFE Unii Europejskiej oraz Narodowego Funduszu Ochrony Środowiska i Gospodarki Wodnej.
LIFE20 IPE/PL/000007 - LIFE-IP AQP-SILESIAN-SKY

6.1.2 Generacja energii

Za główne źródła energii odnawialnej przyjmuje się panele fotowoltaiczne. Przewidziano możliwość zastosowania czterech wariantów paneli fotowoltaicznych w różnych technologiach zawartych w nich ogniw, w sposób uogólniony bez wskazania konkretnego producenta. Są to ogniwa:

1. monokrystaliczne,
2. HIT (heterozłącze z wewnętrzną cieńką warstwą),
3. polikrystaliczne,
4. CIGS (miedź-ind-gal-selen).

Moc chwilowa instalacji fotowoltaicznej określana jest na bazie danych o nasłonecznieniu i innych danych pogodowych.

$$N_{el,pv}(\tau) = G_i(\tau) \cdot A_{pv} \cdot n_{pv} \cdot \eta_{el,pv}(\tau), \tag{7}$$

gdzie $N_{el,pv}$ oznacza moc instalacji w W, G_i to natężenie promieniowania słonecznego w $\mathrm{W/m^2}$, A_{pv} powierzchnię panelu, n_{pv} liczbę paneli w danym fragmencie instalacji, $\eta_{el,pv}$ chwilową sprawność panelu. Wartości wielkości G_i pochodzą z systemu PVGIS[4] dla wybranej lokalizacji. Narzędzie to wymaga informacji o kącie nachylenia panelu do płaszczyzny poziomej oraz azymucie na jaki są skierowane. Dla dachów płaskich przyjmuje się kąt i azymut optymalny wskazany przez PVGIS. W przypadku budynków o dachach skośnych, oraz zawierających skośne fragmenty dachu dane te oszacowano na bazie zdjęć budynków i zdjęć satelitarnych oraz danych ankietowych. Liczba paneli wynika z powierzchni dachu budynku, przy czym powierzchnia jednego panelu jest tożsama z powierzchnią paneli badanych przez Paudyala i in. [11] (odpowiednio 1.66, 1.67, 1.63, 0.94 $\mathrm{m^2}$ dla paneli monokrystalicznych, HIT, polikrystalicznych i CIGS). Zakłada się pełne pokrycie dachów skośnych (panele ułożone na powierzchni dachu) i połowiczne pokrycie dachów płaskich (co stanowi istotne założenie upraszczające, mające obecność na dachach płaskich innych instalacji oraz fakt, że panele ustawione pod kątem do powierzchni muszą być od siebie oddalone). Sprawność panelu jest funkcją jego temperatury[5]:

$$\eta_{el,pv}(\tau) = \eta_{el,pv,nom} \cdot [1 - \beta_{pv}(t_{pv}(\tau) - t_{st})], \tag{8}$$

gdzie $\eta_{el,pv,nom}$ to nominalna wartość sprawności panelu, β_{pv} to współczynnik temperaturowy, t_{st} to temperatura referencyjna ogniw a t_{pv} to temperatura chwilowa. Temperaturę chwilową oszacować można korzystając z korelacji Skoplaki i in. [15]. Ma ona postać:

$$t_{pv}(\tau) = t_{zew}(\tau) + G_i(\tau)\frac{0.25}{5.7 + 3.8w_w(\tau)}, \tag{9}$$

gdzie t_{zew} to aktualna temperatura zewnętrzna a w_w to prędkość wiatru w m/s.

W obliczeniach uwzględniono również opad śniegu. W przypadku wystąpienia opadu wg danych pomiarowych IMGW, przyjmuje się, że moc paneli fotowoltaicznych wynosi 0. Parametry paneli przyjętych za bazowe (za [11]) ujęto w tabeli 1.

Projekt zintegrowany LIFE „Śląskie. Przywracamy błękit". Kompleksowa realizacja Programu ochrony powietrza dla województwa śląskiego realizowany jest przy dofinansowaniu z Programu LIFE Unii Europejskiej oraz Narodowego Funduszu Ochrony Środowiska i Gospodarki Wodnej.
LIFE20 IPE/PL/000007 - LIFE-IP AQP-SILESIAN-SKY

Tabela 1: Zestawienie parametrów bazowych paneli fotowoltaicznych

	β_{pv}, -	$\eta_{el,pv,nom}$, -	H, m	L, m
Monokrystaliczne	-0.0027	0.194	1.675	0.992
HIT	-0.0024	0.194	1.59	1.053
Polikrystaliczne	-0.0028	0.163	1.64	0.992
CIGS	-0.0026	0.138	1.19	19

6.2 Zapotrzebowanie na energię

Metodologię obliczenia zapotrzebowania na energię opisano szczegółowo w dokumencie "Raport z monitoringu energetycznego budynków [14]. Należy zwrócić uwagę, że dane pochodzą z okresu 2024-2025 i nie są tożsame z danymi z ankiet które zostały wskazane przez użytkowników budynków na bazie odczytów z lat wcześniejszych.

6.3 Obliczenia emisji

6.3.1 Emisje związane z zabudową nowych źródeł energii

Budowa instalacji fotowoltaicznych, pomp ciepła czy kotłów na biomasę wiąże się z dodatkowymi emisjami CO_2. Powstają one w toku produkcji, wydobycia surowców koniecznych do budowy poszczególnych urządzeń, ich transportu i montażu. Do ich oszacowania wykorzystano metody analizy cyklu życia (LCA, Life Cycle Analysis).

W celu obliczenia emisji związanej z budową instalacji fotowoltaicznych posłużono się wynikami badań Imrana i in.[7] oraz Barrou[1]. Badacze ci wskazują wartości emisji CO_2 związanej z produkcją paneli fotowoltaicznych oraz całych instalacji. Emisje w odniesieniu do kW mocy instalowanej ujęto w tabeli 2.

Tabela 2: Zestawienie emisji związanej z budową instalacji PV, za [7, 1].

	Dla panelu, $kgCO_2/kW$	Dla instalacji, $kgCO_2/kW$
Monokrystaliczne	1220	1280
HIT	612	682
Polikrystaliczne	757	824
CIGS	634	715

Emisje związane z budową pomp ciepła (w wariancie powietrznym i gruntowym) oraz kotła na biomasę obliczane są z zależności opublikowanych przez Caduff'a i in. [2]. Zależności te pozwalają oszacować masę urządzeń w zależności od ich mocy, masy poszczególnych surowców zużytych na ich produkcję w odniesieniu do obliczonej masy oraz finalnie masę podlegającą danym procesom. Wyniki te podlegają przemnożeniu przez właściwe dla danych surowców/procesów emisje, korzystając z danych pozyskanych z bibliotek GABI [6].

Projekt zintegrowany LIFE „Śląskie. Przywracamy błękit". Kompleksowa realizacja Programu ochrony powietrza dla województwa śląskiego realizowany jest przy dofinansowaniu z Programu LIFE Unii Europejskiej oraz Narodowego Funduszu Ochrony Środowiska i Gospodarki Wodnej.
LIFE20 IPE/PL/000007 - LIFE-IP AQP-SILESIAN-SKY

Należy nadmienić, że emisje związane z zabudową nowych urządzeń są niejako jednorazowe. Pożądaną wielkością wynikową są emisje roczne. Z tego względu przyjmuje się, że jednorazowe emisje związane z zabudową urządzeń rozkładają się na okres 20 lat.

6.3.2 Emisje sieciowe

Pobieranie mocy z krajowego systemu elektroenergetycznego oraz ciepła z lokalnych systemów ciepłowniczych wiążę się z emisją CO_2. Można tutaj przyjąć, że zgodnie z założeniami polityki klimatycznej systemy te będą zeroemisyjne od roku 2050 [13], co stawiało by emisje te na poziomie 0 kg/kWh. Z drugiej strony, założenia te nie są spełnione w bliskim horyzoncie czasowym, a estymacja emisji generowanych przez budynki stanowi cenną informację dla dalszych analiz.

Podobnie jak inne obliczenia, szacowanie emisji przeprowadzono w ujęciu godzinowym, korzystając z danych dla roku bazowego. Posłużono się tutaj danymi publicznymi Polskich Sieci Elektroenergetycznych [3]. Dane PSE zawierają informację co do generowanej mocy i jej źródeł w ujęciu godzinowym. Pozwala to na obliczenie ułamka całkowitej mocy generowanej wytwarzanego przez źródła nieodnawialne. Iloczyn frakcji nieodnawialnej i średniej emisji na jednostkę energii ze źródeł nieodnawialnych opublikowanej przez Krajowy Ośrodek Bilansowania i Zarządzania Emisjami [9], stanowi estymowaną, chwilową emisję CO_2 na kWh:

$$m_{CO2/kWh}(\tau) = \frac{N_{n-ren}(\tau)}{N_{n-ren}(\tau) + N_{ren}(\tau)} \cdot W_{em,kobize}, \tag{10}$$

gdzie N_{n-ren} to generacja mocy w źródłach nieodnawialnych (MW), N_{ren} to generacja mocy w źródłach odnawialnych (MW), a $W_{em,kobize}$ to wskaźnik średniej emisji na jednostkę energii wytwarzanej w Polsce ze źródeł nieodnawialnych, wynoszący 788 $kgCO_2/MWh$. Zakłada się tutaj, że generacja mocy ze źródeł odnawialnych nie wiąże się z emisją.

Emisje CO_2 związane ze zużyciem energii z lokalnych sieci ciepłowniczych oszacowano wg. raportu KOBiZE na 111,26 $kgCO_2/GJ$ [9].

Wielkości te odnoszą się do jednostek energii. Ponieważ obliczenia bazują na wielkościach mocy, przyjmuje się, że moc w ciągu danej godziny jest stała, energia pobrana z sieci stanowi więc iloczyn mocy i czasu. Dane o ilości CO_2 wyemitowanej w poszczególnych godzinach podlegają zsumowaniu dla całego roku.

$$m_{CO2,el,rok} = \sum_{i=1}^{8760} E_{el}(\tau) m_{CO2/kWh}(\tau), \tag{11}$$

gdzie $E_{el}(\tau)$ to energia zużyta w danej godzinie roku w kWh ($E_{el}(\tau) = N_{el,siec}(\tau) \cdot \tau$ przy założeniu stałości mocy w danej godzinie.).

6.3.3 Emisje związane ze spalaniem paliw

Emisje związane ze spalaniem pali szacowane są na bazie danych KOBiZE, przedstawiających wielkość emisji CO_2 przypadającą na jednostkę energii z danego paliwa dla danego rodzaju budynku. Wartości te przedstawiono w tabeli 3. Są to wartości właściwe dla kategorii "instytucje/handel/usługi".

Projekt zintegrowany LIFE „Śląskie. Przywracamy błękit". Kompleksowa realizacja Programu ochrony powietrza dla województwa śląskiego realizowany jest przy dofinansowaniu z Programu LIFE Unii Europejskiej oraz Narodowego Funduszu Ochrony Środowiska i Gospodarki Wodnej.
LIFE20 IPE/PL/000007 - LIFE-IP AQP-SILESIAN-SKY

Tabela 3: Zestawienie wskaźników emisji dla wybranych paliw

	Emisja CO2 kg/GJ
Olej opałowy	77.75
Gaz ziemny	55.39
Węgiel kamienny	94.25

Wartości te podlegają przemnożeniu przez roczne zużycie energii na cele grzewcze w danym budynku, z uwzględnieniem zużycia ciepła na cele przygotowania ciepłej wody użytkowe:

$$m_{CO2,pal,rok} = \sum_{i=1}^{8760} Q_{in}(\tau) W_{pal}, \tag{12}$$

gdzie W_{pal} to wskaźnk emisji dla danego paliwa, $Q_{in}(\tau)$ to energia zużyta na cele grzewcze w danej godzinie wyrażona w GJ.

6.4 Wyniki obliczeń

Obliczenia z użyciem opisanego modelu przeprowadzono dla wybranych 27 budynków w 16 różnych wariantach modernizacji. Warianty różnią się pod względem zastosowania różnych typów ogniw fotowoltaicznych, pomp ciepła - powietrznej bądź gruntowej oraz instalacją bądź nie kotła opalanego biomasą. Zestawienie wariantów przedstawiono w tabeli 4. Należy nadmienić, że są to warianty obliczeniowe, niekoniecznie możliwe do realizacji w praktyce (np. możliwe problemy techniczne w instacji paneli PV na dachach, lub gruntowych pomp ciepła na terenach silnie zabudowanych). Dodatkowo, nie rekomenduje się modernizacji źródeł ciepła w przypadku budynków zasilanych z sieci ciepłowniczej ponieważ zgodnie z założeniami polityki klimatycznej systemy te będą zeroemisyjne od roku 2050 [13]. Obliczenia obarczone są pewną niepewnością ze względu na przyjęte założenia i brak pomiarów dotyczących pełnego sezonu grzewczego.

Projekt zintegrowany LIFE „Śląskie. Przywracamy błękit". Kompleksowa realizacja Programu ochrony powietrza dla województwa śląskiego realizowany jest przy dofinansowaniu z Programu LIFE Unii Europejskiej oraz Narodowego Funduszu Ochrony Środowiska i Gospodarki Wodnej.
LIFE20 IPE/PL/000007 - LIFE-IP AQP-SILESIAN-SKY

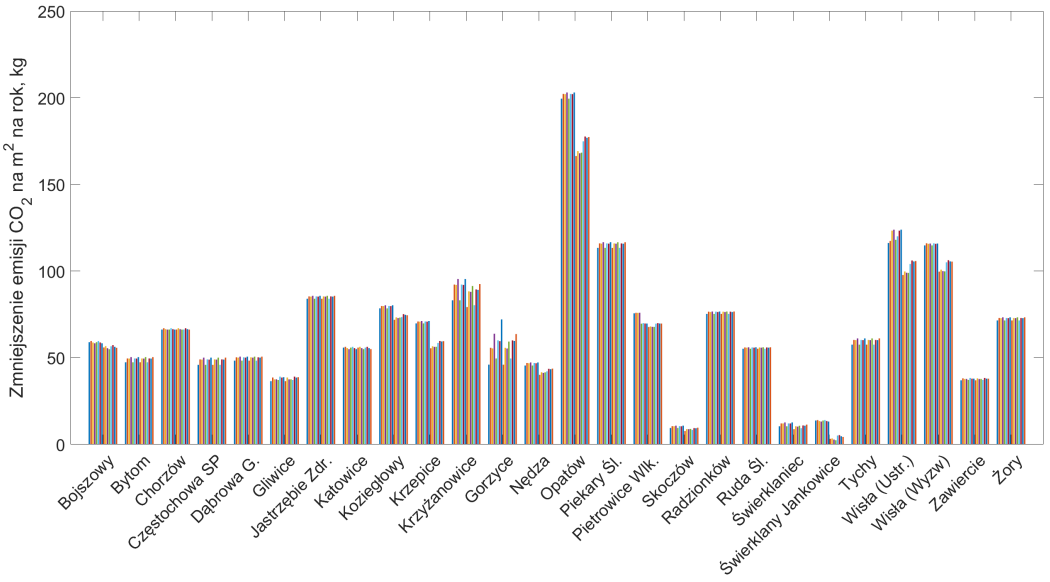
Tabela 4: Zestawienie wariantów obliczeniowych

Wariant/Arkusz	Rodzaj ogniw PV	Rodzaj pompy ciepła	Możliwość instalacji kotła biomasowego
1	Monokrystaliczne	Powietrzna	Tak
2	HIT	Powietrzna	Tak
3	Polikrystaliczne	Powietrzna	Tak
4	CIGS	Powietrzna	Tak
5	Monokrystaliczne	Gruntowa	Tak
6	HIT	Gruntowa	Tak
7	Polikrystaliczne	Gruntowa	Tak
8	CIGS	Gruntowa	Tak
9	Monokrystaliczne	Powietrzna	Nie
10	HIT	Powietrzna	Nie
11	Polikrystaliczne	Powietrzna	Nie
12	CIGS	Powietrzna	Nie
13	Monokrystaliczne	Gruntowa	Nie
14	HIT	Gruntowa	Nie
15	Polikrystaliczne	Gruntowa	Nie
16	CIGS	Gruntowa	Nie

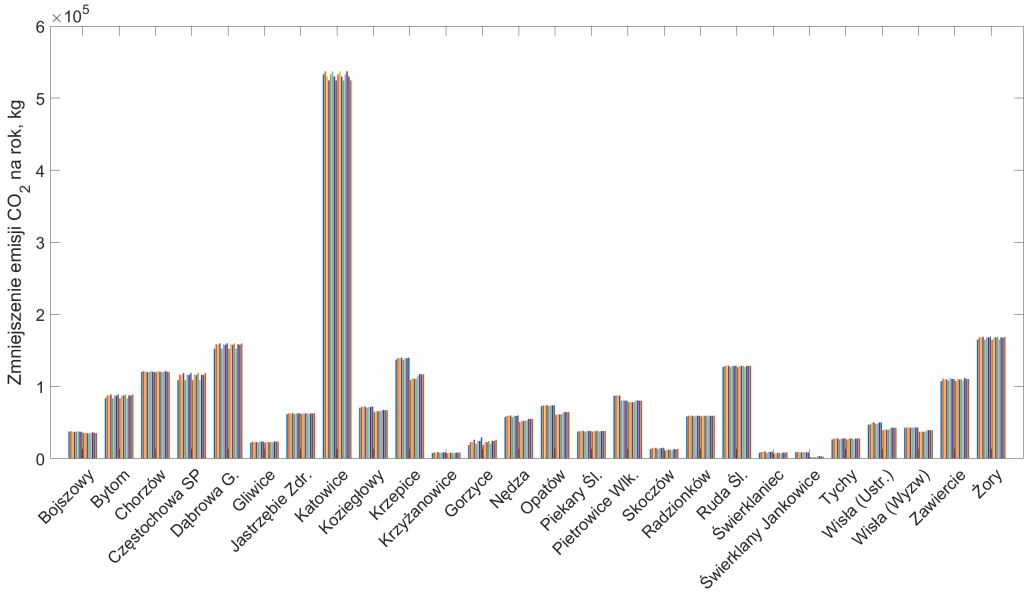
Ze względu na dużą liczbę wariantów, wyniki pokazano na wykresach. Wykres na rysunku 6 ujmuje różnice emisji CO_2 po implementacji danego wariantu w ujęciu względnym (tj. na metr kwadratowy powierzchni), wykres na rysunku 7 pokazuje te same różnice w ujęciu bezwzględnym. Na rysunku 8 pokazano emisje związane z implementacją poszczególnych wariantów.

Jak można zaobserwować, różnice pomiędzy są niewielkie. Wartości dla najlepszych (pod względem uniknięte emisji) wariantów ujęto w tabelach 5, 6, odpowiednio w ujęciu względnym i bezwzględnym. Tabele uszeregowano wg wartości emisji uniknięty.

Projekt zintegrowany LIFE „Śląskie. Przywracamy błękit". Kompleksowa realizacja Programu ochrony powietrza dla województwa śląskiego realizowany jest przy dofinansowaniu z Programu LIFE Unii Europejskiej oraz Narodowego Funduszu Ochrony Środowiska i Gospodarki Wodnej. LIFE20 IPE/PL/000007 - LIFE-IP AQP-SILESIAN-SKY



Rysunek 6: Względna (w odniesieniu do jednostki powierzchni), roczna, uniknięta emisja CO_2 dla poszczególnych wariantów obliczeniowych.



Rysunek 7: Roczna, uniknięta emisja CO_2 dla poszczególnych wariantów obliczeniowych.

Projekt zintegrowany LIFE „Śląskie. Przywracamy błękit". Kompleksowa realizacja Programu ochrony powietrza dla województwa śląskiego realizowany jest przy dofinansowaniu z Programu LIFE Unii Europejskiej oraz Narodowego Funduszu Ochrony Środowiska i Gospodarki Wodnej.
LIFE20 IPE/PL/000007 - LIFE-IP AQP-SILESIAN-SKY

Tabela 5: Uniknięta emisja roczna CO_2 w odniesieniu do powierzchni budynku i emisja związana z budową instalacji w odniesieniu do powierzchni budynku, dla najkorzystniejszego z wariantów. Uszeregowano wg wartości emisji uniknięte j.

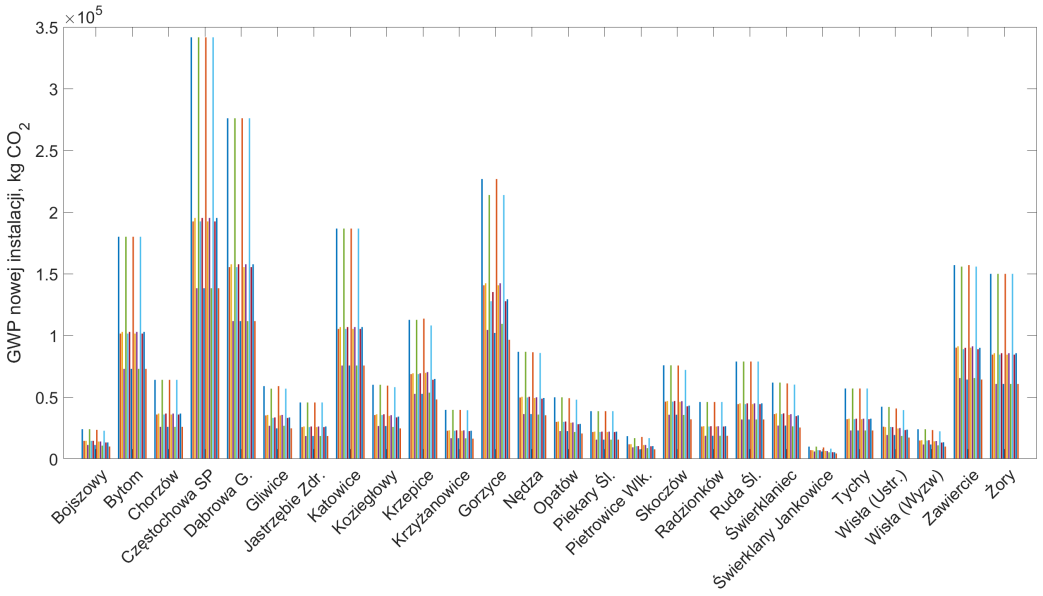
Numer	Subregion	Paliwo	Nazwa	Emisja uniknięta kg/ m2 rok	Emisja bud. instalacji kg/ m2	War.
14	Północny	Węgiel	Opatów	203,06	61,61	2
24	Południowy	Gaz	Wisła (Ustr.)	123,89	47,54	4
16	Centralny	Sieć ciepłownicza	Piekary Śl.	116,68	47,13	2
25	Południowy	Gaz	Wisła (Wyzw)	116,03	39,78	4
11	Zachodni	Gaz	Krzyżanowice	95,42	178,98	4
7	Zachodni	Sieć ciepłownicza	Jastrzębie Zdr.	85,73	25,17	6
9	Północny	Gaz	Koziegłowy	80,27	29,56	4
19	Centralny	Sieć ciepłownicza	Radzionków	76,67	24,03	2
17	Zachodni	Gaz	Pietrowice Wlk.	75,95	8,08	4
27	Zachodni	Sieć ciepłownicza	Żory	73,31	26,32	4
12	Zachodni	Węgiel	Gorzyce	72,11	248,09	4
10	Północny	Olej opałowy	Krzepice	71,18	26,77	8
3	Centralny	Sieć ciepłownicza	Chorzów	67,03	19,82	4
23	Centralny	Sieć ciepłownicza	Tychy	61,15	49,72	4
1	Centralny	Olej opałowy	Bojszowy	59,66	22,86	4
8	Centralny	Sieć ciepłownicza	Katowice	56,31	11,04	4
20	Centralny	Sieć ciepłownicza	Ruda Śl.	56,02	13,86	4
5	Centralny	Sieć ciepłownicza	Dąbrowa G.	50,64	35,36	4
2	Centralny	Sieć ciepłownicza+gaz	Bytom	50,36	41,30	4
4	Północny	Sieć ciepłownicza	Częstochowa SP	50,08	58,28	4
13	Zachodni	Węgiel	Nędza	47,27	28,68	2
6	Centralny	Gaz	Gliwice	39,11	54,32	4
26	Centralny	Gaz	Zawiercie	38,36	30,52	4
22	Zachodni	Gaz	Świerklany Jankowice	14,03	10,80	2
21	Centralny	Gaz	Świerklaniec	12,69	34,90	6
18	Południowy	Gaz	Skoczów	10,81	25,58	4

Projekt zintegrowany LIFE „Śląskie. Przywracamy błękit". Kompleksowa realizacja Programu ochrony powietrza dla województwa śląskiego realizowany jest przy dofinansowaniu z Programu LIFE Unii Europejskiej oraz Narodowego Funduszu Ochrony Środowiska i Gospodarki Wodnej.
LIFE20 IPE/PL/000007 - LIFE-IP AQP-SILESIAN-SKY

Tabela 6: Uniknięta emisja roczna CO_2 w ujęciu bezwzględnym i emisja związana z budową instalacji, dla najkorzystniejszego z wariantów. Uszeregowano wg wartości emisji uniknietej.

Numer	Subregion	Paliwo	Nazwa	Emisja uniknięta kg/rok	Emisja bud. instalacji kg	War.
8	Centralny	Sieć ciepłownicza	Katowice	537150,60	105284,33	2
27	Zachodni	Sieć ciepłownicza	Żory	169041,44	60686,21	4
5	Centralny	Sieć ciepłownicza	Dąbrowa G.	159860,07	111629,96	4
10	Północny	Olej opałowy	Krzepice	140018,51	52657,32	4
20	Centralny	Sieć ciepłownicza	Ruda Śl.	128925,28	31907,46	4
3	Centralny	Sieć ciepłownicza	Chorzów	121465,53	35907,88	2
4	Północny	Sieć ciepłownicza	Częstochowa SP	118808,93	138263,71	4
26	Centralny	Gaz	Zawiercie	111671,97	88841,56	6
2	Centralny	Sieć ciepłownicza+gaz	Bytom	88926,17	72930,58	4
17	Zachodni	Gaz	Pietrowice Wlk.	87571,49	9320,74	4
14	Północny	Węgiel	Opatów	74117,73	22486,74	4
9	Północny	Gaz	Koziegłowy	72242,13	26600,53	4
7	Zachodni	Sieć ciepłownicza	Jastrzębie Zdr.	63014,45	18501,21	4
13	Zachodni	Węgiel	Nędza	59792,90	36277,35	4
19	Centralny	Sieć ciepłownicza	Radzionków	59599,35	18679,96	4
24	Południowy	Gaz	Wisła (Ustr.)	50242,94	19278,66	4
25	Południowy	Gaz	Wisła (Wyzw)	43280,34	14838,08	2
16	Centralny	Sieć ciepłownicza	Piekary Śl.	38506,14	15551,83	4
1	Centralny	Olej opałowy	Bojszowy	37953,25	14544,68	2
12	Zachodni	Węgiel	Gorzyce	29665,64	102061,02	8
23	Centralny	Sieć ciepłownicza	Tychy	28250,43	22969,96	4
6	Centralny	Gaz	Gliwice	23854,61	33132,46	6
18	Południowy	Gaz	Skoczów	15106,18	35739,50	4
21	Centralny	Gaz	Świerklaniec	9809,59	26985,48	4
22	Zachodni	Gaz	Świerklany Jankowice	9134,53	7031,12	2
11	Zachodni	Gaz	Krzyżanowice	8891,37	16677,60	4

Projekt zintegrowany LIFE „Śląskie. Przywracamy błękit". Kompleksowa realizacja Programu ochrony powietrza dla województwa śląskiego realizowany jest przy dofinansowaniu z Programu LIFE Unii Europejskiej oraz Narodowego Funduszu Ochrony Środowiska i Gospodarki Wodnej. LIFE20 IPE/PL/000007 - LIFE-IP AQP-SILESIAN-SKY



Rysunek 8: Ekwiwalent CO_2 związany z budową instalacji dla poszczególnych wariantów obliczeniowych.

7 Modele Zrównoważonego Budownictwa dla 9 istniejących obiektów sektorów: administracji, oświaty oraz kultury

7.1 Ocena możliwości implementacji Modeli Zrównoważonych Budynków w wybranych obiektach

W dniach 26 i 27 marca 2025 w panelu eksperckim w którym brali udział eksperci z dziedziny energetyki, architektury i terenów zielonych opracowane zostały Modele Zrównoważonych Budynków. Uczestnicy mieli możliwość zapoznania się z sylwetkami budynków. W toku dyskusji omówiono możliwość implementacji poszczególnych, ustalonych zasad Modeli Zrównoważonych Budynków na przykładzie wymienionych 9 obiektów. Ponieważ zasady MZB opisane zostały szczegółowo w rozdziale 4, wynik rozważań pokazano w formie tabelarycznych, w tabeli 7.

Uwagi ogólne dotyczą oczywiście wszystkich budynków. Implementacja systemów zarządzania energią także możliwa jest we wszystkich przypadkach. Pozostałe punkty uznano za możliwe do wykonania (bądź nie), biorąc pod uwagę lokalizację budynku, jego otoczenie, możliwości rozbudowy, wielkość działki czy podłączenie do sieci ciepłowniczej. Dodatkowo ze względu na funkcję budynku różnie oceniono kwestie wymagań w zakresie komfortu cieplnego. Zakres implementacji jest także automatycznie mniejszy w budynkach zabytkowych.

Projekt zintegrowany LIFE „Śląskie. Przywracamy błękit". Kompleksowa realizacja Programu ochrony powietrza dla województwa śląskiego realizowany jest przy dofinansowaniu z Programu LIFE Unii Europejskiej oraz Narodowego Funduszu Ochrony Środowiska i Gospodarki Wodnej.
LIFE20 IPE/PL/000007 - LIFE-IP AQP-SILESIAN-SKY

Tabela 7: Implementacja modeli zrównoważonych budynków w wybranych obiektach. Pozycje w tabeli odnoszą się do podpunktów danego podrozdziału.

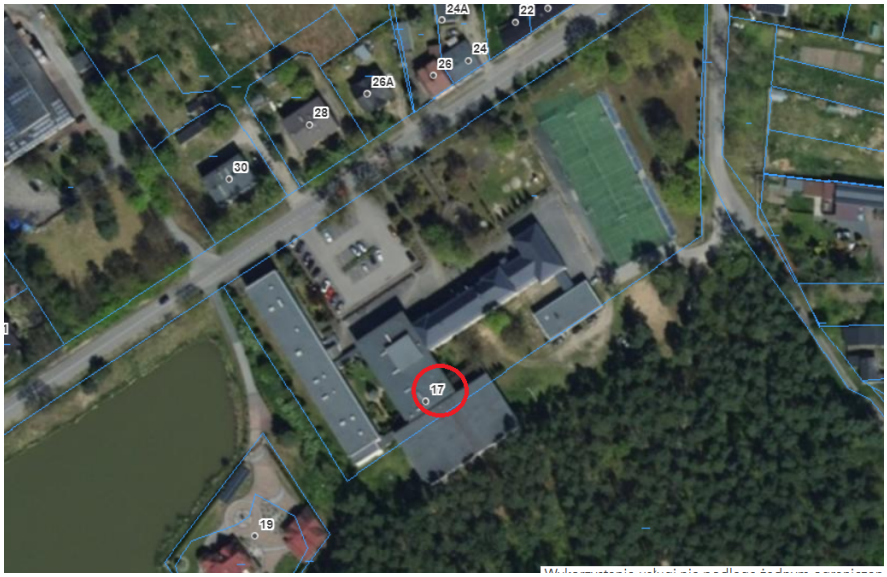
		Bytom	Krzepice	Nędza	Skoczów	Katowice	Żory	Pietrowice Wlk.	Opatów	Świerklaniec
5.2. Zapotrzebowanie na energię										
	1	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓
	2	✓	✓	✓	X	X	✓	X	X	✓
	3	✓	✓	✓	X	X	✓	X	X	✓
	4	✓	X	✓	X	X	X	X	X	X
	5	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓
	6	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓
	7	✓	✓	✓	✓	X	✓	X	X	✓
	8	X	✓	✓	X	X	✓	X	X	✓
	9	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓
	10	✓	✓	✓	X	✓	✓	X	X	X
	11	X	✓	✓	X	X	✓	✓	✓	✓
	12	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓
5.3. Źródła ciepła										
	1	✓	X	X	X	✓	✓	X	X	X
	2	X	✓	✓	✓	X	X	✓	✓	✓
	3	X	✓	✓	✓	X	X	✓	✓	✓
5.4. Źródła chłodu										
	1	✓	X	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓
	2	✓	X	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓
	3	✓	X	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓
5.5. Źródła energii elektrycznej										
	1	✓	✓	✓	X	✓	✓	✓	✓	✓
	2	✓	✓	✓	X	✓	✓	✓	✓	✓
	3	X	✓	✓	X	X	✓	X	X	X
	4	X	✓	✓	X	X	X	✓	✓	✓
5.6 Woda opadowa:										
	1	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓
5.7. Edukacja:										
	1	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓
5.8. Magazyny energii										
	1	✓	✓	✓	X	X	✓	✓	✓	✓
	2	X	✓	✓	✓	X	✓	✓	✓	✓
	3	✓	X	✓	✓	X	✓	✓	✓	✓
5.9. Modernizacja systemów zarządzania energią										
	1	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓
	2	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓
	3	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓
	4	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓

Projekt zintegrowany LIFE „Śląskie. Przywracamy błękit". Kompleksowa realizacja Programu ochrony powietrza dla województwa śląskiego realizowany jest przy dofinansowaniu z Programu LIFE Unii Europejskiej oraz Narodowego Funduszu Ochrony Środowiska i Gospodarki Wodnej.
LIFE20 IPE/PL/000007 - LIFE-IP AQP-SILESIAN-SKY

7.2 Modele zrównoważonych budynków

7.2.1 Model nr 1: Krzepice – Szkoła Podstawowa nr 1 im. Adama Mickiewicza (oświata)

Budynek znajduje się pod adresem ul. A. Mickiewicza 13/17, 42-160 Krzepice. Jest to subregion północny Województwa. Budynek wzbudził duże zainteresowanie Panelu Eksperckiego ze względu na lokalizację i dużą powierzchnię działki. Wg danych ankietowych zespół budynków ma powierzchnię użytkową 1967m^2, ogrzewany jest olejem opałowym w ilości 52000 l/rok, sumaryczne zużycie energii roczne wynosi 577634.33 kWh w tym 563333.33 kWh na cele grzewcze. Budynek jest częściowo ocieplony styropianem o grubości 40 mm. Modernizacja źródeł ciepła i instalacja odnawialnych źródeł energii prowadzić może do zmniejszenia rocznej emisji CO_2 o 140018.51 kg/rok.



Rysunek 9: Budynek Szkoły w Krzepicach, lokalizacja (źródło - Geoportal)

Projekt zintegrowany LIFE „Śląskie. Przywracamy błękit". Kompleksowa realizacja Programu ochrony powietrza dla województwa śląskiego realizowany jest przy dofinansowaniu z Programu LIFE Unii Europejskiej oraz Narodowego Funduszu Ochrony Środowiska i Gospodarki Wodnej.
LIFE20 IPE/PL/000007 - LIFE-IP AQP-SILESIAN-SKY

Tabela 8: Dane ankietowe budynku w Krzepicach.

Miasto	Krzepice
Subregion	Północny
Funkcja	Oświata
Adres	Krzepice, ul. Mickiewicza 13/17
Źródło ciepła	Olej opałowy
Powierzchnia użytkowa	1967
Klimatyzacja, (liczba jednostek)	nie
Wentylacja mechaniczna	nie
Odbiorniki energii elektrycznej	Elektryczne podgrzewacze wody; 3, chłodziarki; 1, komputery; 2 serwery + 49 komputerów
Grubość ścian	0,41 m (cegła), 0,32 m (pustak)
Materiał ścian	cegła, pustak
Izolacja	Styropian
Grubość izolacji	40 mm
Rodzaj dachu	płaski
Ocieplenie poddasze/dach	Styropian, 20 mm
Ocieplenie podłoga	nie
Stolarka okienna	PCV



Rysunek 10: Budynki szkoły w Krzepicach, zdjęcie.

Projekt zintegrowany LIFE „Śląskie. Przywracamy błękit". Kompleksowa realizacja Programu ochrony powietrza dla województwa śląskiego realizowany jest przy dofinansowaniu z Programu LIFE Unii Europejskiej oraz Narodowego Funduszu Ochrony Środowiska i Gospodarki Wodnej.
LIFE20 IPE/PL/000007 - LIFE-IP AQP-SILESIAN-SKY

Przy implementacji modelu zrównoważonego tego budynku należy zwrócić szczególną uwagę na następujące zagadnienia:

- Zapotrzebowanie na energię

1. Zapotrzebowanie na ciepło uzależnione jest zarówno od konstrukcji budynku, jego otoczenia jak i sposobu jego przyszłej eksploatacji. Każdy z tych czynników może być do pewnego stopnia kształtowany przez zarządcę budynku.
2. Zmniejszenie oddziaływania czynników środowiskowych prze osłanianie budynku od wiatru, co może być osiągnięte przez stosowanie roślinności osłonowej (wg rekomendacji typologii przygotowanej przez Śląski Ogród Botaniczny Związek Stowarzyszeń w ramach projektu „Śląskie. Przywracamy błękit" [18]) jak i poprzez wały ziemne z roślinnością (pokrywową lub niską). Oczywiście jedno i drugie musi być elementem planu zagospodarowania terenu wokół budynku.
3. Zacienienie go drzewami liściastymi, które latem przyczyniają się do schłodzenia, umożliwiają natomiast dopływ energii słonecznej zimą. Szczegółowe wytyczne dotyczące gatunków zostały zawarte w typologii przygotowanej przez Śląski Ogród Botaniczny Związek Stowarzyszeń [18].
4. Zastosowanie wentylacji wymuszonej z rekuperacją ciepła. W budynkach z wentylacją grawitacyjną zazwyczaj jest zbyt niska wymiana powietrza w czasie użytkowania budynku oraz zbyt wysoka w czasie, gdy budynek nie jest eksploatowany. Sygnałem sterującym intensywności cyrkulacji powinien być pomiar CO2 w pomieszczeniach (z uwzględnieniem wymagań określonych przez przepisy Prawa Budowlanego).
5. Zwiększanie wilgotności w okresie zimowym poza pozytywnym skutkiem zdrowotnym daje także możliwość obniżenia temperatury i tym samym zapotrzebowania na ciepło. Jedną ze wskazanych metod zwiększania wilgotności powietrza jest wprowadzanie roślin do pomieszczeń pracowniczych [19].
6. Należy dążyć do zmniejszenia amplitudy czynników środowiskowych (wilgotność powietrza, temperatura, natężenie promieniowania słonecznego, prędkość wiatru)
7. Rozważyć zastosowanie oranżerii i ogrodów zimowych, które wykorzystać można jako strefy socjalne, promocyjne itd.
8. Implementacja zielonych ścian. Zielone ściany, które wpływają bardzo istotnie na poprawę izolacyjności cieplnej budynku powinny być realizowane w oparciu o rośliny nie powodujące niszczenia tynku. Wskazane jest przy tym, tam gdzie to możliwe, by zielona ściana miała własną podkonstrukcję wsporczą.
9. Zaleca się dachy zielone, mogą one być realizowane w oparciu o rośliny wieloletnie, odporne na susze takie jak na przykład mchy epifityczne w przypadku lokalizacji północnych i/lub zacienionych (dachy ekstensywne), zielone dachy intensywne (krzewy i drzewa) rekomendowane ponad ekstensywne w pozostałych przypadkach. Należy zwrócić uwagę na wielkość i typ systemu korzeniowego i izolację przeciwwodną. Implementacja musi być poprzedzona przez studium możliwości [16].
10. Wskazane jest instalowanie osłon ograniczających penetrację promieniowania słonecznego do pomieszczeń, osłon chroniących przed przegrzewaniem oraz osłon chroniących przed utratą ciepła.

Projekt zintegrowany LIFE „Śląskie. Przywracamy błękit". Kompleksowa realizacja Programu ochrony powietrza dla województwa śląskiego realizowany jest przy dofinansowaniu z Programu LIFE Unii Europejskiej oraz Narodowego Funduszu Ochrony Środowiska i Gospodarki Wodnej.
LIFE20 IPE/PL/000007 - LIFE-IP AQP-SILESIAN-SKY

11. Termomodernizacja budynku powinna obejmować nie tylko zwiększenie izolacyjności ścian, ale także izolacyjności okien i drzwi.

- Źródła ciepła

1. Należy w pierwszej kolejności rozważyć pompy ciepła, przy czym zdecydowanie wskazane są pompy z wymiennikami gruntowymi, a nie powietrznymi jeżeli pozwala na to lokalizacja. W przypadku instalacji pompy ciepła, zaleca się wprowadzenie paneli fotowoltaicznych.
2. Alternatywnie do pomp ciepła, lub jako źródło szczytowe mogą być planowane kotły zasilane biomasą. Szczególnie polecane są tutaj kotły niskoobsługowe na pelet biomasowy spełniające wymogi eco-design.

- Źródła energii elektrycznej

1. Budynki użyteczności publicznej ze względu na swoją funkcję społeczną powinny mieć zapewnione bezpieczeństwo zasilania w energię elektryczną poprzez podłączenie do sieci elektroenergetycznej. Nie jest wskazane planowanie budynków w systemie off-grid.
2. Podstawowym źródłem energii elektrycznej pozyskiwanej w samym budynku są panele fotowoltaiczne, które mogą być instalowane także na zielonych dachach przy dodatkowej podwyższonej konstrukcji nośnej, umożliwiającej funkcjonalną implementację dachów zielonych. W przypadku występowania parkingów czy innych obiektów małej architektury powinny one też być wykorzystane do montażu paneli fotowoltaicznych o ile nie są zlokalizowane w miejscach zacienionych. Przy montażu paneli na dachach spadzistych i elewacjach należy zwrócić uwagę na aspekt estetyczny, zaleca się stosowanie „płaszczyzn solarnych”.

Projekt zintegrowany LIFE „Śląskie. Przywracamy błękit”. Kompleksowa realizacja Programu ochrony powietrza dla województwa śląskiego realizowany jest przy dofinansowaniu z Programu LIFE Unii Europejskiej oraz Narodowego Funduszu Ochrony Środowiska i Gospodarki Wodnej.
LIFE20 IPE/PL/000007 - LIFE-IP AQP-SILESIAN-SKY

3. Optymalny kąt ustawienia paneli fotowoltaicznych zależy od funkcji budynku. Przykładowo budynki szkolne zużywają energię elektryczną głównie rano, a latem mają przerwę wakacyjną ograniczającą zapotrzebowania na energię. Stąd optymalne ustawienie paneli na wschód. Dążenie do maksymalizacji wykorzystania energii elektrycznej do potrzeb własnych, bez sprzedaży do sieci implikuje inne kąty optymalnego ustawienia paneli w obu płaszczyznach. Dotyczy to przede wszystkim dachów płaskich
4. Poleca się rozważenie paneli fotowoltaicznych w technologii hybrydowej (chłodzonych wodą) PVT, z wykorzystaniem ciepła odpadowego do produkcji CWU lub regeneracji cieplnej gruntu.

- Woda opadowa

1. Zaleca się wykorzystanie wody opadowej do podlewania dachów zielonych, zieleni w otoczeniu budynków, celów chłodzenia paneli PVT, zabezpieczenia rezerwuarów wody szarej.

- Edukacja

1. Należy przygotować instrukcje obsługi budynku osobne dla zarządcy i użytkownika wyjaśniające zastosowane rozwiązania i prawidłowe sposoby ich użytkowania.

- Magazyny energii

1. Przy instalacji paneli PV wskazane jest stosowanie magazynów energii elektrycznej. Do doboru wielkości magazynu należy wykorzystać pomiar strumienia energii elektrycznej przez budynek.
2. Przy instalacji pomp ciepła uzasadnione jest stosowanie magazynów ciepła pozwalających na zmagazynowane ciepła w ilości odpowiadającej dziennemu zużyciu w typowy dzień sezonu grzewczego. Pompa ciepła może napełniać zasobnik w okresie wysokiej dostępności energii elektrycznej z OZE. Należy jednak przeanalizować możliwości podłączenia instalacji OZE do istniejącego budynku, szczególnie ze względu na czynniki wykluczające implementację magazynu takie jak wysoka temperatura czynnika obiegowego w instalacji grzewczej.

- Modernizacja systemów zarządzania energią

1. Inteligentne systemy zarządzania energią.
2. Automatyczne sterowanie ogrzewaniem, wentylacją i oświetleniem.
3. Integracja z magazynami energii (np. bateriami litowo-jonowymi).
4. Możliwość strefowego sterowania warunkami termicznymi w budynku.

Projekt zintegrowany LIFE „Śląskie. Przywracamy błękit". Kompleksowa realizacja Programu ochrony powietrza dla województwa śląskiego realizowany jest przy dofinansowaniu z Programu LIFE Unii Europejskiej oraz Narodowego Funduszu Ochrony Środowiska i Gospodarki Wodnej.
LIFE20 IPE/PL/000007 - LIFE-IP AQP-SILESIAN-SKY

- Uwagi dodatkowe

1. Planując roślinność należy wybierać gatunki o niskim zagrożeniu alergicznym i niskim potencjale inwazyjności.
2. Należy rozważyć wykorzystanie murali antysmogowych, farb antysmogowych, szczególnie w celach promocyjnych na wolnych ścianach obiektu
3. Wykorzystanie zasad architektury cyrkularnej, m.in. wykorzystanie materiałów rozbiórkowych w planowanej modernizacji.

7.2.2 Model nr 2: Żory - Szkoła podstawowa nr 4 (oświata)

Budynek znajduje się pod adresem Boryńska 38C, 44-240 Żory. Jest to subregion zachodni Województwa. Wg danych ankietowych zespół budynków ma powierzchnię użytkową 2305.7m^2, ogrzewany jest z sieci ciepłowniczej, sumaryczne zużycie energii roczne wynosi 415442.33 kWh w tym 373833.33 kWh na cele grzewcze. Budynek jest nieocieplony Modernizacja źródeł ciepła i instalacja odnawialnych źródeł energii prowadzić może do zmniejszenia rocznej emisji CO_2 o 169041.44 kg/rok.



Rysunek 11: Budynek szkoły w Żorach, lokalizacja (źródło - Geoportal)

Projekt zintegrowany LIFE „Śląskie. Przywracamy błękit". Kompleksowa realizacja Programu ochrony powietrza dla województwa śląskiego realizowany jest przy dofinansowaniu z Programu LIFE Unii Europejskiej oraz Narodowego Funduszu Ochrony Środowiska i Gospodarki Wodnej.
LIFE20 IPE/PL/000007 - LIFE-IP AQP-SILESIAN-SKY

Tabela 9: Dane ankietowe budynku w Żorach.

Miasto	Żory
Subregion	Zachodni
Funkcja	Oświata
Adres	Żory, ul. Boryńska 38c
Źródło ciepła	Sieć ciepłownicza
Powierzchnia użytkowa	2305,7
Klimatyzacja, (liczba jednostek)	1, centralny
Wentylacja mechaniczna	nie
Odbiorniki energii elektrycznej	Segment A, B - Dach płaski, żelbetowy, kryty papą Segment D, E – płaski, żelbetowy, kryty styropapą
Grubość ścian	bd
Materiał ścian	cegła
Izolacja	brak
Grubość izolacji	
Rodzaj dachu	Segment A, B - Dach płaski, żelbetowy, kryty papą Segment D, E – płaski, żelbetowy, kryty styropapą
Ocieplenie poddasze/dach	nie
Ocieplenie podłoga	nie
Stolarka okienna	drewniana



Rysunek 12: Budynki szkoły w Żorach zdjęcie.

Projekt zintegrowany LIFE „Śląskie. Przywracamy błękit". Kompleksowa realizacja Programu ochrony powietrza dla województwa śląskiego realizowany jest przy dofinansowaniu z Programu LIFE Unii Europejskiej oraz Narodowego Funduszu Ochrony Środowiska i Gospodarki Wodnej.
LIFE20 IPE/PL/000007 - LIFE-IP AQP-SILESIAN-SKY

Przy implementacji modelu zrównoważonego tego budynku należy zwrócić szczególną uwagę na następujące zagadnienia:

- Zapotrzebowanie na energię

1. Zapotrzebowanie na ciepło uzależnione jest zarówno od konstrukcji budynku, jego otoczenia jak i sposobu jego przyszłej eksploatacji. Każdy z tych czynników może być do pewnego stopnia kształtowany przez zarządcę budynku.
2. Zmniejszenie oddziaływania czynników środowiskowych prze osłanianie budynku od wiatru, co może być osiągnięte przez stosowanie roślinności osłonowej (wg rekomendacji typologii przygotowanej przez Śląski Ogród Botaniczny Związek Stowarzyszeń w ramach projektu „Śląskie. Przywracamy błękit" [18]) jak i poprzez wały ziemne z roślinnością (pokrywową lub niską). Oczywiście jedno i drugie musi być elementem planu zagospodarowania terenu wokół budynku.
3. Zacienienie go drzewami liściastymi, które latem przyczyniają się do schłodzenia, umożliwiają natomiast dopływ energii słonecznej zimą. Szczegółowe wytyczne dotyczące gatunków zostały zawarte w typologii przygotowanej przez Śląski Ogród Botaniczny Związek Stowarzyszeń [18].
4. Zastosowanie wentylacji wymuszonej z rekuperacją ciepła. W budynkach z wentylacją grawitacyjną zazwyczaj jest zbyt niska wymiana powietrza w czasie użytkowania budynku oraz zbyt wysoka w czasie, gdy budynek nie jest eksploatowany. Sygnałem sterującym intensywności cyrkulacji powinien być pomiar CO2 w pomieszczeniach (z uwzględnieniem wymagań określonych przez przepisy Prawa Budowlanego).
5. Zwiększanie wilgotności w okresie zimowym poza pozytywnym skutkiem zdrowotnym daje także możliwość obniżenia temperatury i tym samym zapotrzebowania na ciepło. Jedną ze wskazanych metod zwiększania wilgotności powietrza jest wprowadzanie roślin do pomieszczeń pracowniczych [19].
6. Należy dążyć do zmniejszenia amplitudy czynników środowiskowych (wilgotność powietrza, temperatura, natężenie promieniowania słonecznego, prędkość wiatru)
7. Rozważyć zastosowanie oranżerii i ogrodów zimowych, które wykorzystać można jako strefy socjalne, promocyjne itd.
8. Implementacja zielonych ścian. Zielone ściany, które wpływają bardzo istotnie na poprawę izolacyjności cieplnej budynku powinny być realizowane w oparciu o rośliny nie powodujące niszczenia tynku. Wskazane jest przy tym, tam gdzie to możliwe, by zielona ściana miała własną podkonstrukcję wsporczą.
9. Zaleca się dachy zielone, mogą one być realizowane w oparciu o rośliny wieloletnie, odporne na susze takie jak na przykład mchy epifityczne w przypadku lokalizacji północnych i/lub zacienionych (dachy ekstensywne), zielone dachy intensywne (krzewy i drzewa) rekomendowane ponad ekstensywne w pozostałych przypadkach. Należy zwrócić uwagę na wielkość i typ systemu korzeniowego i izolację przeciwwodną. Implementacja musi być poprzedzona przez studium możliwości [16].

Projekt zintegrowany LIFE „Śląskie. Przywracamy błękit". Kompleksowa realizacja Programu ochrony powietrza dla województwa śląskiego realizowany jest przy dofinansowaniu z Programu LIFE Unii Europejskiej oraz Narodowego Funduszu Ochrony Środowiska i Gospodarki Wodnej.
LIFE20 IPE/PL/000007 - LIFE-IP AQP-SILESIAN-SKY

10. Wskazane jest instalowanie osłon ograniczających penetrację promieniowania słonecznego do pomieszczeń, osłon chroniących przed przegrzewaniem oraz osłon chroniących przed utratą ciepła.
11. Termomodernizacja budynku powinna obejmować nie tylko zwiększenie izolacyjności ścian, ale także izolacyjności okien i drzwi.

- Źródła ciepła

1. Pozostawienie sieci ciepłowniczej jako źródła ciepła. Źródła ciepła dla sieci ciepłowniczej podlegać będą transformacji energetycznej, która doprowadzi do docelowego pobierania ciepła bez obciążania śladem węglowym.

- Źródła chłodu

1. Poza bardzo szczególnymi przypadkami, gdy dostępne jest ciepło odpadowe uzasadniające zastosowanie ziębiarek sorbcyjnych, podstawowym źródłem chłodu są urządzenia sprężarkowe. Należy jednak wnikliwie rozważyć czy klimatyzacja jest rzeczywiście konieczna, a komfortu cieplnego nie da się zapewnić metodami pasywnymi.
2. W pierwszej kolejności należy rozważyć centralne źródło chłodu i rozprowadzenie go za pomocą wody lodowej do pomieszczeń, w których chłodzenie jest niezbędne. Centralne źródło chłodu umożliwia stosowanie magazynu chłodu.
3. Dla komfortu użytkowników należy stosować indywidualną regulację temperatury powietrza w każdym pomieszczeniu.

- Źródła energii elektrycznej

1. Budynki użyteczności publicznej ze względu na swoją funkcję społeczną powinny mieć zapewnione bezpieczeństwo zasilania w energię elektryczną poprzez podłączenie do sieci elektroenergetycznej. Nie jest wskazane planowanie budynków w systemie off-grid.
2. Podstawowym źródłem energii elektrycznej pozyskiwanej w samym budynku są panele fotowoltaiczne, które mogą być instalowane także na zielonych dachach przy dodatkowej podwyższonej konstrukcji nośnej, umożliwiającej funkcjonalną implementację dachów zielonych. W przypadku występowania parkingów czy innych obiektów małej architektury powinny one też być wykorzystane do montażu paneli fotowoltaicznych o ile nie są zlokalizowane w miejscach zacienionych. Przy montażu paneli na dachach spadzistych i elewacjach należy zwrócić uwagę na aspekt estetyczny, zaleca się stosowanie „płaszczyzn solarnych”.
3. Optymalny kąt ustawienia paneli fotowoltaicznych zależy od funkcji budynku. Przykładowo budynki szkolne zużywają energię elektryczną głównie rano, a latem mają przerwę wakacyjną ograniczającą zapotrzebowania na energię. Stąd optymalne ustawienie paneli na wschód. Dążenie do maksymalizacji wykorzystania energii elektrycznej do potrzeb własnych, bez sprzedaży do sieci implikuje inne kąty optymalnego ustawienia paneli w obu płaszczyznach. Dotyczy to przede wszystkim dachów płaskich

Projekt zintegrowany LIFE „Śląskie. Przywracamy błękit”. Kompleksowa realizacja Programu ochrony powietrza dla województwa śląskiego realizowany jest przy dofinansowaniu z Programu LIFE Unii Europejskiej oraz Narodowego Funduszu Ochrony Środowiska i Gospodarki Wodnej.
LIFE20 IPE/PL/000007 - LIFE-IP AQP-SILESIAN-SKY

- Woda opadowa

    1. Zaleca się wykorzystanie wody opadowej do podlewania dachów zielonych, zieleni w otoczeniu budynków, celów chłodzenia paneli PVT, zabezpieczenia rezerwuarów wody szarej.

- Edukacja

    1. Należy przygotować instrukcje obsługi budynku osobne dla zarządcy i użytkownika wyjaśniające zastosowane rozwiązania i prawidłowe sposoby ich użytkowania.

- Magazyny energii

    1. Przy instalacji paneli PV wskazane jest stosowanie magazynów energii elektrycznej. Do doboru wielkości magazynu należy wykorzystać pomiar strumienia energii elektrycznej przez budynek.
    2. Przy instalacji pomp ciepła uzasadnione jest stosowanie magazynów ciepła pozwalających na zmagazynowane ciepła w ilości odpowiadającej dziennemu zużyciu w typowy dzień sezonu grzewczego. Pompa ciepła może napełniać zasobnik w okresie wysokiej dostępności energii elektrycznej z OZE. Należy jednak przeanalizować możliwości podłączenia instalacji OZE do istniejącego budynku, szczególnie ze względu na czynniki wykluczające implementację magazynu takie jak wysoka temperatura czynnika obiegowego w instalacji grzewczej.
    3. W budynkach wyposażonych w centralną klimatyzację i rozprowadzenie chłodu poprzez wodę lodową wskazane jest stosowanie magazynów chłodu o pojemności odpowiadającej zużyciu chłodu w typowy dzień sezonu letniego.

- Modernizacja systemów zarządzania energią

    1. Inteligentne systemy zarządzania energią.
    2. Automatyczne sterowanie ogrzewaniem, wentylacją i oświetleniem.
    3. Integracja z magazynami energii (np. bateriami litowo-jonowymi).
    4. Możliwość strefowego sterowania warunkami termicznymi w budynku.

- Uwagi dodatkowe

    1. Planując roślinność należy wybierać gatunki o niskim zagrożeniu alergicznym i niskim potencjale inwazyjności.
    2. Należy rozważyć wykorzystanie murali antysmogowych, farb antysmogowych, szczególnie w celach promocyjnych na wolnych ścianach obiektu
    3. Wykorzystanie zasad architektury cyrkularnej, m.in. wykorzystanie materiałów rozbiórkowych w planowanej modernizacji.

Projekt zintegrowany LIFE „Śląskie. Przywracamy błękit". Kompleksowa realizacja Programu ochrony powietrza dla województwa śląskiego realizowany jest przy dofinansowaniu z Programu LIFE Unii Europejskiej oraz Narodowego Funduszu Ochrony Środowiska i Gospodarki Wodnej.
LIFE20 IPE/PL/000007 - LIFE-IP AQP-SILESIAN-SKY

7.2.3 Model nr 3: Skoczów - Zespół Szkół Specjalnych (oświata)

Budynek znajduje się pod adresem ul. Mickiewicza 12, 43-130 Skoczów. Jest to subregion południowy Województwa, przy czym podlega administracji wojewódzkiej. Budynek stanowi niewątpliwe wyzwanie pod kątem implementacji MZB ze względu na jego zabytkowy charakter oraz położenie.



Rysunek 13: Budynek Szkoły w Skoczowie, lokalizacja (źródło - Geoportal)



Rysunek 14: Budynek szkoły w Skoczowie, zdjęcie.

Wg danych ankietowych zespół budynków ma powierzchnię użytkową $1397 m^2$, ogrzewany jest gazem ziemnym w ilości 8186.82 m^3 na rok, sumaryczne zużycie energii roczne wynosi 79068.73 kWh w tym 72771.73 kWh na cele grzewcze. Budynek jest częściowo ocieplony styropianem o grubości 40 mm. Modernizacja źródeł ciepła i instalacja odnawialnych źródeł energii prowadzić może do zmniejszenia rocznej emisji CO_2 o 15106.18 kg/rok.

Projekt zintegrowany LIFE „Śląskie. Przywracamy błękit". Kompleksowa realizacja Programu ochrony powietrza dla województwa śląskiego realizowany jest przy dofinansowaniu z Programu LIFE Unii Europejskiej oraz Narodowego Funduszu Ochrony Środowiska i Gospodarki Wodnej.
LIFE20 IPE/PL/000007 - LIFE-IP AQP-SILESIAN-SKY

Tabela 10: Dane ankietowe budynku w Skoczowie.

Miasto	Skoczów
Subregion	Południowy
Funkcja	Oświata
Adres	Skoczów, ul. Mickiewicza 10
Źródło ciepła	Gaz
Powierzchnia użytkowa	1397
Klimatyzacja, (liczba jednostek)	nie
Wentylacja mechaniczna	tak
Odbiorniki energii elektrycznej	Oświetlenie, komputery
Grubość ścian	Parter – 74 i 64, wyższe kondygnacje 50
Materiał ścian	Cegła
Izolacja	brak
Grubość izolacji	
Rodzaj dachu	skośny, dachówkowy
Ocieplenie poddasze/dach	nie
Ocieplenie podłoga	nie
Stolarka okienna	drewniana starego typu

Przy implementacji modelu zrównoważonego tego budynku należy zwrócić szczególną uwagę na następujące zagadnienia:

- Zapotrzebowanie na energię

1. Zapotrzebowanie na ciepło uzależnione jest zarówno od konstrukcji budynku, jego otoczenia jak i sposobu jego przyszłej eksploatacji. Każdy z tych czynników może być do pewnego stopnia kształtowany przez zarządcę budynku.
2. Zastosowanie wentylacji wymuszonej z rekuperacją ciepła. W budynkach z wentylacją grawitacyjną zazwyczaj jest zbyt niska wymiana powietrza w czasie użytkowania budynku oraz zbyt wysoka w czasie, gdy budynek nie jest eksploatowany. Sygnałem sterującym intensywności cyrkulacji powinien być pomiar CO2 w pomieszczeniach (z uwzględnieniem wymagań określonych przez przepisy Prawa Budowlanego).
3. Zwiększanie wilgotności w okresie zimowym poza pozytywnym skutkiem zdrowotnym daje także możliwość obniżenia temperatury i tym samym zapotrzebowania na ciepło. Jedną ze wskazanych metod zwiększania wilgotności powietrza jest wprowadzanie roślin do pomieszczeń pracowniczych [19].
4. Należy dążyć do zmniejszenia amplitudy czynników środowiskowych (wilgotność powietrza, temperatura, natężenie promieniowania słonecznego, prędkość wiatru)
5. Implementacja zielonych ścian. Zielone ściany, które wpływają bardzo istotnie na poprawę izolacyjności cieplnej budynku powinny być realizowane w oparciu o rośliny nie powodujące niszczenia tynku. Wskazane jest przy tym, tam gdzie to możliwe, by zielona ściana miała własną podkonstrukcję wsporczą.
6. Termomodernizacja budynku powinna obejmować nie tylko zwiększenie izolacyjności ścian, ale także izolacyjności okien i drzwi.

Projekt zintegrowany LIFE „Śląskie. Przywracamy błękit". Kompleksowa realizacja Programu ochrony powietrza dla województwa śląskiego realizowany jest przy dofinansowaniu z Programu LIFE Unii Europejskiej oraz Narodowego Funduszu Ochrony Środowiska i Gospodarki Wodnej.
LIFE20 IPE/PL/000007 - LIFE-IP AQP-SILESIAN-SKY

- Źródła ciepła

  1. Należy w pierwszej kolejności rozważyć pompy ciepła, przy czym zdecydowanie wskazane są pompy z wymiennikami gruntowymi, a nie powietrznymi jeżeli pozwala na to lokalizacja. W przypadku instalacji pompy ciepła, zaleca się wprowadzenie paneli fotowoltaicznych.
  2. Alternatywnie do pomp ciepła, lub jako źródło szczytowe mogą być planowane kotły zasilane biomasą. Szczególnie polecane są tutaj kotły niskoobsługowe na pelet biomasowy spełniające wymogi eco-design.

- Źródła chłodu

  1. Poza bardzo szczególnymi przypadkami, gdy dostępne jest ciepło odpadowe uzasadniające zastosowanie ziębiarek sorbcyjnych, podstawowym źródłem chłodu są urządzenia sprężarkowe. Należy jednak wnikliwie rozważyć czy klimatyzacja jest rzeczywiście konieczna, a komfortu cieplnego nie da się zapewnić metodami pasywnymi.
  2. W pierwszej kolejności należy rozważyć centralne źródło chłodu i rozprowadzenie go za pomocą wody lodowej do pomieszczeń, w których chłodzenie jest niezbędne. Centralne źródło chłodu umożliwia stosowanie magazynu chłodu.
  3. Dla komfortu użytkowników należy stosować indywidualną regulację temperatury powietrza w każdym pomieszczeniu.

- Woda opadowa

  1. Zaleca się wykorzystanie wody opadowej do podlewania dachów zielonych, zieleni w otoczeniu budynków, celów chłodzenia paneli PVT, zabezpieczenia rezerwuarów wody szarej.

- Edukacja

  1. Należy przygotować instrukcje obsługi budynku osobne dla zarządcy i użytkownika wyjaśniające zastosowane rozwiązania i prawidłowe sposoby ich użytkowania.

- Magazyny energii

  1. Przy instalacji pomp ciepła uzasadnione jest stosowanie magazynów ciepła pozwalających na zmagazynowane ciepła w ilości odpowiadającej dziennemu zużyciu w typowy dzień sezonu grzewczego. Pompa ciepła może napełniać zasobnik w okresie wysokiej dostępności energii elektrycznej z OZE. Należy jednak przeanalizować możliwości podłączenia instalacji OZE do istniejącego budynku, szczególnie ze względu na czynniki wykluczające implementację magazynu takie jak wysoka temperatura czynnika obiegowego w instalacji grzewczej.
  2. W budynkach wyposażonych w centralną klimatyzację i rozprowadzenie chłodu poprzez wodę lodową wskazane jest stosowanie magazynów chłodu o pojemności odpowiadającej zużyciu chłodu w typowy dzień sezonu letniego.

Projekt zintegrowany LIFE „Śląskie. Przywracamy błękit". Kompleksowa realizacja Programu ochrony powietrza dla województwa śląskiego realizowany jest przy dofinansowaniu z Programu LIFE Unii Europejskiej oraz Narodowego Funduszu Ochrony Środowiska i Gospodarki Wodnej.
LIFE20 IPE/PL/000007 - LIFE-IP AQP-SILESIAN-SKY

- Modernizacja systemów zarządzania energią
    1. Inteligentne systemy zarządzania energią.
    2. Automatyczne sterowanie ogrzewaniem, wentylacją i oświetleniem.
    3. Integracja z magazynami energii (np. bateriami litowo-jonowymi).
    4. Możliwość strefowego sterowania warunkami termicznymi w budynku.
- Uwagi dodatkowe
    1. Planując roślinność należy wybierać gatunki o niskim zagrożeniu alergicznym i niskim potencjale inwazyjności.
    2. Należy rozważyć wykorzystanie murali antysmogowych, farb antysmogowych, szczególnie w celach promocyjnych na wolnych ścianach obiektu
    3. Wykorzystanie zasad architektury cyrkularnej, m.in. wykorzystanie materiałów rozbiórkowych w planowanej modernizacji.

Projekt zintegrowany LIFE „Śląskie. Przywracamy błękit". Kompleksowa realizacja Programu ochrony powietrza dla województwa śląskiego realizowany jest przy dofinansowaniu z Programu LIFE Unii Europejskiej oraz Narodowego Funduszu Ochrony Środowiska i Gospodarki Wodnej.
LIFE20 IPE/PL/000007 - LIFE-IP AQP-SILESIAN-SKY

7.2.4 Model nr 4: Katowice - Urząd Marszałkowski (administracja)

Budynek znajduje się pod adresem Henryka Dąbrowskiego 23, 40-035 Katowice. Pochodzi z lat 50' XX wieku i znajduje się w Gminnej Ewidencji Zabytków. Jest to subregion centralny Województwa. Lokalizacja budynku przy Placu Chrobrego w centrum Katowic wyklucza rozwiązania ingerujące w otoczenie budynku.



Rysunek 15: Budynek Urzędu Marszałkowskiego w Katowicach, lokalizacja (źródło - Geoportal)



Rysunek 16: Budynek Urzędu Marszałkowskiego w Katowicach, zdjęcie. (Jan Mehlih, GFDL, Creative Commons Attribution ShareAlike 2.5)

Wg danych ankietowych zespół budynków ma powierzchnię użytkową $9540 m^2$, ogrzewany jest z sieci ciepłowniczej, sumaryczne zużycie energii roczne wynosi 1426095.12 kWh w tym 865458.12 kWh na cele grzewcze. Budynek jest nieocieplony. Modernizacja źródeł ciepła i instalacja odnawialnych źródeł energii prowadzić może do zmniejszenia rocznej emisji CO_2 o 537150.60 kg/rok. W budynku znajdują się już zielone ściany. W budynku zainstalowane jest ponad 50 jednostek klimatyzacyjnych. Jest to największy z budynków zgłoszonych do Projektu.

Projekt zintegrowany LIFE „Śląskie. Przywracamy błękit". Kompleksowa realizacja Programu ochrony powietrza dla województwa śląskiego realizowany jest przy dofinansowaniu z Programu LIFE Unii Europejskiej oraz Narodowego Funduszu Ochrony Środowiska i Gospodarki Wodnej. LIFE20 IPE/PL/000007 - LIFE-IP AQP-SILESIAN-SKY

Tabela 11: Dane ankietowe budynku w Katowicach.

Miasto	Katowice
Subregion	Centralny
Funkcja	Administracja
Adres	Katowice, ul. Dąbrowskiego 23
Źródło ciepła	Sieć ciepłownicza
Powierzchnia użytkowa	9540
Klimatyzacja, (liczba jednostek)	260 (wew) / 50 (zew)
Wentylacja mechaniczna	nie
Odbiorniki energii elektrycznej	3 awaryjne podgrzewacze wody, chłodziarki; 15, komputery; 40 serwerów, 500 komputerów
Grubość ścian	bd
Materiał ścian	cegła
Izolacja	płyta piaskowca
Grubość izolacji	bd
Rodzaj dachu	płaski
Ocieplenie poddasze/dach	Wełna 20 cm
Ocieplenie podłoga	nie
Stolarka okienna	PCV

Przy implementacji modelu zrównoważonego tego budynku należy zwrócić szczególną uwagę na następujące zagadnienia:

- Zapotrzebowanie na energię

1. Zapotrzebowanie na ciepło uzależnione jest zarówno od konstrukcji budynku, jego otoczenia jak i sposobu jego przyszłej eksploatacji. Każdy z tych czynników może być do pewnego stopnia kształtowany przez zarządcę budynku.
2. Zastosowanie wentylacji wymuszonej z rekuperacją ciepła. W budynkach z wentylacją grawitacyjną zazwyczaj jest zbyt niska wymiana powietrza w czasie użytkowania budynku oraz zbyt wysoka w czasie, gdy budynek nie jest eksploatowany. Sygnałem sterującym intensywności cyrkulacji powinien być pomiar CO2 w pomieszczeniach (z uwzględnieniem wymagań określonych przez przepisy Prawa Budowlanego).
3. Zwiększanie wilgotności w okresie zimowym poza pozytywnym skutkiem zdrowotnym daje także możliwość obniżenia temperatury i tym samym zapotrzebowania na ciepło. Jedną ze wskazanych metod zwiększania wilgotności powietrza jest wprowadzanie roślin do pomieszczeń pracowniczych [19].
4. Implementacja zielonych ścian. Zielone ściany, które wpływają bardzo istotnie na poprawę izolacyjności cieplnej budynku powinny być realizowane w oparciu o rośliny nie powodujące niszczenia tynku. Wskazane jest przy tym, tam gdzie to możliwe, by zielona ściana miała własną podkonstrukcję wsporczą.
5. Zaleca się dachy zielone, mogą one być realizowane w oparciu o rośliny wieloletnie, odporne na susze takie jak na przykład mchy epifityczne w przypadku lokalizacji północnych i/lub zacienionych (dachy ekstensywne), zielone dachy intensywne (krzewy i drzewa) rekomendowane ponad ekstensywne w pozostałych przypadkach. Należy zwrócić uwagę na wielkość i typ systemu korzeniowego i izolację przeciwwodną. Implementacja musi być poprzedzona przez studium możliwości [16].

Projekt zintegrowany LIFE „Śląskie. Przywracamy błękit". Kompleksowa realizacja Programu ochrony powietrza dla województwa śląskiego realizowany jest przy dofinansowaniu z Programu LIFE Unii Europejskiej oraz Narodowego Funduszu Ochrony Środowiska i Gospodarki Wodnej. LIFE20 IPE/PL/000007 - LIFE-IP AQP-SILESIAN-SKY

6. Termomodernizacja budynku powinna obejmować nie tylko zwiększenie izolacyjności ścian, ale także izolacyjności okien i drzwi.

- Źródła ciepła

1. Pozostawienie sieci ciepłowniczej jako źródła ciepła. Źródła ciepła dla sieci ciepłowniczej podlegać będą transformacji energetycznej, która doprowadzi do docelowego pobierania ciepła bez obciążania śladem węglowym.

- Źródła chłodu

1. Poza bardzo szczególnymi przypadkami, gdy dostępne jest ciepło odpadowe uzasadniające zastosowanie ziębiarek sorbcyjnych, podstawowym źródłem chłodu są urządzenia sprężarkowe. Należy jednak wnikliwie rozważyć czy klimatyzacja jest rzeczywiście konieczna, a komfortu cieplnego nie da się zapewnić metodami pasywnymi.
2. W pierwszej kolejności należy rozważyć centralne źródło chłodu i rozprowadzenie go za pomocą wody lodowej do pomieszczeń, w których chłodzenie jest niezbędne. Centralne źródło chłodu umożliwia stosowanie magazynu chłodu.
3. Dla komfortu użytkowników należy stosować indywidualną regulację temperatury powietrza w każdym pomieszczeniu.

- Źródła energii elektrycznej

1. Budynki użyteczności publicznej ze względu na swoją funkcję społeczną powinny mieć zapewnione bezpieczeństwo zasilania w energię elektryczną poprzez podłączenie do sieci elektroenergetycznej. Nie jest wskazane planowanie budynków w systemie off-grid.
2. Podstawowym źródłem energii elektrycznej pozyskiwanej w samym budynku są panele fotowoltaiczne, które mogą być instalowane także na zielonych dachach przy dodatkowej podwyższonej konstrukcji nośnej, umożliwiającej funkcjonalną implementację dachów zielonych. W przypadku występowania parkingów czy innych obiektów małej architektury powinny one też być wykorzystane do montażu paneli fotowoltaicznych o ile nie są zlokalizowane w miejscach zacienionych. Przy montażu paneli na dachach spadzistych i elewacjach należy zwrócić uwagę na aspekt estetyczny, zaleca się stosowanie „płaszczyzn solarnych”.

- Woda opadowa

1. Zaleca się wykorzystanie wody opadowej do podlewania dachów zielonych, zieleni w otoczeniu budynków, celów chłodzenia paneli PVT, zabezpieczenia rezerwuarów wody szarej.

- Edukacja

1. Należy przygotować instrukcje obsługi budynku osobne dla zarządcy i użytkownika wyjaśniające zastosowane rozwiązania i prawidłowe sposoby ich użytkowania.

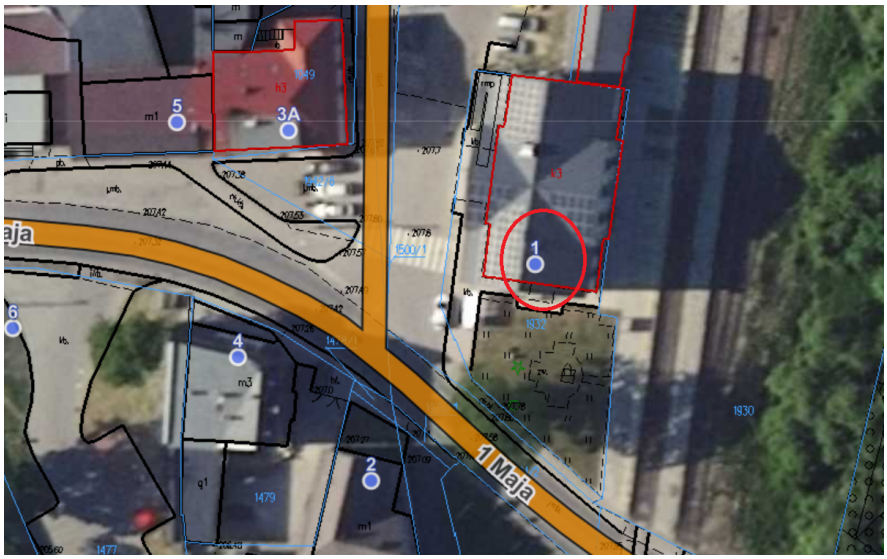
Projekt zintegrowany LIFE „Śląskie. Przywracamy błękit”. Kompleksowa realizacja Programu ochrony powietrza dla województwa śląskiego realizowany jest przy dofinansowaniu z Programu LIFE Unii Europejskiej oraz Narodowego Funduszu Ochrony Środowiska i Gospodarki Wodnej.
LIFE20 IPE/PL/000007 - LIFE-IP AQP-SILESIAN-SKY

- Modernizacja systemów zarządzania energią
    1. Inteligentne systemy zarządzania energią.
    2. Automatyczne sterowanie ogrzewaniem, wentylacją i oświetleniem.
    3. Integracja z magazynami energii (np. bateriami litowo-jonowymi).
    4. Możliwość strefowego sterowania warunkami termicznymi w budynku.
- Uwagi dodatkowe
    1. Planując roślinność należy wybierać gatunki o niskim zagrożeniu alergicznym i niskim potencjale inwazyjności.
    2. Należy rozważyć wykorzystanie murali antysmogowych, farb antysmogowych, szczególnie w celach promocyjnych na wolnych ścianach obiektu
    3. Wykorzystanie zasad architektury cyrkularnej, m.in. wykorzystanie materiałów rozbiórkowych w planowanej modernizacji.

Projekt zintegrowany LIFE „Śląskie. Przywracamy błękit". Kompleksowa realizacja Programu ochrony powietrza dla województwa śląskiego realizowany jest przy dofinansowaniu z Programu LIFE Unii Europejskiej oraz Narodowego Funduszu Ochrony Środowiska i Gospodarki Wodnej.
LIFE20 IPE/PL/000007 - LIFE-IP AQP-SILESIAN-SKY

7.2.5 Model nr 5: Pietrowice Wielkie – Centrum Usług Społecznościowych (administracja)

Budynek znajduje się pod adresem 1 Maja 1, 47-480 Pietrowice Wielkie. Jest to dawny budynek dworca kolejowego z 1855 roku, położony przy czynnym odcinku LK177. Jest to subregion zachodni Województwa.



Rysunek 17: Budynek Centrum Usług Społecznościowych w Pietrowicach Wielkich, lokalizacja (źródło - Geoportal)



Rysunek 18: Budynek Centrum Usług Społecznościowych w Pietrowicach Wielkich, zdjęcie.

Projekt zintegrowany LIFE „Śląskie. Przywracamy błękit". Kompleksowa realizacja Programu ochrony powietrza dla województwa śląskiego realizowany jest przy dofinansowaniu z Programu LIFE Unii Europejskiej oraz Narodowego Funduszu Ochrony Środowiska i Gospodarki Wodnej.
LIFE20 IPE/PL/000007 - LIFE-IP AQP-SILESIAN-SKY

Tabela 12: Dane ankietowe budynku w Pietrowicach Wlk.

Miasto	Pietrowice Wielkie
Subregion	Zachodni
Funkcja	Administracja
Adres	Pietrowice Wielkie, ul. 1-go Maja 1
Źródło ciepła	Gaz
Powierzchnia użytkowa	1153
Klimatyzacja, (liczba jednostek)	2
Wentylacja mechaniczna	tak
Odbiorniki energii elektrycznej	
Grubość ścian	0,24-0,74 m
Materiał ścian	cegła
Izolacja	styropian, wełna, płyta PE
Grubość izolacji	10-20 cm
Rodzaj dachu	skośny i płaski
Ocieplenie poddasze/dach	tak
Ocieplenie podłoga	bd
Stolarka okienna	PCV

Wg danych ankietowych zespół budynków ma powierzchnię użytkową $1153m^2$, ogrzewany jest gazem ziemnym w ilości 34825 m^3 na rok, sumaryczne zużycie energii roczne wynosi 342892.56 kWh w tym 309555.55 kWh na cele grzewcze. Budynek jest ocieplony styropianem o grubości 50 mm. Modernizacja źródeł ciepła i instalacja odnawialnych źródeł energii prowadzić może do zmniejszenia rocznej emisji CO_2 o 87571.49 kg/rok.

Przy implementacji modelu zrównoważonego tego budynku należy zwrócić szczególną uwagę na następujące zagadnienia:

- Zapotrzebowanie na energię

1. Zapotrzebowanie na ciepło uzależnione jest zarówno od konstrukcji budynku, jego otoczenia jak i sposobu jego przyszłej eksploatacji. Każdy z tych czynników może być do pewnego stopnia kształtowany przez zarządcę budynku.
2. Planując modernizację budynku należy wziąć pod uwagę możliwość zmiany układu funkcjonalnego budynku tak, by pomieszczenia przeznaczone do stałego pobytu ludzi zlokalizowane były przede wszystkim od strony południowej, a pomocnicze od północnej.
3. Zastosowanie wentylacji wymuszonej z rekuperacją ciepła. W budynkach z wentylacją grawitacyjną zazwyczaj jest zbyt niska wymiana powietrza w czasie użytkowania budynku oraz zbyt wysoka w czasie, gdy budynek nie jest eksploatowany. Sygnałem sterującym intensywności cyrkulacji powinien być pomiar CO2 w pomieszczeniach (z uwzględnieniem wymagań określonych przez przepisy Prawa Budowlanego).
4. Zwiększanie wilgotności w okresie zimowym poza pozytywnym skutkiem zdrowotnym daje także możliwość obniżenia temperatury i tym samym zapotrzebowania na ciepło. Jedną ze wskazanych metod zwiększania wilgotności powietrza jest wprowadzanie roślin do pomieszczeń pracowniczych [19].

Projekt zintegrowany LIFE „Śląskie. Przywracamy błękit". Kompleksowa realizacja Programu ochrony powietrza dla województwa śląskiego realizowany jest przy dofinansowaniu z Programu LIFE Unii Europejskiej oraz Narodowego Funduszu Ochrony Środowiska i Gospodarki Wodnej.
LIFE20 IPE/PL/000007 - LIFE-IP AQP-SILESIAN-SKY

5. Implementacja zielonych ścian. Zielone ściany, które wpływają bardzo istotnie na poprawę izolacyjności cieplnej budynku powinny być realizowane w oparciu o rośliny nie powodujące niszczenia tynku. Wskazane jest przy tym, tam gdzie to możliwe, by zielona ściana miała własną podkonstrukcję wsporczą.
6. Zaleca się dachy zielone, mogą one być realizowane w oparciu o rośliny wieloletnie, odporne na susze takie jak na przykład mchy epifityczne w przypadku lokalizacji północnych i/lub zacienionych (dachy ekstensywne), zielone dachy intensywne (krzewy i drzewa) rekomendowane ponad ekstensywne w pozostałych przypadkach. Należy zwrócić uwagę na wielkość i typ systemu korzeniowego i izolację przeciwwodną. Implementacja musi być poprzedzona przez studium możliwości [16].
7. Wskazane jest instalowanie osłon ograniczających penetrację promieniowania słonecznego do pomieszczeń, osłon chroniących przed przegrzewaniem oraz osłon chroniących przed utratą ciepła.
8. Termomodernizacja budynku powinna obejmować nie tylko zwiększenie izolacyjności ścian, ale także izolacyjności okien i drzwi.

- Źródła ciepła

1. Należy w pierwszej kolejności rozważyć pompy ciepła, przy czym zdecydowanie wskazane są pompy z wymiennikami gruntowymi, a nie powietrznymi jeżeli pozwala na to lokalizacja. W przypadku instalacji pompy ciepła, zaleca się wprowadzenie paneli fotowoltaicznych.
2. Alternatywnie do pomp ciepła, lub jako źródło szczytowe mogą być planowane kotły zasilane biomasą. Szczególnie polecane są tutaj kotły niskoobsługowe na pelet biomasowy spełniające wymogi eco-design.

- Źródła chłodu

1. Poza bardzo szczególnymi przypadkami, gdy dostępne jest ciepło odpadowe uzasadniające zastosowanie ziębiarek sorbcyjnych, podstawowym źródłem chłodu są urządzenia sprężarkowe. Należy jednak wnikliwie rozważyć czy klimatyzacja jest rzeczywiście konieczna, a komfortu cieplnego nie da się zapewnić metodami pasywnymi.
2. W pierwszej kolejności należy rozważyć centralne źródło chłodu i rozprowadzenie go za pomocą wody lodowej do pomieszczeń, w których chłodzenie jest niezbędne. Centralne źródło chłodu umożliwia stosowanie magazynu chłodu.
3. Dla komfortu użytkowników należy stosować indywidualną regulację temperatury powietrza w każdym pomieszczeniu.

Projekt zintegrowany LIFE „Śląskie. Przywracamy błękit". Kompleksowa realizacja Programu ochrony powietrza dla województwa śląskiego realizowany jest przy dofinansowaniu z Programu LIFE Unii Europejskiej oraz Narodowego Funduszu Ochrony Środowiska i Gospodarki Wodnej.
LIFE20 IPE/PL/000007 - LIFE-IP AQP-SILESIAN-SKY

- Źródła energii elektrycznej

    1. Budynki użyteczności publicznej ze względu na swoją funkcję społeczną powinny mieć zapewnione bezpieczeństwo zasilania w energię elektryczną poprzez podłączenie do sieci elektroenergetycznej. Nie jest wskazane planowanie budynków w systemie off-grid.
    2. Podstawowym źródłem energii elektrycznej pozyskiwanej w samym budynku są panele fotowoltaiczne, które mogą być instalowane także na zielonych dachach przy dodatkowej podwyższonej konstrukcji nośnej, umożliwiającej funkcjonalną implementację dachów zielonych. W przypadku występowania parkingów czy innych obiektów małej architektury powinny one też być wykorzystane do montażu paneli fotowoltaicznych o ile nie są zlokalizowane w miejscach zacienionych. Przy montażu paneli na dachach spadzistych i elewacjach należy zwrócić uwagę na aspekt estetyczny, zaleca się stosowanie „płaszczyzn solarnych".
    3. Poleca się rozważenie paneli fotowoltaicznych w technologii hybrydowej (chłodzonych wodą) PVT, z wykorzystaniem ciepła odpadowego do produkcji CWU lub regeneracji cieplnej gruntu.

- Woda opadowa

    1. Zaleca się wykorzystanie wody opadowej do podlewania dachów zielonych, zieleni w otoczeniu budynków, celów chłodzenia paneli PVT, zabezpieczenia rezerwuarów wody szarej.

- Edukacja

    1. Należy przygotować instrukcje obsługi budynku osobne dla zarządcy i użytkownika wyjaśniające zastosowane rozwiązania i prawidłowe sposoby ich użytkowania.

- Magazyny energii

    1. Przy instalacji paneli PV wskazane jest stosowanie magazynów energii elektrycznej. Do doboru wielkości magazynu należy wykorzystać pomiar strumienia energii elektrycznej przez budynek.
    2. Przy instalacji pomp ciepła uzasadnione jest stosowanie magazynów ciepła pozwalających na zmagazynowane ciepła w ilości odpowiadającej dziennemu zużyciu w typowy dzień sezonu grzewczego. Pompa ciepła może napełniać zasobnik w okresie wysokiej dostępności energii elektrycznej z OZE. Należy jednak przeanalizować możliwości podłączenia instalacji OZE do istniejącego budynku, szczególnie ze względu na czynniki wykluczające implementację magazynu takie jak wysoka temperatura czynnika obiegowego w instalacji grzewczej.
    3. W budynkach wyposażonych w centralną klimatyzację i rozprowadzenie chłodu poprzez wodę lodową wskazane jest stosowanie magazynów chłodu o pojemności odpowiadającej zużyciu chłodu w typowy dzień sezonu letniego.

- Modernizacja systemów zarządzania energią

    1. Inteligentne systemy zarządzania energią.
    2. Automatyczne sterowanie ogrzewaniem, wentylacją i oświetleniem.

Projekt zintegrowany LIFE „Śląskie. Przywracamy błękit". Kompleksowa realizacja Programu ochrony powietrza dla województwa śląskiego realizowany jest przy dofinansowaniu z Programu LIFE Unii Europejskiej oraz Narodowego Funduszu Ochrony Środowiska i Gospodarki Wodnej.
LIFE20 IPE/PL/000007 - LIFE-IP AQP-SILESIAN-SKY

3. Integracja z magazynami energii (np. bateriami litowo-jonowymi).
4. Możliwość strefowego sterowania warunkami termicznymi w budynku.

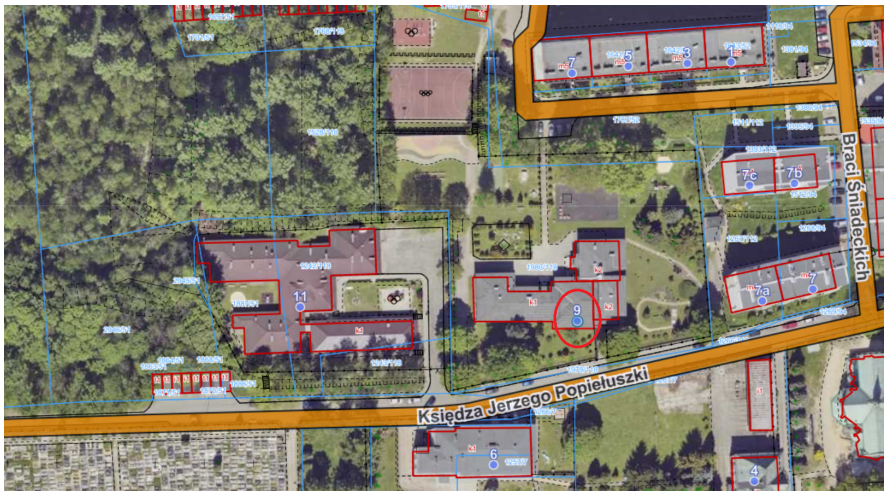
- Uwagi dodatkowe

1. Planując roślinność należy wybierać gatunki o niskim zagrożeniu alergicznym i niskim potencjale inwazyjności.
2. Należy rozważyć wykorzystanie murali antysmogowych, farb antysmogowych, szczególnie w celach promocyjnych na wolnych ścianach obiektu
3. Wykorzystanie zasad architektury cyrkularnej, m.in. wykorzystanie materiałów rozbiórkowych w planowanej modernizacji.

Projekt zintegrowany LIFE „Śląskie. Przywracamy błękit". Kompleksowa realizacja Programu ochrony powietrza dla województwa śląskiego realizowany jest przy dofinansowaniu z Programu LIFE Unii Europejskiej oraz Narodowego Funduszu Ochrony Środowiska i Gospodarki Wodnej.
LIFE20 IPE/PL/000007 - LIFE-IP AQP-SILESIAN-SKY

7.2.6 Model nr 6: Bytom – młodzieżowy dom kultury nr 2 (kultura)

Budynek znajduje się pod adresem ul.Księdza Jerzego Popiełuszki 9, 41-906 Bytom. Jest to budynek w stylu modernistycznym, datowany na lata 50'. Budynek znajduje się w subregionie centralnym Województwa.



Rysunek 19: Budynek młodzieżowego domu kultury nr.2 w Bytomiu, lokalizacja (źródło - Geoportal)



Rysunek 20: Budynek młodzieżowego domu kultury nr.2 w Bytomiu, zdjęcie

Budynek ma powierzchnię użytkową 1765.89m^2, jest nieocieplony, przy czym zainstalowane są w nim okna PCV. Do budynek znajduje się na obrzeżach miasta, dysponuje dużą działką. Budynek ogrzewany jest gazem ziemnym ilości 18003 m^3 na rok. Sumaryczne zużycie energii roczne wynosi 306011.22 kWh w tym 290582.22 kWh na cele grzewcze. Lokalizacja budynku - dzielnica Karb jest mocno poszkodowana przez szkody górnicze. Modernizacja źródeł ciepła i instalacja odnawialnych źródeł energii prowadzić może do zmniejszenia rocznej emisji CO_2 o 88926.17 kg/rok.

Projekt zintegrowany LIFE „Śląskie. Przywracamy błękit". Kompleksowa realizacja Programu ochrony powietrza dla województwa śląskiego realizowany jest przy dofinansowaniu z Programu LIFE Unii Europejskiej oraz Narodowego Funduszu Ochrony Środowiska i Gospodarki Wodnej.
LIFE20 IPE/PL/000007 - LIFE-IP AQP-SILESIAN-SKY

Tabela 13: Dane ankietowe budynku w Bytomiu.

Miasto	Bytom
Subregion	Centralny
Funkcja	Kultura
Adres	Bytom, ul. Popiełuszki 9
Źródło ciepła	Sieć ciepłownicza
Powierzchnia użytkowa	1765,89
Klimatyzacja, (liczba jednostek)	nie
Wentylacja mechaniczna	nie
Odbiorniki energii elektrycznej	podgrzewacze wody; 3, chłodziarki; 2, komputery; 8 + 1 serwer
Grubość ścian	Ściany zewnętrzne murowane z cegły pełnej na zaprawie cementowej. Ściany piwnic grubości 1 cegły – 25 cm (0,25 m) , ściany kondygnacji naziemnej grubości 1,5 cegły 38 cm (0.38 m) . Elewacja stanowi tynk cementowo wapienny.
Materiał ścian	cegła
Izolacja	brak
Grubość izolacji	
Rodzaj dachu	wielospadowy drewniany, stropy betonowe
Ocieplenie poddasze/dach	brak
Ocieplenie podłoga	podłoga na legarach (częściowo)
Stolarka okienna	PCV

Przy implementacji modelu zrównoważonego tego budynku należy zwrócić szczególną uwagę na następujące zagadnienia:

- Zapotrzebowanie na energię

1. Zapotrzebowanie na ciepło uzależnione jest zarówno od konstrukcji budynku, jego otoczenia jak i sposobu jego przyszłej eksploatacji. Każdy z tych czynników może być do pewnego stopnia kształtowany przez zarządcę budynku.
2. Zmniejszenie oddziaływania czynników środowiskowych prze osłanianie budynku od wiatru, co może być osiągnięte przez stosowanie roślinności osłonowej (wg rekomendacji typologii przygotowanej przez Śląski Ogród Botaniczny Związek Stowarzyszeń w ramach projektu „Śląskie. Przywracamy błękit” [18]) jak i poprzez wały ziemne z roślinnością (pokrywową lub niską). Oczywiście jedno i drugie musi być elementem planu zagospodarowania terenu wokół budynku.
3. Zacienienie go drzewami liściastymi, które latem przyczyniają się do schłodzenia, umożliwiają natomiast dopływ energii słonecznej zimą. Szczegółowe wytyczne dotyczące gatunków zostały zawarte w typologii przygotowanej przez Śląski Ogród Botaniczny Związek Stowarzyszeń [18].
4. Planując modernizację budynku należy wziąć pod uwagę możliwość zmiany układu funkcjonalnego budynku tak, by pomieszczenia przeznaczone do stałego pobytu ludzi zlokalizowane były przede wszystkim od strony południowej, a pomocnicze od północnej.

Projekt zintegrowany LIFE „Śląskie. Przywracamy błękit”. Kompleksowa realizacja Programu ochrony powietrza dla województwa śląskiego realizowany jest przy dofinansowaniu z Programu LIFE Unii Europejskiej oraz Narodowego Funduszu Ochrony Środowiska i Gospodarki Wodnej.
LIFE20 IPE/PL/000007 - LIFE-IP AQP-SILESIAN-SKY

5. Zastosowanie wentylacji wymuszonej z rekuperacją ciepła. W budynkach z wentylacją grawitacyjną zazwyczaj jest zbyt niska wymiana powietrza w czasie użytkowania budynku oraz zbyt wysoka w czasie, gdy budynek nie jest eksploatowany. Sygnałem sterującym intensywności cyrkulacji powinien być pomiar CO2 w pomieszczeniach (z uwzględnieniem wymagań określonych przez przepisy Prawa Budowlanego).
6. Zwiększanie wilgotności w okresie zimowym poza pozytywnym skutkiem zdrowotnym daje także możliwość obniżenia temperatury i tym samym zapotrzebowania na ciepło. Jedną ze wskazanych metod zwiększania wilgotności powietrza jest wprowadzanie roślin do pomieszczeń pracowniczych [19].
7. Należy dążyć do zmniejszenia amplitudy czynników środowiskowych (wilgotność powietrza, temperatura, natężenie promieniowania słonecznego, prędkość wiatru)
8. Implementacja zielonych ścian. Zielone ściany, które wpływają bardzo istotnie na poprawę izolacyjności cieplnej budynku powinny być realizowane w oparciu o rośliny nie powodujące niszczenia tynku. Wskazane jest przy tym, tam gdzie to możliwe, by zielona ściana miała własną podkonstrukcję wsporczą.
9. Zaleca się dachy zielone, mogą one być realizowane w oparciu o rośliny wieloletnie, odporne na susze takie jak na przykład mchy epifityczne w przypadku lokalizacji północnych i/lub zacienionych (dachy ekstensywne), zielone dachy intensywne (krzewy i drzewa) rekomendowane ponad ekstensywne w pozostałych przypadkach. Należy zwrócić uwagę na wielkość i typ systemu korzeniowego i izolację przeciwwodną. Implementacja musi być poprzedzona przez studium możliwości [16].
10. Termomodernizacja budynku powinna obejmować nie tylko zwiększenie izolacyjności ścian, ale także izolacyjności okien i drzwi.

- Źródła ciepła

1. Pozostawienie sieci ciepłowniczej jako źródła ciepła. Źródła ciepła dla sieci ciepłowniczej podlegać będą transformacji energetycznej, która doprowadzi do docelowego pobierania ciepła bez obciążania śladem węglowym.

- Źródła chłodu

1. Poza bardzo szczególnymi przypadkami, gdy dostępne jest ciepło odpadowe uzasadniające zastosowanie ziębiarek sorbcyjnych, podstawowym źródłem chłodu są urządzenia sprężarkowe. Należy jednak wnikliwie rozważyć czy klimatyzacja jest rzeczywiście konieczna, a komfortu cieplnego nie da się zapewnić metodami pasywnymi.
2. W pierwszej kolejności należy rozważyć centralne źródło chłodu i rozprowadzenie go za pomocą wody lodowej do pomieszczeń, w których chłodzenie jest niezbędne. Centralne źródło chłodu umożliwia stosowanie magazynu chłodu.
3. Dla komfortu użytkowników należy stosować indywidualną regulację temperatury powietrza w każdym pomieszczeniu.

Projekt zintegrowany LIFE „Śląskie. Przywracamy błękit". Kompleksowa realizacja Programu ochrony powietrza dla województwa śląskiego realizowany jest przy dofinansowaniu z Programu LIFE Unii Europejskiej oraz Narodowego Funduszu Ochrony Środowiska i Gospodarki Wodnej.
LIFE20 IPE/PL/000007 - LIFE-IP AQP-SILESIAN-SKY

- Źródła energii elektrycznej

  1. Budynki użyteczności publicznej ze względu na swoją funkcję społeczną powinny mieć zapewnione bezpieczeństwo zasilania w energię elektryczną poprzez podłączenie do sieci elektroenergetycznej. Nie jest wskazane planowanie budynków w systemie off-grid.
  2. Podstawowym źródłem energii elektrycznej pozyskiwanej w samym budynku są panele fotowoltaiczne, które mogą być instalowane także na zielonych dachach przy dodatkowej podwyższonej konstrukcji nośnej, umożliwiającej funkcjonalną implementację dachów zielonych. W przypadku występowania parkingów czy innych obiektów małej architektury powinny one też być wykorzystane do montażu paneli fotowoltaicznych o ile nie są zlokalizowane w miejscach zacienionych. Przy montażu paneli na dachach spadzistych i elewacjach należy zwrócić uwagę na aspekt estetyczny, zaleca się stosowanie „płaszczyzn solarnych".

- Woda opadowa

  1. Zaleca się wykorzystanie wody opadowej do podlewania dachów zielonych, zieleni w otoczeniu budynków, celów chłodzenia paneli PVT, zabezpieczenia rezerwuarów wody szarej.

- Edukacja

  1. Należy przygotować instrukcje obsługi budynku osobne dla zarządcy i użytkownika wyjaśniające zastosowane rozwiązania i prawidłowe sposoby ich użytkowania.

- Magazyny energii

  1. Przy instalacji paneli PV wskazane jest stosowanie magazynów energii elektrycznej. Do doboru wielkości magazynu należy wykorzystać pomiar strumienia energii elektrycznej przez budynek.
  2. W budynkach wyposażonych w centralną klimatyzację i rozprowadzenie chłodu poprzez wodę lodową wskazane jest stosowanie magazynów chłodu o pojemności odpowiadającej zużyciu chłodu w typowy dzień sezonu letniego.

- Modernizacja systemów zarządzania energią

  1. Inteligentne systemy zarządzania energią.
  2. Automatyczne sterowanie ogrzewaniem, wentylacją i oświetleniem.
  3. Integracja z magazynami energii (np. bateriami litowo-jonowymi).
  4. Możliwość strefowego sterowania warunkami termicznymi w budynku.

- Uwagi dodatkowe

  1. Planując roślinność należy wybierać gatunki o niskim zagrożeniu alergicznym i niskim potencjale inwazyjności.
  2. Należy rozważyć wykorzystanie murali antysmogowych, farb antysmogowych, szczególnie w celach promocyjnych na wolnych ścianach obiektu
  3. Wykorzystanie zasad architektury cyrkularnej, m.in. wykorzystanie materiałów rozbiórkowych w planowanej modernizacji.

Projekt zintegrowany LIFE „Śląskie. Przywracamy błękit". Kompleksowa realizacja Programu ochrony powietrza dla województwa śląskiego realizowany jest przy dofinansowaniu z Programu LIFE Unii Europejskiej oraz Narodowego Funduszu Ochrony Środowiska i Gospodarki Wodnej.
LIFE20 IPE/PL/000007 - LIFE-IP AQP-SILESIAN-SKY

7.2.7 Model nr 7: Nędza - budynek wielofunkcyjny (kultura)

Budynek mieści się pod adresem ul. Sportowa 10, 47-440, Nędza (subregion Zachodni). Jest to budynek dwukondygnacyjny, o dachu płaskim, o powierzchni użytkowej $1265 m^2$, ogrzewany węglem w ilości 15 t/rok. Roczne zużycie energii wynosi 128625 kWh, z czego 87500 kWh na cele grzewcze. Lokalizacja na terenach wiejskich, w pobliżu dwa duże boiska sportowe.



Rysunek 21: Budynek wielofunkcyjny w Nędzy, lokalizacja (źródło - Geoportal).



Rysunek 22: Budynek wielofunkcyjny w Nędzy, zdjęcie.

Modernizacja źródeł ciepła i instalacja odnawialnych źródeł energii prowadzić może do zmniejszenia rocznej emisji CO_2 o 59792.90 kg/rok. Budynek jest ocieplony cieńką warstwą styropianu (wg. danych ankietowych 0.12 cm, prawdopodobny błąd).

Projekt zintegrowany LIFE „Śląskie. Przywracamy błękit". Kompleksowa realizacja Programu ochrony powietrza dla województwa śląskiego realizowany jest przy dofinansowaniu z Programu LIFE Unii Europejskiej oraz Narodowego Funduszu Ochrony Środowiska i Gospodarki Wodnej.
LIFE20 IPE/PL/000007 - LIFE-IP AQP-SILESIAN-SKY

Tabela 14: Dane ankietowe budynku w Nędzy.

Miasto	Nędza
Subregion	Zachodni
Funkcja	Kultura
Adres	Nędza, ul. Sportowa 10
Źródło ciepła	Węgiel
Powierzchnia użytkowa	1265
Klimatyzacja, (liczba jednostek)	nie
Wentylacja mechaniczna	nie
Odbiorniki energii elektrycznej	podgrzewacze wody; 10 (w tym 6 bojlerów), chłodziarki; 4, pralki; 2, suszarki; 2, sauna, komputery; stale włączony 1
Grubość ścian	0,38 m
Materiał ścian	Cegła + blok żużlowy
Izolacja	styropian
Grubość izolacji	12 cm
Rodzaj dachu	płaski
Ocieplenie poddasze/dach	Wełna 15 cm
Ocieplenie podłoga	nie
Stolarka okienna	PCV

Przy implementacji modelu zrównoważonego tego budynku należy zwrócić szczególną uwagę na następujące zagadnienia:

- Zapotrzebowanie na energię

1. Zapotrzebowanie na ciepło uzależnione jest zarówno od konstrukcji budynku, jego otoczenia jak i sposobu jego przyszłej eksploatacji. Każdy z tych czynników może być do pewnego stopnia kształtowany przez zarządcę budynku.
2. Zmniejszenie oddziaływania czynników środowiskowych prze osłanianie budynku od wiatru, co może być osiągnięte przez stosowanie roślinności osłonowej (wg rekomendacji typologii przygotowanej przez Śląski Ogród Botaniczny Związek Stowarzyszeń w ramach projektu „Śląskie. Przywracamy błękit" [18]) jak i poprzez wały ziemne z roślinnością (pokrywową lub niską). Oczywiście jedno i drugie musi być elementem planu zagospodarowania terenu wokół budynku.
3. Zacienienie go drzewami liściastymi, które latem przyczyniają się do schłodzenia, umożliwiają natomiast dopływ energii słonecznej zimą. Szczegółowe wytyczne dotyczące gatunków zostały zawarte w typologii przygotowanej przez Śląski Ogród Botaniczny Związek Stowarzyszeń [18].
4. Planując modernizację budynku należy wziąć pod uwagę możliwość zmiany układu funkcjonalnego budynku tak, by pomieszczenia przeznaczone do stałego pobytu ludzi zlokalizowane były przede wszystkim od strony południowej, a pomocnicze od północnej.
5. Zastosowanie wentylacji wymuszonej z rekuperacją ciepła. W budynkach z wentylacją grawitacyjną zazwyczaj jest zbyt niska wymiana powietrza w czasie użytkowania budynku oraz zbyt wysoka w czasie, gdy budynek nie jest eksploatowany. Sygnałem sterującym intensywności cyrkulacji powinien być pomiar CO2 w pomieszczeniach (z uwzględnieniem wymagań określonych przez przepisy Prawa Budowlanego).
6. Zwiększanie wilgotności w okresie zimowym poza pozytywnym skutkiem zdrowotnym daje także możliwość obniżenia temperatury i tym samym zapotrzebowania na ciepło. Jedną ze wskazanych metod zwiększania wilgotności powietrza jest wprowadzanie roślin do pomieszczeń pracowniczych [19].

Projekt zintegrowany LIFE „Śląskie. Przywracamy błękit". Kompleksowa realizacja Programu ochrony powietrza dla województwa śląskiego realizowany jest przy dofinansowaniu z Programu LIFE Unii Europejskiej oraz Narodowego Funduszu Ochrony Środowiska i Gospodarki Wodnej.
LIFE20 IPE/PL/000007 - LIFE-IP AQP-SILESIAN-SKY

7. Należy dążyć do zmniejszenia amplitudy czynników środowiskowych (wilgotność powietrza, temperatura, natężenie promieniowania słonecznego, prędkość wiatru)
8. Rozważyć zastosowanie oranżerii i ogrodów zimowych, które wykorzystać można jako strefy socjalne, promocyjne itd.
9. Implementacja zielonych ścian. Zielone ściany, które wpływają bardzo istotnie na poprawę izolacyjności cieplnej budynku powinny być realizowane w oparciu o rośliny nie powodujące niszczenia tynku. Wskazane jest przy tym, tam gdzie to możliwe, by zielona ściana miała własną podkonstrukcję wsporczą.
10. Zaleca się dachy zielone, mogą one być realizowane w oparciu o rośliny wieloletnie, odporne na susze takie jak na przykład mchy epifityczne w przypadku lokalizacji północnych i/lub zacienionych (dachy ekstensywne), zielone dachy intensywne (krzewy i drzewa) rekomendowane ponad ekstensywne w pozostałych przypadkach. Należy zwrócić uwagę na wielkość i typ systemu korzeniowego i izolację przeciwwodną. Implementacja musi być poprzedzona przez studium możliwości [16].
11. Wskazane jest instalowanie osłon ograniczających penetrację promieniowania słonecznego do pomieszczeń, osłon chroniących przed przegrzewaniem oraz osłon chroniących przed utratą ciepła.
12. Termomodernizacja budynku powinna obejmować nie tylko zwiększenie izolacyjności ścian, ale także izolacyjności okien i drzwi.

- Źródła ciepła

1. Należy w pierwszej kolejności rozważyć pompy ciepła, przy czym zdecydowanie wskazane są pompy z wymiennikami gruntowymi, a nie powietrznymi jeżeli pozwala na to lokalizacja. W przypadku instalacji pompy ciepła, zaleca się wprowadzenie paneli fotowoltaicznych.
2. Alternatywnie do pomp ciepła, lub jako źródło szczytowe mogą być planowane kotły zasilane biomasą. Szczególnie polecane są tutaj kotły niskoobsługowe na pelet biomasowy spełniające wymogi eco-design.

- Źródła chłodu

1. Poza bardzo szczególnymi przypadkami, gdy dostępne jest ciepło odpadowe uzasadniające zastosowanie ziębiarek sorbcyjnych, podstawowym źródłem chłodu są urządzenia sprężarkowe. Należy jednak wnikliwie rozważyć czy klimatyzacja jest rzeczywiście konieczna, a komfortu cieplnego nie da się zapewnić metodami pasywnymi.
2. W pierwszej kolejności należy rozważyć centralne źródło chłodu i rozprowadzenie go za pomocą wody lodowej do pomieszczeń, w których chłodzenie jest niezbędne. Centralne źródło chłodu umożliwia stosowanie magazynu chłodu.
3. Dla komfortu użytkowników należy stosować indywidualną regulację temperatury powietrza w każdym pomieszczeniu.

Projekt zintegrowany LIFE „Śląskie. Przywracamy błękit". Kompleksowa realizacja Programu ochrony powietrza dla województwa śląskiego realizowany jest przy dofinansowaniu z Programu LIFE Unii Europejskiej oraz Narodowego Funduszu Ochrony Środowiska i Gospodarki Wodnej.
LIFE20 IPE/PL/000007 - LIFE-IP AQP-SILESIAN-SKY

- Źródła energii elektrycznej

    1. Budynki użyteczności publicznej ze względu na swoją funkcję społeczną powinny mieć zapewnione bezpieczeństwo zasilania w energię elektryczną poprzez podłączenie do sieci elektroenergetycznej. Nie jest wskazane planowanie budynków w systemie off-grid.
    2. Podstawowym źródłem energii elektrycznej pozyskiwanej w samym budynku są panele fotowoltaiczne, które mogą być instalowane także na zielonych dachach przy dodatkowej podwyższonej konstrukcji nośnej, umożliwiającej funkcjonalną implementację dachów zielonych. W przypadku występowania parkingów czy innych obiektów małej architektury powinny one też być wykorzystane do montażu paneli fotowoltaicznych o ile nie są zlokalizowane w miejscach zacienionych. Przy montażu paneli na dachach spadzistych i elewacjach należy zwrócić uwagę na aspekt estetyczny, zaleca się stosowanie „płaszczyzn solarnych".
    3. Optymalny kąt ustawienia paneli fotowoltaicznych zależy od funkcji budynku. Przykładowo budynki szkolne zużywają energię elektryczną głównie rano, a latem mają przerwę wakacyjną ograniczającą zapotrzebowania na energię. Stąd optymalne ustawienie paneli na wschód. Dążenie do maksymalizacji wykorzystania energii elektrycznej do potrzeb własnych, bez sprzedaży do sieci implikuje inne kąty optymalnego ustawienia paneli w obu płaszczyznach. Dotyczy to przede wszystkim dachów płaskich
    4. Poleca się rozważenie paneli fotowoltaicznych w technologii hybrydowej (chłodzonych wodą) PVT, z wykorzystaniem ciepła odpadowego do produkcji CWU lub regeneracji cieplnej gruntu.

- Woda opadowa

    1. Zaleca się wykorzystanie wody opadowej do podlewania dachów zielonych, zieleni w otoczeniu budynków, celów chłodzenia paneli PVT, zabezpieczenia rezerwuarów wody szarej.

- Edukacja

    1. Należy przygotować instrukcje obsługi budynku osobne dla zarządcy i użytkownika wyjaśniające zastosowane rozwiązania i prawidłowe sposoby ich użytkowania.

- Magazyny energii

    1. Przy instalacji paneli PV wskazane jest stosowanie magazynów energii elektrycznej. Do doboru wielkości magazynu należy wykorzystać pomiar strumienia energii elektrycznej przez budynek.
    2. Przy instalacji pomp ciepła uzasadnione jest stosowanie magazynów ciepła pozwalających na zmagazynowane ciepła w ilości odpowiadającej dziennemu zużyciu w typowy dzień sezonu grzewczego. Pompa ciepła może napełniać zasobnik w okresie wysokiej dostępności energii elektrycznej z OZE. Należy jednak przeanalizować możliwości podłączenia instalacji OZE do istniejącego budynku, szczególnie ze względu na czynniki wykluczające implementację magazynu takie jak wysoka temperatura czynnika obiegowego w instalacji grzewczej.

Projekt zintegrowany LIFE „Śląskie. Przywracamy błękit". Kompleksowa realizacja Programu ochrony powietrza dla województwa śląskiego realizowany jest przy dofinansowaniu z Programu LIFE Unii Europejskiej oraz Narodowego Funduszu Ochrony Środowiska i Gospodarki Wodnej.
LIFE20 IPE/PL/000007 - LIFE-IP AQP-SILESIAN-SKY

3. W budynkach wyposażonych w centralną klimatyzację i rozprowadzenie chłodu poprzez wodę lodową wskazane jest stosowanie magazynów chłodu o pojemności odpowiadającej zużyciu chłodu w typowy dzień sezonu letniego.

- Modernizacja systemów zarządzania energią

1. Inteligentne systemy zarządzania energią.
2. Automatyczne sterowanie ogrzewaniem, wentylacją i oświetleniem.
3. Integracja z magazynami energii (np. bateriami litowo-jonowymi).
4. Możliwość strefowego sterowania warunkami termicznymi w budynku.

- Uwagi dodatkowe

1. Planując roślinność należy wybierać gatunki o niskim zagrożeniu alergicznym i niskim potencjale inwazyjności.
2. Należy rozważyć wykorzystanie murali antysmogowych, farb antysmogowych, szczególnie w celach promocyjnych na wolnych ścianach obiektu
3. Wykorzystanie zasad architektury cyrkularnej, m.in. wykorzystanie materiałów rozbiórkowych w planowanej modernizacji.

Projekt zintegrowany LIFE „Śląskie. Przywracamy błękit". Kompleksowa realizacja Programu ochrony powietrza dla województwa śląskiego realizowany jest przy dofinansowaniu z Programu LIFE Unii Europejskiej oraz Narodowego Funduszu Ochrony Środowiska i Gospodarki Wodnej.
LIFE20 IPE/PL/000007 - LIFE-IP AQP-SILESIAN-SKY

7.2.8 Model nr 8: Opatów, Gminna Biblioteka Publiczna (kultura)

Budynek znajduje się na ul. Tadeusza Kościuszki 1, 42-152 Opatów. Jest to subregion północny Województwa. Lokalizacja budynku to centrum małej miejscowości w pobliżu głównej drogi. Budynek ocieplony styropianem o grubości 12 cm. Rok budowy 1909, jednak brak jest informacji o obecności budynku w ewidencjach zabytków.



Rysunek 23: Gminna Biblioteka Publiczna w Opatowie, lokalizacja (źródło - Geoportal).



Rysunek 24: Gminna Biblioteka Publiczna w Opatowie, zdjęcie

Wg danych ankietowych, powierzchnia budynku (użytkowa) wynosi $738 m^2$. Ogrzewany jest on węglem, w ilości 20 t/rok. Sumaryczne zużycie energii roczne wynosi 142696,67 kWh w tym 116666,67 kWh na cele grzewcze. Wg obliczeń, modernizacja źródeł ciepła i instalacja odnawialnych źródeł energii prowadzić może do zmniejszenia rocznej emisji CO_2 o 74117.73 kg/rok. Jest to jednocześnie najwyższy wynik w odniesieniu do jednostki powierzchni ($203.6 kg/m^2$) z rozważanych budynków.

Projekt zintegrowany LIFE „Śląskie. Przywracamy błękit". Kompleksowa realizacja Programu ochrony powietrza dla województwa śląskiego realizowany jest przy dofinansowaniu z Programu LIFE Unii Europejskiej oraz Narodowego Funduszu Ochrony Środowiska i Gospodarki Wodnej.
LIFE20 IPE/PL/000007 - LIFE-IP AQP-SILESIAN-SKY

Tabela 15: Dane ankietowe budynku w Opatowie.

Miasto	Opatów
Subregion	Północny
Funkcja	Administracja
Adres	Opatów, ul. Kościuszki 1
Źródło ciepła	Węgiel
Powierzchnia użytkowa	365
Klimatyzacja, (liczba jednostek)	nie
Wentylacja mechaniczna	nie
Odbiorniki energii elektrycznej	podgrzewacze wody; 1, komputery; 6 (stale włączone)
Grubość ścian	bd
Materiał ścian	cegła, kamień
Izolacja	styropian
Grubość izolacji	12 cm
Rodzaj dachu	skośny
Ocieplenie poddasze/dach	nie
Ocieplenie podłoga	Styropian 10 cm
Stolarka okienna	PCV

Przy implementacji modelu zrównoważonego tego budynku należy zwrócić szczególną uwagę na następujące zagadnienia:

- Zapotrzebowanie na energię

1. Zapotrzebowanie na ciepło uzależnione jest zarówno od konstrukcji budynku, jego otoczenia jak i sposobu jego przyszłej eksploatacji. Każdy z tych czynników może być do pewnego stopnia kształtowany przez zarządcę budynku.
2. Planując modernizację budynku należy wziąć pod uwagę możliwość zmiany układu funkcjonalnego budynku tak, by pomieszczenia
3. Zastosowanie wentylacji wymuszonej z rekuperacją ciepła. W budynkach z wentylacją grawitacyjną zazwyczaj jest zbyt niska wymiana powietrza w czasie użytkowania budynku oraz zbyt wysoka w czasie, gdy budynek nie jest eksploatowany. Sygnałem sterującym intensywności cyrkulacji powinien być pomiar CO_2 w pomieszczeniach (z uwzględnieniem wymagań określonych przez przepisy Prawa Budowlanego).
4. Zwiększanie wilgotności w okresie zimowym poza pozytywnym skutkiem zdrowotnym daje także możliwość obniżenia temperatury i tym samym zapotrzebowania na ciepło. Jedną ze wskazanych metod zwiększania wilgotności powietrza jest wprowadzanie roślin do pomieszczeń pracowniczych [19].
5. Implementacja zielonych ścian. Zielone ściany, które wpływają bardzo istotnie na poprawę izolacyjności cieplnej budynku powinny być realizowane w oparciu o rośliny nie powodujące niszczenia tynku. Wskazane jest przy tym, tam gdzie to możliwe, by zielona ściana miała własną podkonstrukcję wsporczą.
6. Wskazane jest instalowanie osłon ograniczających penetrację promieniowania słonecznego do pomieszczeń, osłon chroniących przed przegrzewaniem oraz osłon chroniących przed utratą ciepła.

Projekt zintegrowany LIFE „Śląskie. Przywracamy błękit". Kompleksowa realizacja Programu ochrony powietrza dla województwa śląskiego realizowany jest przy dofinansowaniu z Programu LIFE Unii Europejskiej oraz Narodowego Funduszu Ochrony Środowiska i Gospodarki Wodnej.
LIFE20 IPE/PL/000007 - LIFE-IP AQP-SILESIAN-SKY

7. Termomodernizacja budynku powinna obejmować nie tylko zwiększenie izolacyjności ścian, ale także izolacyjności okien i drzwi.

- Źródła ciepła

1. Należy w pierwszej kolejności rozważyć pompy ciepła, przy czym zdecydowanie wskazane są pompy z wymiennikami gruntowymi, a nie powietrznymi jeżeli pozwala na to lokalizacja. W przypadku instalacji pompy ciepła, zaleca się wprowadzenie paneli fotowoltaicznych.
2. Alternatywnie do pomp ciepła, lub jako źródło szczytowe mogą być planowane kotły zasilane biomasą. Szczególnie polecane są tutaj kotły niskoobsługowe na pelet biomasowy spełniające wymogi eco-design.

- Źródła chłodu

1. Poza bardzo szczególnymi przypadkami, gdy dostępne jest ciepło odpadowe uzasadniające zastosowanie ziębiarek sorbcyjnych, podstawowym źródłem chłodu są urządzenia sprężarkowe. Należy jednak wnikliwie rozważyć czy klimatyzacja jest rzeczywiście konieczna, a komfortu cieplnego nie da się zapewnić metodami pasywnymi.
2. W pierwszej kolejności należy rozważyć centralne źródło chłodu i rozprowadzenie go za pomocą wody lodowej do pomieszczeń, w których chłodzenie jest niezbędne. Centralne źródło chłodu umożliwia stosowanie magazynu chłodu.
3. Dla komfortu użytkowników należy stosować indywidualną regulację temperatury powietrza w każdym pomieszczeniu.

- Źródła energii elektrycznej

1. Budynki użyteczności publicznej ze względu na swoją funkcję społeczną powinny mieć zapewnione bezpieczeństwo zasilania w energię elektryczną poprzez podłączenie do sieci elektroenergetycznej. Nie jest wskazane planowanie budynków w systemie off-grid.
2. Podstawowym źródłem energii elektrycznej pozyskiwanej w samym budynku są panele fotowoltaiczne, które mogą być instalowane także na zielonych dachach przy dodatkowej podwyższonej konstrukcji nośnej, umożliwiającej funkcjonalną implementację dachów zielonych. W przypadku występowania parkingów czy innych obiektów małej architektury powinny one też być wykorzystane do montażu paneli fotowoltaicznych o ile nie są zlokalizowane w miejscach zacienionych. Przy montażu paneli na dachach spadzistych i elewacjach należy zwrócić uwagę na aspekt estetyczny, zaleca się stosowanie „płaszczyzn solarnych”.
3. Poleca się rozważenie paneli fotowoltaicznych w technologii hybrydowej (chłodzonych wodą) PVT, z wykorzystaniem ciepła odpadowego do produkcji CWU lub regeneracji cieplnej gruntu.

- Woda opadowa

1. Zaleca się wykorzystanie wody opadowej do podlewania dachów zielonych, zieleni w otoczeniu budynków, celów chłodzenia paneli PVT, zabezpieczenia rezerwuarów wody szarej.

Projekt zintegrowany LIFE „Śląskie. Przywracamy błękit”. Kompleksowa realizacja Programu ochrony powietrza dla województwa śląskiego realizowany jest przy dofinansowaniu z Programu LIFE Unii Europejskiej oraz Narodowego Funduszu Ochrony Środowiska i Gospodarki Wodnej.
LIFE20 IPE/PL/000007 - LIFE-IP AQP-SILESIAN-SKY

- Edukacja

    1. Należy przygotować instrukcje obsługi budynku osobne dla zarządcy i użytkownika wyjaśniające zastosowane rozwiązania i prawidłowe sposoby ich użytkowania.

- Magazyny energii

    1. Przy instalacji paneli PV wskazane jest stosowanie magazynów energii elektrycznej. Do doboru wielkości magazynu należy wykorzystać pomiar strumienia energii elektrycznej przez budynek.
    2. Przy instalacji pomp ciepła uzasadnione jest stosowanie magazynów ciepła pozwalających na zmagazynowane ciepła w ilości odpowiadającej dziennemu zużyciu w typowy dzień sezonu grzewczego. Pompa ciepła może napełniać zasobnik w okresie wysokiej dostępności energii elektrycznej z OZE. Należy jednak przeanalizować możliwości podłączenia instalacji OZE do istniejącego budynku, szczególnie ze względu na czynniki wykluczające implementację magazynu takie jak wysoka temperatura czynnika obiegowego w instalacji grzewczej.
    3. W budynkach wyposażonych w centralną klimatyzację i rozprowadzenie chłodu poprzez wodę lodową wskazane jest stosowanie magazynów chłodu o pojemności odpowiadającej zużyciu chłodu w typowy dzień sezonu letniego.

- Modernizacja systemów zarządzania energią

    1. Inteligentne systemy zarządzania energią.
    2. Automatyczne sterowanie ogrzewaniem, wentylacją i oświetleniem.
    3. Integracja z magazynami energii (np. bateriami litowo-jonowymi).
    4. Możliwość strefowego sterowania warunkami termicznymi w budynku.

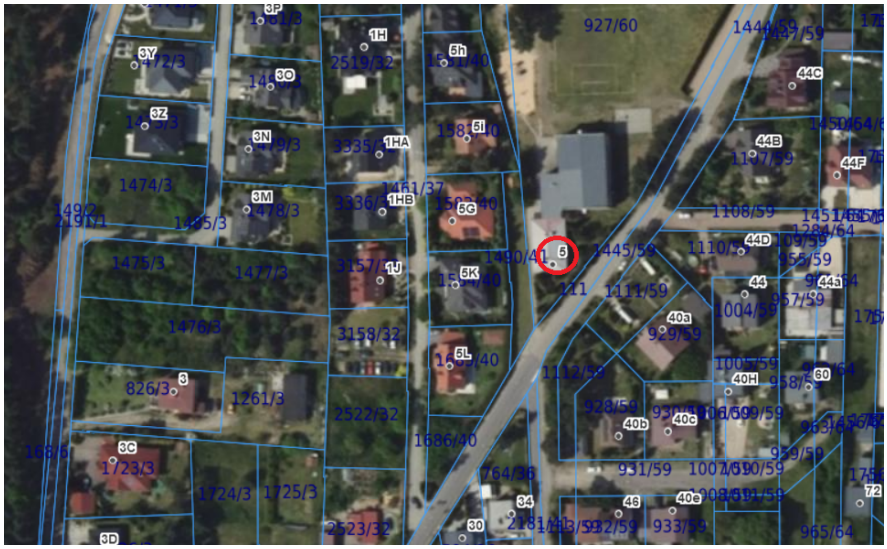
- Uwagi dodatkowe

    1. Planując roślinność należy wybierać gatunki o niskim zagrożeniu alergicznym i niskim potencjale inwazyjności.
    2. Należy rozważyć wykorzystanie murali antysmogowych, farb antysmogowych, szczególnie w celach promocyjnych na wolnych ścianach obiektu
    3. Wykorzystanie zasad architektury cyrkularnej, m.in. wykorzystanie materiałów rozbiórkowych w planowanej modernizacji.

Projekt zintegrowany LIFE „Śląskie. Przywracamy błękit". Kompleksowa realizacja Programu ochrony powietrza dla województwa śląskiego realizowany jest przy dofinansowaniu z Programu LIFE Unii Europejskiej oraz Narodowego Funduszu Ochrony Środowiska i Gospodarki Wodnej.
LIFE20 IPE/PL/000007 - LIFE-IP AQP-SILESIAN-SKY

7.2.9 Model nr 9: Świerklaniec – Dom Sportowca (kultura)

Budynek znajduje się pod adresem Leśna 5, 42-622 Nowe Chechło (gm. Świerklaniec). Jest to subregion centralny Województwa. Budynek z lat 50' XX wieku, nieocieplony. Tereny podmiejskie.



Rysunek 25: Obiekt kultury w Świerklańcu, lokalizacja (geoportal)



Rysunek 26: Budynek w Świerklańcu, zdjęcie

Zespół budynków ma powierzchnię użytkową 690m^2. Ogrzewanie gazem, ze zużyciem rocznym 13000 m^3 na rok, zużycie energii roczne wynosi 123264,80 kWh, w tym 115564,80 na cele grzewcze. Obliczenia wykazały możliwość zmniejszenia emisji CO_2 nawet o 9809.59 kg/rok.

Projekt zintegrowany LIFE „Śląskie. Przywracamy błękit". Kompleksowa realizacja Programu ochrony powietrza dla województwa śląskiego realizowany jest przy dofinansowaniu z Programu LIFE Unii Europejskiej oraz Narodowego Funduszu Ochrony Środowiska i Gospodarki Wodnej.
LIFE20 IPE/PL/000007 - LIFE-IP AQP-SILESIAN-SKY

Tabela 16: Dane ankietowe budynku w Świerklańcu.

Miasto	Świerklaniec
Subregion	Centralny
Funkcja	Administracja
Adres	Świerklaniec, Nowe Chechło, ul. Leśna 5
Źródło ciepła	Gaz
Powierzchnia użytkowa	773,3
Klimatyzacja, (liczba jednostek)	4
Wentylacja mechaniczna	nie
Odbiorniki energii elektrycznej	chłodziarki; 2
Grubość ścian	0,35 m
Materiał ścian	cegła
Izolacja	brak
Grubość izolacji	
Rodzaj dachu	płaski i skośny
Ocieplenie poddasze/dach	nie
Ocieplenie podłoga	
Stolarka okienna	PCV

Przy implementacji modelu zrównoważonego tego budynku należy zwrócić szczególną uwagę na następujące zagadnienia:

- Zapotrzebowanie na energię

1. Zapotrzebowanie na ciepło uzależnione jest zarówno od konstrukcji budynku, jego otoczenia jak i sposobu jego przyszłej eksploatacji. Każdy z tych czynników może być do pewnego stopnia kształtowany przez zarządcę budynku.
2. Zmniejszenie oddziaływania czynników środowiskowych prze osłanianie budynku od wiatru, co może być osiągnięte przez stosowanie roślinności osłonowej (wg rekomendacji typologii przygotowanej przez Śląski Ogród Botaniczny Związek Stowarzyszeń w ramach projektu „Śląskie. Przywracamy błękit" [18]) jak i poprzez wały ziemne z roślinnością (pokrywową lub niską). Oczywiście jedno i drugie musi być elementem planu zagospodarowania terenu wokół budynku.
3. Zacienienie go drzewami liściastymi, które latem przyczyniają się do schłodzenia, umożliwiają natomiast dopływ energii słonecznej zimą. Szczegółowe wytyczne dotyczące gatunków zostały zawarte w typologii przygotowanej przez Śląski Ogród Botaniczny Związek Stowarzyszeń [18].
4. Zastosowanie wentylacji wymuszonej z rekuperacją ciepła. W budynkach z wentylacją grawitacyjną zazwyczaj jest zbyt niska wymiana powietrza w czasie użytkowania budynku oraz zbyt wysoka w czasie, gdy budynek nie jest eksploatowany. Sygnałem sterującym intensywności cyrkulacji powinien być pomiar CO2 w pomieszczeniach (z uwzględnieniem wymagań określonych przez przepisy Prawa Budowlanego).
5. Zwiększanie wilgotności w okresie zimowym poza pozytywnym skutkiem zdrowotnym daje także możliwość obniżenia temperatury i tym samym zapotrzebowania na ciepło. Jedną ze wskazanych metod zwiększania wilgotności powietrza jest wprowadzanie roślin do pomieszczeń pracowniczych [19].

Projekt zintegrowany LIFE „Śląskie. Przywracamy błękit". Kompleksowa realizacja Programu ochrony powietrza dla województwa śląskiego realizowany jest przy dofinansowaniu z Programu LIFE Unii Europejskiej oraz Narodowego Funduszu Ochrony Środowiska i Gospodarki Wodnej. LIFE20 IPE/PL/000007 - LIFE-IP AQP-SILESIAN-SKY

6. Należy dążyć do zmniejszenia amplitudy czynników środowiskowych (wilgotność powietrza, temperatura, natężenie promieniowania słonecznego, prędkość wiatru)
7. Rozważyć zastosowanie oranżerii i ogrodów zimowych, które wykorzystać można jako strefy socjalne, promocyjne itd.
8. Implementacja zielonych ścian. Zielone ściany, które wpływają bardzo istotnie na poprawę izolacyjności cieplnej budynku powinny być realizowane w oparciu o rośliny nie powodujące niszczenia tynku. Wskazane jest przy tym, tam gdzie to możliwe, by zielona ściana miała własną podkonstrukcję wsporczą.
9. Wskazane jest instalowanie osłon ograniczających penetrację promieniowania słonecznego do pomieszczeń, osłon chroniących przed przegrzewaniem oraz osłon chroniących przed utratą ciepła.
10. Termomodernizacja budynku powinna obejmować nie tylko zwiększenie izolacyjności ścian, ale także izolacyjności okien i drzwi.

- Źródła ciepła

1. Należy w pierwszej kolejności rozważyć pompy ciepła, przy czym zdecydowanie wskazane są pompy z wymiennikami gruntowymi, a nie powietrznymi jeżeli pozwala na to lokalizacja. W przypadku instalacji pompy ciepła, zaleca się wprowadzenie paneli fotowoltaicznych.
2. Alternatywnie do pomp ciepła, lub jako źródło szczytowe mogą być planowane kotły zasilane biomasą. Szczególnie polecane są tutaj kotły niskoobsługowe na pelet biomasowy spełniające wymogi eco-design.

- Źródła chłodu

1. Poza bardzo szczególnymi przypadkami, gdy dostępne jest ciepło odpadowe uzasadniające zastosowanie ziębiarek sorbcyjnych, podstawowym źródłem chłodu są urządzenia sprężarkowe. Należy jednak wnikliwie rozważyć czy klimatyzacja jest rzeczywiście konieczna, a komfortu cieplnego nie da się zapewnić metodami pasywnymi.
2. W pierwszej kolejności należy rozważyć centralne źródło chłodu i rozprowadzenie go za pomocą wody lodowej do pomieszczeń, w których chłodzenie jest niezbędne. Centralne źródło chłodu umożliwia stosowanie magazynu chłodu.
3. Dla komfortu użytkowników należy stosować indywidualną regulację temperatury powietrza w każdym pomieszczeniu.

Projekt zintegrowany LIFE „Śląskie. Przywracamy błękit". Kompleksowa realizacja Programu ochrony powietrza dla województwa śląskiego realizowany jest przy dofinansowaniu z Programu LIFE Unii Europejskiej oraz Narodowego Funduszu Ochrony Środowiska i Gospodarki Wodnej.
LIFE20 IPE/PL/000007 - LIFE-IP AQP-SILESIAN-SKY

- Źródła energii elektrycznej

    1. Budynki użyteczności publicznej ze względu na swoją funkcję społeczną powinny mieć zapewnione bezpieczeństwo zasilania w energię elektryczną poprzez podłączenie do sieci elektroenergetycznej. Nie jest wskazane planowanie budynków w systemie off-grid.
    2. Podstawowym źródłem energii elektrycznej pozyskiwanej w samym budynku są panele fotowoltaiczne, które mogą być instalowane także na zielonych dachach przy dodatkowej podwyższonej konstrukcji nośnej, umożliwiającej funkcjonalną implementację dachów zielonych. W przypadku występowania parkingów czy innych obiektów małej architektury powinny one też być wykorzystane do montażu paneli fotowoltaicznych o ile nie są zlokalizowane w miejscach zacienionych. Przy montażu paneli na dachach spadzistych i elewacjach należy zwrócić uwagę na aspekt estetyczny, zaleca się stosowanie „płaszczyzn solarnych".
    3. Poleca się rozważenie paneli fotowoltaicznych w technologii hybrydowej (chłodzonych wodą) PVT, z wykorzystaniem ciepła odpadowego do produkcji CWU lub regeneracji cieplnej gruntu.

- Woda opadowa

    1. Zaleca się wykorzystanie wody opadowej do podlewania dachów zielonych, zieleni w otoczeniu budynków, celów chłodzenia paneli PVT, zabezpieczenia rezerwuarów wody szarej.

- Edukacja

    1. Należy przygotować instrukcje obsługi budynku osobne dla zarządcy i użytkownika wyjaśniające zastosowane rozwiązania i prawidłowe sposoby ich użytkowania.

- Magazyny energii

    1. Przy instalacji paneli PV wskazane jest stosowanie magazynów energii elektrycznej. Do doboru wielkości magazynu należy wykorzystać pomiar strumienia energii elektrycznej przez budynek.
    2. Przy instalacji pomp ciepła uzasadnione jest stosowanie magazynów ciepła pozwalających na zmagazynowane ciepła w ilości odpowiadającej dziennemu zużyciu w typowy dzień sezonu grzewczego. Pompa ciepła może napełniać zasobnik w okresie wysokiej dostępności energii elektrycznej z OZE. Należy jednak przeanalizować możliwości podłączenia instalacji OZE do istniejącego budynku, szczególnie ze względu na czynniki wykluczające implementację magazynu takie jak wysoka temperatura czynnika obiegowego w instalacji grzewczej.
    3. W budynkach wyposażonych w centralną klimatyzację i rozprowadzenie chłodu poprzez wodę lodową wskazane jest stosowanie magazynów chłodu o pojemności odpowiadającej zużyciu chłodu w typowy dzień sezonu letniego.

- Modernizacja systemów zarządzania energią

    1. Inteligentne systemy zarządzania energią.
    2. Automatyczne sterowanie ogrzewaniem, wentylacją i oświetleniem.

Projekt zintegrowany LIFE „Śląskie. Przywracamy błękit". Kompleksowa realizacja Programu ochrony powietrza dla województwa śląskiego realizowany jest przy dofinansowaniu z Programu LIFE Unii Europejskiej oraz Narodowego Funduszu Ochrony Środowiska i Gospodarki Wodnej.
LIFE20 IPE/PL/000007 - LIFE-IP AQP-SILESIAN-SKY

3. Integracja z magazynami energii (np. bateriami litowo-jonowymi).
4. Możliwość strefowego sterowania warunkami termicznymi w budynku.

- Uwagi dodatkowe

1. Planując roślinność należy wybierać gatunki o niskim zagrożeniu alergicznym i niskim potencjale inwazyjności.
2. Należy rozważyć wykorzystanie murali antysmogowych, farb antysmogowych, szczególnie w celach promocyjnych na wolnych ścianach obiektu
3. Wykorzystanie zasad architektury cyrkularnej, m.in. wykorzystanie materiałów rozbiórkowych w planowanej modernizacji.

Projekt zintegrowany LIFE „Śląskie. Przywracamy błękit". Kompleksowa realizacja Programu ochrony powietrza dla województwa śląskiego realizowany jest przy dofinansowaniu z Programu LIFE Unii Europejskiej oraz Narodowego Funduszu Ochrony Środowiska i Gospodarki Wodnej.
LIFE20 IPE/PL/000007 - LIFE-IP AQP-SILESIAN-SKY

8 Architektura cyrkularna – cały cykl „życia” budynku

Architektura cyrkularna to podejście do projektowania, budowy i eksploatacji budynków zgodnie z zasadami gospodarki o obiegu zamkniętym. Oznacza to minimalizację odpadów, maksymalne wykorzystanie odzyskanych materiałów oraz projektowanie obiektów tak, by mogły być łatwo modyfikowane, demontowane i ponownie wykorzystywane.

Główne zasady architektury cyrkularnej:

1. Minimalizacja odpadów – budynki projektuje się tak, by ograniczyć zużycie nowych surowców oraz ułatwić ich recykling po zakończeniu eksploatacji.
2. Ponowne wykorzystanie materiałów – np. cegły, drewno, beton czy stal mogą być używane w nowych konstrukcjach po odpowiednim przetworzeniu.
3. Modularność i elastyczność – budynki są projektowane tak, by można było je łatwo modyfikować lub rozbudowywać zamiast burzyć.
4. Zrównoważone materiały – stosuje się materiały o niskim śladzie węglowym, pochodzące z recyklingu lub biodegradowalne.
5. Efektywność energetyczna – wykorzystuje się technologie oszczędzające energię oraz odnawialne źródła energii.

Przykłady zastosowań architektury cyrkularnej:

- Biurowce z odzyskanych materiałów – np. budynek The Edge w Amsterdamie, który wykorzystuje modułowe rozwiązania.
- Domy modułowe – można je demontować i przenosić w inne miejsce, minimalizując straty materiałowe.
- Recykling materiałów budowlanych – np. stare cegły można ponownie wykorzystać w nowych budynkach zamiast produkować nowe.

Dlaczego architektura cyrkularna jest ważna?

- Redukuje emisję CO_2 i zużycie surowców.
- Zmniejsza ilość odpadów budowlanych.
- Przedłuża żywotność materiałów i obiektów.
- Ogranicza koszty eksploatacji i rozbiórki budynków.

Projekt zintegrowany LIFE „Śląskie. Przywracamy błękit". Kompleksowa realizacja Programu ochrony powietrza dla województwa śląskiego realizowany jest przy dofinansowaniu z Programu LIFE Unii Europejskiej oraz Narodowego Funduszu Ochrony Środowiska i Gospodarki Wodnej.
LIFE20 IPE/PL/000007 - LIFE-IP AQP-SILESIAN-SKY

8.1 Wykorzystanie zasad architektury cyrkularnej dla analizowanych przypadków wdrażania Modeli Zrównoważonego Budownictwa

Dla istniejących budynków, które zostały wzniesione według tradycyjnych zasad, ale kiedyś zostaną rozebrane, zasady architektury cyrkularnej skupiają się głównie na selektywnej rozbiórce, ponownym wykorzystaniu materiałów oraz minimalizacji odpadów. Stąd też wyróżnić należy kilka kluczowych zasad:

1. Audyt materiałowy i cyfrowa dokumentacja - przed rozbiórką należy przeprowadzić audyt materiałów budowlanych, aby określić, które elementy można ponownie wykorzystać lub przetworzyć. Nowoczesne technologie, jak skanowanie 3D i BIM (Building Information Modeling), mogą pomóc w identyfikacji wartościowych surowców i ich lokalizacji w budynku.
2. Selektywna rozbiórka zamiast wyburzenia -zamiast standardowego wyburzenia, budynek powinien być rozbierany etapami, aby maksymalnie odzyskać surowce. Obejmuje to m.in.:
    - demontaż okien, drzwi, podłóg,
    - selektywne usuwanie instalacji elektrycznych i sanitarnych,
    - odzyskiwanie elementów konstrukcyjnych (stal, drewno, beton).
3. Ponowne wykorzystanie i recykling materiałów
    - Drewno – można odnowić i wykorzystać w nowych budynkach lub na meble.
    - Stal i aluminium – mogą być przetopione i wykorzystane w nowych projektach.
    - Beton i cegła – można kruszyć i używać jako podbudowę dróg lub do produkcji nowych materiałów budowlanych.
    - Szkło – można przetopić na nowe panele szklane.
4. Zastosowanie materiałów w obiektach tymczasowych
    - modułowych pawilonach,
    - schroniskach,
    - obiektach infrastruktury miejskiej (np. wiaty, ławki, ogrodzenia).
5. Tworzenie lokalnych giełd materiałów budowlanych - w miastach mogą powstawać platformy wymiany materiałów. Zasada taka jest popularna zwłaszcza w krajach skandynawskich, gdzie prowadzony jest centralny rejes materiałów budowlanych.
6. Minimalizacja odpadów i odpowiedzialna utylizacja - niezdatne do ponownego wykorzystania materiały powinny być utylizowane zgodnie z zasadami gospodarki cyrkularnej, np. poprzez recykling, kompostowanie (dla niektórych materiałów organicznych) lub przetwarzanie na nowe produkty.

Projekt zintegrowany LIFE „Śląskie. Przywracamy błękit". Kompleksowa realizacja Programu ochrony powietrza dla województwa śląskiego realizowany jest przy dofinansowaniu z Programu LIFE Unii Europejskiej oraz Narodowego Funduszu Ochrony Środowiska i Gospodarki Wodnej.
LIFE20 IPE/PL/000007 - LIFE-IP AQP-SILESIAN-SKY

Bibliografia

[1] Alexis Barrou. Life cycle assessment of heterojunction solar cells. from raw materials to final devices. 2022.

[2] Marloes Caduff, Mark AJ Huijbregts, Annette Koehler, Hans-Jörg Althaus, and Stefanie Hellweg. Scaling relationships in life cycle assessment: the case of heat production from biomass and heat pumps. *Journal of Industrial Ecology*, 18(3):393–406, 2014.

[3] Polskie Sieci Elektroenergetyczne. Polskie sieci elektroenergetyczne, raporty roczne z funkcjonowania kse.

[4] EU. Pvgis (photovoltaic geographical information system). *Last update: 1/03/2022*, 2023.

[5] DL Evans. Simplified method for predicting photovoltaic array output. *Solar energy*, 27(6):555–560, 1981.

[6] GABI. Lca database, Jan 2024.

[7] Syed Muhammad Imran, Godlisten N Shao, and Heetaik Kim. https://www. sciencedirect. com/science/article/abs/pii/s092633731500346x. 2016.

[8] H. Jadwiszczok-Molencka. *Zasady termomodernizacji budynków zabytkowych*. Monografia, Katowice, 2023.

[9] (KOBiZE). Wskaźniki emisyjności co2, so2, nox, co i pyłu całkowitego dla energii elektrycznej, 2022.

[10] Tom Marsik, Vanessa Stevens, Robbin Garber-Slaght, Conor Dennehy, Robby Tartuilnguq Strunk, and Alan Mitchell. Empirical study of the effect of thermal loading on the heating efficiency of variable-speed air source heat pumps. *Sustainability*, 15(3):1880, 2023.

[11] Basant Raj Paudyal and Anne Gerd Imenes. Investigation of temperature coefficients of pv modules through field measured data. *Solar Energy*, 224:425–439, 2021.

[12] Hua Qian and Yungang Wang. Modeling the interactions between the performance of ground source heat pumps and soil temperature variations. *Energy for Sustainable Development*, 23:115–121, 2014.

[13] EU Regulation. 1119 of the european parliament and of the council of 30 june 2021 establishing the framework for achieving climate neutrality and amending regulations (ec) no 401/2009 and (eu) 2018/1999 ('european climate law'). off. *J. Eur. Union*, 50:243, 2021.

[14] Bartłomiej Rutczyk, Andrzej Szlęk, Michał Chabiński, and Maria Gracka. Raport z monitoringu energetycznego budynków. Raport techniczny, Politechnika Śląska, Wydział Inżynierii Środowiska i Energetyki, Katedra Techniki Cieplnej, Gliwice, 2025.

[15] E Skoplaki, AG Boudouvis, and JA Palyvos. A simple correlation for the operating temperature of photovoltaic modules of arbitrary mounting. *Solar energy materials and solar cells*, 92(11):1393–1402, 2008.

Projekt zintegrowany LIFE „Śląskie. Przywracamy błękit". Kompleksowa realizacja Programu ochrony powietrza dla województwa śląskiego realizowany jest przy dofinansowaniu z Programu LIFE Unii Europejskiej oraz Narodowego Funduszu Ochrony Środowiska i Gospodarki Wodnej.
LIFE20 IPE/PL/000007 - LIFE-IP AQP-SILESIAN-SKY

[16] Anna Starzewska-Sikorska et al. *Handbook SALUTE4CE: Handbook on Urban Environmental Acupuncture*. VŠB-Technical University of Ostrava, Faculty of Civil Engineering, 2022.

[17] Andrzej Szlęk, Michał Chabiński, and Maria Gracka. *Rekomendacje dotyczące monitoringu efektywności energetycznej budynków*. n.d., Gliwice, 2023.

[18] L. Trząski, K. Galej-Ciwiś, E. Roszkowska, and P. Bubła. *Typologia terenów trudnych w województwie śląskim, docelowych rodzajów terenów zielonej infrastruktury oraz rodzajów rozwiązań*. Śląski Ogród Botaniczny, 2022.

[19] Izudinshah Abd Wahab and Lokman Hakim Ismail. A study on plant selection for green building design. *Journal of Science and Technology*, 4(2), 2012.

Projekt zintegrowany LIFE „Śląskie. Przywracamy błękit". Kompleksowa realizacja Programu ochrony powietrza dla województwa śląskiego realizowany jest przy dofinansowaniu z Programu LIFE Unii Europejskiej oraz Narodowego Funduszu Ochrony Środowiska i Gospodarki Wodnej.
LIFE20 IPE/PL/000007 - LIFE-IP AQP-SILESIAN-SKY

Spis rysunków

1 Przykładowe wdrażanie zasad zrównoważonego budownictwa (źródło: wygenerowane przez AI) . . . 2
2 Schemat działań projektowych. . . . 4
3 Przykładowe wdrażanie zasad zrównoważonego budownictwa (źródło: wygenerowane przez AI) . . . 7
4 Przykładowe wdrażanie zasad zrównoważonego budownictwa (źródło: wygenerowane przez AI) . . . 8
5 Przykładowe wdrażanie zasad Green City (źródło: wygenerowane przez AI) . . . 10
6 Względna (w odniesieniu do jednostki powierzchni), roczna, uniknięta emisja CO_2 dla poszczególnych wariantów obliczeniowych. . . . 32
7 Roczna, uniknięta emisja CO_2 dla poszczególnych wariantów obliczeniowych. . . . 32
8 Ekwiwalent CO_2 związany z budową instalacji dla poszczególnych wariantów obliczeniowych. . . . 35
9 Budynek Szkoły w Krzepicach, lokalizacja (źródło - Geoportal) . . . 37
10 Budynki szkoły w Krzepicach, zdjęcie. . . . 38
11 Budynek szkoły w Żorach, lokalizacja (źródło - Geoportal) . . . 42
12 Budynki szkoły w Żorach zdjęcie. . . . 43
13 Budynek Szkoły w Skoczowie, lokalizacja (źródło - Geoportal) . . . 47
14 Budynek szkoły w Skoczowie, zdjęcie. . . . 47
15 Budynek Urzędu Marszałkowskiego w Katowicach, lokalizacja (źródło - Geoportal) . . . 51
16 Budynek Urzędu Marszałkowskiego w Katowicach, zdjęcie. (Jan Mehlih, GFDL, Creative Commons Attribution ShareAlike 2.5) . . . 51
17 Budynek Centrum Usług Społecznościowych w Pietrowicach Wielkich, lokalizacja (źródło - Geoportal) . . . 55
18 Budynek Centrum Usług Społecznościowych w Pietrowicach Wielkich, zdjęcie. . . . 55
19 Budynek młodzieżowego domu kultury nr.2 w Bytomiu, lokalizacja (źródło - Geoportal) . . . 60
20 Budynek młodzieżowego domu kultury nr.2 w Bytomiu, zdjęcie . . . 60
21 Budynek wielofunkcyjny w Nędzy, lokalizacja (źródło - Geoportal). . . . 64
22 Budynek wielofunkcyjny w Nędzy, zdjęcie. . . . 64
23 Gminna Biblioteka Publiczna w Opatowie, lokalizacja (źródło - Geoportal). . . . 69
24 Gminna Biblioteka Publiczna w Opatowie, zdjęcie . . . 69
25 Obiekt kultury w Świerklańcu, lokalizacja (geoportal) . . . 73
26 Budynek w Świerklańcu, zdjęcie . . . 73

Projekt zintegrowany LIFE „Śląskie. Przywracamy błękit". Kompleksowa realizacja Programu ochrony powietrza dla województwa śląskiego realizowany jest przy dofinansowaniu z Programu LIFE Unii Europejskiej oraz Narodowego Funduszu Ochrony Środowiska i Gospodarki Wodnej.
LIFE20 IPE/PL/000007 - LIFE-IP AQP-SILESIAN-SKY

Spis tabel

1 Zestawienie parametrów bazowych paneli fotowoltaicznych . . . 28
2 Zestawienie emisji związanej z budową instalacji PV, za [7, 1]. . . . 28
3 Zestawienie wskaźników emisji dla wybranych paliw . . . 30
4 Zestawienie wariantów obliczeniowych . . . 31
5 Uniknięta emisja roczna CO_2 w odniesieniu do powierzchni budynku i emisja związana z budową instalacji w odniesieniu do powierzchni budynku, dla najkorzystniejszego z wariantów. Uszeregowano wg wartości emisji uniknięte j. . . . 33
6 Uniknięta emisja roczna CO_2 w ujęciu bezwzględnym i emisja związana z budową instalacji, dla najkorzystniejszego z wariantów. Uszeregowano wg wartości emisji uniknięte j. . . . 34
7 Implementacja modeli zrównoważonych budynków w wybranych obiektach. Pozycje w tabeli odnoszą się do podpunktów danego podrozdziału. . . . 36
8 Dane ankietowe budynku w Krzepicach. . . . 38
9 Dane ankietowe budynku w Żorach. . . . 43
10 Dane ankietowe budynku w Skoczowie. . . . 48
11 Dane ankietowe budynku w Katowicach. . . . 52
12 Dane ankietowe budynku w Pietrowicach Wlk. . . . 56
13 Dane ankietowe budynku w Bytomiu. . . . 61
14 Dane ankietowe budynku w Nędzy. . . . 65
15 Dane ankietowe budynku w Opatowie. . . . 70
16 Dane ankietowe budynku w Świerklańcu. . . . 74

Projekt zintegrowany LIFE „Śląskie. Przywracamy błękit". Kompleksowa realizacja Programu ochrony powietrza dla województwa śląskiego realizowany jest przy dofinansowaniu z Programu LIFE Unii Europejskiej oraz Narodowego Funduszu Ochrony Środowiska i Gospodarki Wodnej.
LIFE20 IPE/PL/000007 - LIFE-IP AQP-SILESIAN-SKY