



KOMPLEKSOWY PLAN ZRÓWNOWAŻONEJ INWESTYCJI BUDOWLANEJ

„Budowa zespołu dwóch budynków mieszkalnych wielorodzinnych z infrastrukturą techniczną na działkach o nr ewid. 2/2, 3/1, 2/3, 1, 3/2, 5 położonych w obrębie 7 w Tomaszowie Mazowieckim i na działce o nr ewid. 21 położonej w obrębie 8 w Tomaszowie Mazowieckim”



SCENARIUSZ OCENY CYKLU ŻYCIA
(LCA) BUDYNKU



ANALIZA DNSH
(DO NO SIGNIFICANT HARM)



WYKAZ ŚRODKÓW SŁUŻĄCYCH REDUKCJI
EMISJI HAŁASU, KURZU
I ZANIECZYSZCZEŃ




ANALIZA RYZYK KLIMATYCZNYCH



PLAN ZARZĄDZANIA ODPADAMI BUDOWLANYMI

TOMASZÓW MAZOWIECKI, WRZESIEŃ 2025

I	<p style="text-align: center;">SCENARIUSZ OCENY CYKLU ŻYCIA (LCA) BUDYNKU ZGODNIE Z PN-EN 15978</p>	
---	--	---

WPROWADZENIE

W niniejszej analizie środowiskowej przyjęto jeden wspólny scenariusz LCA (Life Cycle Assessment) dla całej inwestycji budowlanej obejmującej dwa budynki mieszkalne wielorodzinne realizowane przy ul. Chopina w Tomaszowie Mazowieckim, na działkach nr:

- 2/2, 3/1, 2/3, 1, 3/2, 5 w obrębie 0007 oraz
- 21 w obrębie 0008.

Inwestycja realizowana jest na podstawie **pozwolenia na budowę nr 375/2024**, wydanego przez **Starostę Tomaszowskiego** w dniu 4 lipca 2024 r. Decyzja obejmuje budowę **dwóch budynków mieszkalnych wielorodzinnych z infrastrukturą techniczną**, garażami podziemnymi, układem drogowym, miejscami postojowymi, przyłączami instalacyjnymi oraz zagospodarowaniem terenu.

Uzasadnienie przyjęcia wspólnego scenariusza LCA

1. Jedno pozwolenie na budowę

Całość przedsięwzięcia objęta jest jednym pozwoleniem, które integruje oba budynki i całą infrastrukturę techniczno-komunikacyjną.

2. Jednolita dokumentacja projektowa

Dokumentacja PAB i PZT została sporządzona jako spójny projekt, bez etapowania, obejmujący oba obiekty i całość zagospodarowania terenu.

3. Wspólna infrastruktura i uzbrojenie

Budynki połączone są wspólną infrastrukturą instalacyjną (wodociagową, kanalizacyjną, elektroenergetyczną), a także wspólnym zagospodarowaniem terenu: place zabaw, siłownia zewnętrzna, miejsca gromadzenia odpadów i układ dróg wewnętrznych z 206 miejscami postojowymi.

4. Jednolita technologia wykonania

Budynki mają tę samą konstrukcję żelbetową (5 kondygnacji nadziemnych + 1 podziemna), identyczny układ funkcjonalny i takie same parametry energetyczne.

5. Jednolity harmonogram i wykonawstwo

Realizacja inwestycji prowadzona będzie przez jednego wykonawcę na podstawie jednego harmonogramu robót, z jednolitą organizacją placu budowy i gospodarką odpadami.

6. Zintegrowany charakter osiedla

Całość inwestycji stanowi funkcjonalnie i przestrzennie jednorodny zespół mieszkaniowy.

7. Spójność danych środowiskowych

Wskaźniki środowiskowe (LCA, GWP, EP, AP itp.) odnoszone są do łącznej powierzchni i masy całej inwestycji, co zapewnia zgodność z normą EN 15978 oraz ramami Level(s).

Charakterystyka inwestycji

Parametr	Budynek 1	Budynek 2	Łącznie
Liczba lokali mieszkalnych	75	75	150
Powierzchnia użytkowa mieszkań (PUM)	3 631,12 m ²	3 631,12 m ²	7 262,24 m²
Powierzchnia garażu podziemnego	827,91 m ²	827,91 m ²	1 655,82 m²
Kubatura ogrzewana	9 772,62 m ³	9 772,62 m ³	19 545,24 m³
Powierzchnia zabudowy	1 033,72 m ²	1 033,72 m ²	2 067,44 m²
Wskaźnik EP (energia pierwotna)	51,48 kWh/(m ² ·rok)	51,48 kWh/(m ² ·rok)	wspólna wartość
Moc instalacji PV	ok. 45 kWp	ok. 45 kWp	ok. 90 kWp

Efektywność energetyczna i OZE

Oba budynki osiągają wskaźnik zapotrzebowania na nieodnawialną energię pierwotną (EP) równy **51,48 kWh/(m²·rok)**, co mieści się poniżej krajowego limitu 55 kWh/m² określonego w WT2021.

System energetyczny oparto na odnawialnych źródłach energii:

- **pompy ciepła** jako główne źródło ogrzewania i CWU,
- **instalacje fotowoltaiczne** – ok. 45 kWp na każdy budynek (łącznie ok. 90 kWp),
- **wentylacja mechaniczna wyciągowa**,
- wysokiej jakości izolacje termiczne (ściany: $U = 0,15 \text{ W/m}^2\text{K}$, dach: $U = 0,13 \text{ W/m}^2\text{K}$),
- stolarka okienna o $U = 0,85 \text{ W/m}^2\text{K}$.

Zrównoważony charakter inwestycji

Inwestycja realizowana jest w zgodzie z zasadami DNSH i Taksonomii UE. Uwzględnia:

- systemy retencji i zagospodarowania wód opadowych,
- elementy zieleni i rekreacji,
- ograniczenie emisji hałasu i pyłów w trakcie realizacji,
- gospodarkę w duchu GOZ (gospodarki o obiegu zamkniętym),
- pełne uzbrojenie terenu i infrastrukturę dla mieszkańców.

Moduły cyklu życia budynku zgodne z PN-EN 15978

Norma PN-EN 15978 dzieli cykl życia budynku na moduły, które obejmują wszystkie etapy – od produkcji materiałów budowlanych, przez budowę i użytkowanie, aż po rozbiórkę i potencjalne korzyści poza granicami systemu. Poniżej znajdują się moduły, które będą analizowane w scenariuszu:

Moduł A: Etap produktu i budowy

1. A1: Pozyskanie surowców
2. A2: Transport surowców
3. A3: Produkcja materiałów budowlanych
4. A4: Transport na plac budowy
5. A5: Proces budowy

Moduł B: Etap użytkowania budynku

1. B1: Użytkowanie budynku
2. B2: Konserwacja
3. B3: Naprawy
4. B4: Wymiana
5. B5: Renowacja
6. B6: Zużycie energii operacyjnej
7. B7: Zużycie wody

Moduł C: Koniec życia budynku

1. C1: Demontaż
2. C2: Transport odpadów
3. C3: Przetwarzanie odpadów
4. C4: Składowanie

Moduł D: Korzyści poza granicami systemu

1. D1: Odzysk materiałów i energii
2. D2: Ponowne użycie materiałów

1. WSTĘP

1.1. Cel opracowania scenariusza środowiskowego

Celem opracowania scenariusza środowiskowego jest przeprowadzenie kompleksowej analizy wpływu budynku wielorodzinnego na środowisko w całym jego cyklu życia. Analiza ta ma na celu:

1. **Identyfikację kluczowych obszarów wpływu środowiskowego:** Wskazanie etapów budowy, eksploatacji i rozbiórki budynku, które generują największe emisje gazów cieplarnianych, zużycie zasobów czy generowanie odpadów.
2. **Ocena zgodności z normami i regulacjami:** Weryfikacja, czy projekt spełnia wymagania zrównoważonego rozwoju wynikające z normy EN 15978, metodyki Level(s) oraz zasady DNSH („Do No Significant Harm”).
3. **Wsparcie procesu decyzyjnego:** Dostarczenie Inwestorowi, Projektantowi oraz Generalnemu Wykonawcy danych umożliwiających podejmowanie świadomych decyzji w zakresie wyboru materiałów, technologii, organizacji placu budowy oraz optymalizacji projektu pod kątem środowiskowym.
4. **Ocena wpływu na cele klimatyczne UE:** Pomiar i raportowanie wskaźników środowiskowych w odniesieniu do neutralności klimatycznej i gospodarki o obiegu zamkniętym.
5. **Ocena korzyści poza systemem:** Wskazanie potencjalnych korzyści wynikających z recyklingu, odzysku materiałów oraz zmniejszenia emisji i zużycia energii w perspektywie całego cyklu życia budynku.

1.2. Zakres i granice analizy

Zakres analizy scenariusza środowiskowego obejmuje pełny cykl życia budynku wielorodzinnego, zgodnie z normą **EN 15978** oraz zasadami metodyki **Level(s)**. Analiza została podzielona na **moduły A, B, C i D**, aby umożliwić szczegółową ocenę wpływu budynku na środowisko na każdym etapie cyklu życia.

Moduły cyklu życia budynku

1. **Moduł A – Produkcja i budowa:**
 - **A1:** Wydobywanie i pozyskanie surowców.
 - **A2:** Transport surowców do zakładu produkcyjnego.
 - **A3:** Produkcja materiałów budowlanych (np. betonu, stali, izolacji).
 - **A4:** Transport materiałów na plac budowy.
 - **A5:** Proces budowy, w tym zużycie energii, emisje, odpady budowlane.
2. **Moduł B – Eksploatacja budynku:**
 - **B1:** Emisje i oddziaływania wynikające z użytkowania budynku, np. LZO (Lotne Związki Organiczne) z materiałów wykończeniowych.
 - **B2:** Konserwacja (np. malowanie, drobne naprawy).
 - **B3:** Naprawy większych elementów (np. wymiana okien).
 - **B4:** Wymiana elementów o ograniczonej trwałości (np. pokrycie dachowe, instalacje).
 - **B5:** Modernizacje i renowacje.

- **B6:** Zużycie energii operacyjnej (np. ogrzewanie, oświetlenie).
- **B7:** Zużycie wody operacyjnej (np. do celów sanitarnych).
- 3. **Moduł C – Koniec życia budynku:**
 - **C1:** Rozbiórka i demontaż budynku.
 - **C2:** Transport odpadów do miejsc przetwarzania.
 - **C3:** Przetwarzanie materiałów (np. recykling, odzysk materiałowy).
 - **C4:** Składowanie odpadów.
- 4. **Moduł D – Korzyści poza systemem:**
 - **D1:** Odzysk materiałów wtórnych (np. stal, beton).
 - **D2:** Ponowne wykorzystanie materiałów w innych projektach.

Granice systemu

Analiza obejmuje:

- **Konstrukcję budynku:** Fundamenty, ściany nośne, stropy, dach.
- **Izolacje:** przeciwwilgociowe i termiczne.
- **Stolarkę otworową:** okna i drzwi zewnętrzne.
- **Elementy murowe:** ściany działowe.
- **Posadzki:** podkłady i wylewki betonowe

Materiały wbudowane: Uwzględniono wszystkie materiały, które odpowiadają za co najmniej 95% masy budynku lub wpływu środowiskowego, zgodnie z zasadą reprezentatywności.

Pominięcia i uproszczenia

- **Marginalne elementy:** Elementy o niskim wpływie środowiskowym (np. farby, panele, okucia, etc.) zostały lub pominięte, ponieważ ich udział w całkowitym wpływie nie przekracza 5%.
- **Instalacje:** Nie uwzględniono elementów instalacji wod-kan, co, elektrycznej i teletechnicznej.
- **System Level(s):** Przyjęto standardowe dane referencyjne gdyż na tym etapie projektowania brak jest szczegółowych danych projektowych (przedmiaru robót).

Granice systemu zostały określone w taki sposób, aby analiza była zgodna z wymogami normatywnymi i pozwalała na porównywanie wyników z innymi budynkami o podobnym charakterze.

1.3. Podstawy prawne i normy

Opracowanie scenariusza środowiskowego budynku wielorodzinnego opiera się na obowiązujących normach, regulacjach i wytycznych środowiskowych, które mają na celu promowanie zrównoważonego budownictwa oraz realizację unijnych celów klimatycznych. Poniżej przedstawiono podstawy prawne i normy, które stanowią fundament analizy.

1.3.1. Podstawy prawne

1. **ROZPORZĄDZENIE PARLAMENTU EUROPEJSKIEGO I RADY (UE) 2020/852 z dnia 18 czerwca 2020 r. w sprawie ustanowienia ram ułatwiających zrównoważone inwestycje, zmieniające rozporządzenie (UE) 2019/2088**
 - Wprowadza ramy ułatwiające zrównoważone inwestycje.
 - Określa zasady kwalifikacji działalności gospodarczej jako zrównoważonej środowiskowo, w tym zasadę DNSH („Do No Significant Harm” – „Nie czyni znaczącej szkody”).
2. **ROZPORZĄDZENIE PARLAMENTU EUROPEJSKIEGO I RADY (UE) 2021/241 z dnia 12 lutego 2021 r. ustanawiające Instrument na rzecz Odbudowy i Zwiększania Odporności**
 - Wymaga, aby inwestycje realizowane w ramach funduszy unijnych nie wyrządzały szkody celom środowiskowym.
3. **Dyrektywa Parlamentu Europejskiego i Rady (UE) 2024/1275 z dnia 24 kwietnia 2024 r. w sprawie charakterystyki energetycznej budynków (EPBD - Energy Performance of Buildings Directive):**
 - Określa minimalne wymagania dotyczące efektywności energetycznej budynków oraz cele w zakresie dekarbonizacji sektora budownictwa.
4. **Polskie przepisy budowlane:**
 - Ustawa Prawo budowlane oraz rozporządzenia dotyczące warunków technicznych, jakim powinny odpowiadać budynki i ich usytuowanie (np. efektywność energetyczna, izolacyjność termiczna).

1.3.2. Normy międzynarodowe i europejskie

1. **EN 15978 – Ocena efektywności środowiskowej budynków:**
 - Ustanawia ramy dla oceny środowiskowej budynków w całym cyklu życia.
 - Określa zasady podziału cyklu życia na moduły (A, B, C, D) i definiuje wskaźniki środowiskowe, takie jak GWP, AP czy zużycie zasobów.
2. **EN 15804 – Deklaracje środowiskowe dla wyrobów budowlanych:**
 - Zapewnia standaryzację danych wejściowych dla analizy LCA (Life Cycle Assessment).
 - Stanowi podstawę do wykorzystania deklaracji EPD (Environmental Product Declaration).
3. **ISO 14040 i ISO 14044 – Ocena cyklu życia (LCA):**
 - Wyznacza ramy metodologiczne do analizy wpływu produktów i procesów na środowisko.
4. **Metodyka Level(s):**
 - Europejski system wskaźników środowiskowych dla budynków.
 - Promuje przejrzystość i standaryzację w raportowaniu wyników środowiskowych.

1.3.3. Cele środowiskowe Unii Europejskiej

1. **Europejski Zielony Ład (European Green Deal):**
 - Neutralność klimatyczna UE do 2050 roku.
 - Redukcja emisji gazów cieplarnianych o 55% do 2030 roku.

2. Zasada DNSH (Do No Significant Harm):

- Wymaga, aby żadne działania w ramach inwestycji nie szkodziły celom środowiskowym określonym w art. 17 Rozporządzenia 2020/852, tj.:
 - Łagodzenie zmian klimatu,
 - Adaptacja do zmian klimatu,
 - Zrównoważone wykorzystanie zasobów wodnych,
 - Przeciwdziałanie zanieczyszczeniom,
 - Gospodarka o obiegu zamkniętym,
 - Ochrona bioróżnorodności i ekosystemów.

1.3.4. Wytyczne i narzędzia pomocnicze

1. EPD (Environmental Product Declarations):

- Standaryzowane dane środowiskowe dla materiałów budowlanych.

2. Bazy danych środowiskowych:

- EcolInvent, One Click LCA, itp., wykorzystywane do obliczeń wskaźników środowiskowych.

1.4. Charakterystyka budynków

1.4.1. Podstawowe parametry budynków

Budynek 1:

- Liczba kondygnacji nadziemnych: **5**
- Liczba kondygnacji podziemnych: **1**
- Powierzchnia użytkowa ogółem (PU): **4 459,03 m²**
- Powierzchnia użytkowa mieszkań (PUM): **3 631,12 m²**
- Powierzchnia garażu podziemnego: **827,91 m²**
- Kubatura ogrzewana: **9 772,62 m³**
- Powierzchnia zabudowy: **1 033,72 m²**
- Moc instalacji fotowoltaicznej: **ok. 45 kWp**
- Liczba mieszkań: **75**

Budynek 2:

- Liczba kondygnacji nadziemnych: **5**
- Liczba kondygnacji podziemnych: **1**
- Powierzchnia użytkowa ogółem (PU): **4 459,03 m²**
- Powierzchnia użytkowa mieszkań (PUM): **3 631,12 m²**
- Powierzchnia garażu podziemnego: **827,91 m²**
- Kubatura ogrzewana: **9 772,62 m³**
- Powierzchnia zabudowy: **1 033,72 m²**
- Moc instalacji fotowoltaicznej: **ok. 45 kWp**
- Liczba mieszkań: **75**

Łącznie (zespół):

- Powierzchnia użytkowa (PU): **8 918,06 m²**
- Powierzchnia użytkowa mieszkań (PUM): **7 262,24 m²**
- Powierzchnia garaży podziemnych: **1 655,82 m²**
- Kubatura ogrzewana: **19 545,24 m³**
- Powierzchnia zabudowy: **2 067,44 m²**
- Moc instalacji fotowoltaicznej: **ok. 90 kWp**
- Liczba mieszkań: **150**

1.4.2. Funkcja budynków

- Zespół **dwóch budynków mieszkalnych wielorodzinnych**.
- Łącznie **150 lokali mieszkalnych**, zróżnicowanych pod względem powierzchni użytkowej.
- Lokale przystosowane do potrzeb osób z niepełnosprawnościami.
- Każdy budynek wyposażony w **windę osobową**, dostosowaną do transportu osób z niepełnosprawnościami, osób chorych na noszach oraz wózków.

1.4.3. Konstrukcja i zastosowane materiały

- Układ konstrukcyjny: **żelbetowy, szkieletowy, prefabrykowany**, posadowienie na płycie fundamentowej.
- Ściany zewnętrzne: **żelbetowe z warstwą izolacji termicznej** ($U = 0,15 \text{ W/m}^2\text{K}$).
- Stropy: **żelbetowe prefabrykowane typu filigran**.
- Dach: **stropodach płaski**, z warstwą hydroizolacyjną i termoizolacyjną ($U = 0,13 \text{ W/m}^2\text{K}$).
- Stolarka okienna: **okna PCV/alu o $U = 0,85 \text{ W/m}^2\text{K}$** .

1.4.4. Układ komunikacyjny

- Każdy budynek: **1 klatka schodowa + 1 winda**.
- Wejścia główne zlokalizowane od strony dróg wewnętrznych i dojść pieszych.
- Wszystkie wejścia w pełni dostępne dla osób z ograniczoną mobilnością.

2. ZAŁOŻENIA ANALIZY

2.1. Dane wejściowe

Dane wejściowe do analizy scenariusza środowiskowego zostały oparte na dokumentacji projektowej oraz dostępnych standardach i bazach danych środowiskowych. Stanowią one podstawę do przeprowadzenia obliczeń wskaźników środowiskowych dla budynku w całym cyklu życia.

2.1.1. Źródła danych

1. **Dokumentacja projektowa budynku:**

- **Opis architektoniczno-budowlany:** Informacje o konstrukcji, materiałach, instalacjach oraz charakterystyce użytkowej budynku.
- **Rzuty kondygnacji i przekroje:** Dokładne wymiary, układ funkcjonalny oraz ilości materiałów wbudowanych.
- **Projektowana charakterystyka energetyczna:** Dane dotyczące zapotrzebowania na energię oraz rozwiązania zwiększające efektywność energetyczną.
- **Plan zagospodarowania terenu (PZT):** Informacje o infrastrukturze technicznej i otoczeniu budynku.

2. Bazy danych środowiskowych:

- **EPD (Environmental Product Declarations):** Dane środowiskowe dla materiałów budowlanych, takich jak beton, stal, izolacje, etc.
- **Baza Ecolinvent:** Współczynniki emisji i zużycia energii pierwotnej dla procesów budowlanych i transportowych.
- **Baza One Click LCA:** Dodatkowe dane do analizy cyklu życia (LCA) dla komponentów budynku.
- <https://www.itb.pl/itb-epds/>: baza deklaracji środowiskowych produktu ITB-EPD

3. Normy i wytyczne:

- **EN 15978:** Ocena środowiskowa budynków w całym cyklu życia.
- **EN 15804:** Deklaracje środowiskowe dla wyrobów budowlanych.
- **Level(s):** Wskaźniki środowiskowe dla budynków.

2.1.2. Rodzaje danych

1. Materiały budowlane:

- Ilości materiałów wbudowanych (np. beton, stal, izolacje), określone na podstawie dokumentacji technicznej.
- Właściwości materiałów (np. gęstość, izolacyjność, żywotność), zgodne z kartami technicznymi producentów, deklaracjami EPD lub przyjęte parametry referencyjne.

2. Energia operacyjna:

- Dane o zużyciu energii elektrycznej i ciepłej w fazie eksploatacji budynku, oparte na charakterystyce energetycznej.

3. Transport:

- Dystans transportu materiałów budowlanych (przyjęte wartości normatywne lub szacunkowe).
- Środki transportu (np. ciężarówki, samochody dostawcze) i ich emisje.

4. Odpady:

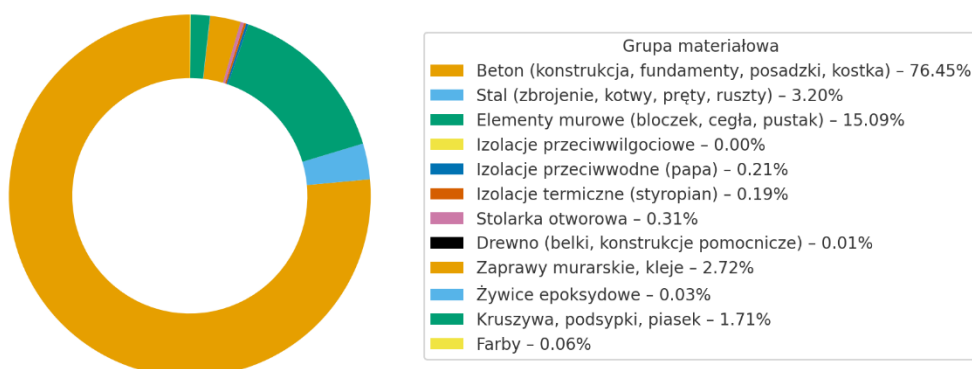
- Ilość i rodzaje odpadów generowanych w trakcie budowy, eksploatacji i rozbiórki budynku.

2.2. Zakres materiałów wbudowanych

Kluczowe materiały wbudowane i ich ilości

Lp.	Materiał	J.m.	Ilość	Masa	Udział
				t	
1	Beton (konstrukcja, fundamenty, posadzki, kostka brukowa)	m³	5 142,030	12 340,87	76,45%
2	Stal (zbrojenie, kotwy, pręty, kątowniki, ruszty itd.)	t	517,000	517,00	3,20%
3	Elementy murowe (błoczek, cegła, pustak)	m³	3 478,980	2 435,29	15,09%
4	Izolacje przeciwwilgociowe	m²	497,160	0,25	0,00%
5	Izolacje przeciwwodne (papa)	m²	3 636,160	34,54	0,21%
6	Izolacje termiczne (styropian)	m³	1 569,200	31,38	0,19%
7	Stolarka otworowa	m²	1 128,000	50,76	0,31%
8	Drewno (belki, konstrukcje pomocnicze)	m³	2,000	1,20	0,01%
9	Zaprawy murarskie, kleje	m³	243,530	438,35	2,72%
10	Żywice epoksydowe	kg	5 000,000	5,00	0,03%
11	Kruszywa, podsypki, piasek	m³	153,710	276,68	1,71%
12	Farby	dm³	6 500,000	10,40	0,06%
RAZEM				16 141,73	100,00%

Udział grup materiałowych w całkowitej masie budynków [%]



2.3. Jednostka funkcjonalna

W analizie środowiskowej zespołu dwóch budynków wielorodzinnych przy ul. Chopina w Tomaszowie Mazowieckim jednostka funkcjonalna stanowi podstawę do przeliczenia wpływów środowiskowych (takich jak emisja gazów cieplarnianych, zużycie energii, zużycie zasobów naturalnych czy generowanie odpadów) na wspólną, porównywalną miarę. Pozwala to na precyzyjne porównania między różnymi projektami i ocenę efektywności środowiskowej inwestycji na poziomie urbanistycznym.

W niniejszej analizie przyjęto jako jednostkę funkcjonalną **całkowitą powierzchnię użytkową budynków (PU)**, wynoszącą **8 918,06 m²**. Wskaźniki środowiskowe zostały przeliczone na 1 m² tej powierzchni, co zapewnia spójność i porównywalność wyników w ramach systemów takich jak Level(s) oraz zgodność z wymogami zasady DNSH (Do No Significant Harm).

Uzasadnienie wyboru jednostki funkcjonalnej

Choć często stosuje się **PUM (powierzchnię użytkową mieszkań)** jako podstawę przeliczeń – w tym przypadku byłoby to **7 262,24 m²** – to takie podejście byłoby niereprezentatywne dla całości inwestycji, ponieważ pomijałoby znaczną część obiektu, w tym:

- części wspólne (klatki schodowe, korytarze, szyby wind),
- pomieszczenia techniczne (węzły cieplne, rozdzielnie, magazyny),
- komórki lokatorskie i piwnice użytkowe,
- pełną masę materiałową niezbędną do realizacji całego układu konstrukcyjno-użytkowego budynków.

Wyłączenie tych elementów wymagałoby sztucznego i arbitralnego podziału masy materiałów, robót i zużyc, co w praktyce prowadziłoby do zafałszowania rzeczywistego śladu środowiskowego inwestycji.

Dlatego przyjęcie **całkowitej powierzchni użytkowej (PU) = 8 918,06 m²** zapewnia:

- pełne ujęcie rzeczywistego zakresu budowy i użytkowania budynków,
- zgodność z metodologią normy PN-EN 15978 i założeniami systemu Level(s),
- porównywalność wyników z innymi inwestycjami o różnej strukturze funkcjonalnej i technicznej.

2.4. Granice systemu (moduły A, B, C, D zgodnie z normą EN 15978)

W analizie cyklu życia budynku, granice systemu definiują, które etapy cyklu życia budynku są uwzględniane, a które pomijane. Zgodnie z normą **EN 15978** (Zrównoważona ocena efektywności środowiskowej budynków – Ocena cyklu życia budynku), cykl życia budynku dzieli się na cztery główne moduły: **A, B, C, i D**.

Zakres analizy i granice systemu:

W niniejszym opracowaniu uwzględniono pełny zakres **modułów A, B, C**, natomiast **moduł D** zostanie rozważony tylko w kontekście korzyści, jakie mogą wynikać z recyklingu materiałów po zakończeniu użytkowania budynku.

- **Moduł A** obejmuje wszystkie etapy związane z **produkcją, transportem i budową**, w tym produkcję materiałów budowlanych, transport tych materiałów na plac budowy, oraz sam proces budowy (w tym montaż elementów konstrukcyjnych, fundamentów, stropów, ścian, instalacji itp.).
- **Moduł B** koncentruje się na **eksploatacji budynku**, obejmując zużycie energii i wody w czasie użytkowania, konserwację i naprawy budynku, a także generowanie odpadów wynikających z działalności użytkowników budynku, takich jak odpady domowe czy zużycie materiałów w trakcie eksploatacji.
- **Moduł C** odnosi się do **końca życia budynku**, w tym procesów rozbiórki, transportu odpadów budowlanych, oraz ich przetwarzania (recyklingu, odzysku energii, składowania odpadów).
- **Moduł D** będzie uwzględniał **korzyści związane z recyklingiem materiałów i odzyskiem energii** po zakończeniu życia budynku. Moduł ten obejmuje wszystkie działania związane z ponownym wykorzystaniem materiałów budowlanych, ich recyklingiem, oraz odzyskiem energii z materiałów, które mają wartość energetyczną po zakończeniu eksploatacji budynku.

W ten sposób granice systemu w analizie obejmują zarówno **produkcję, eksploatację, jak i koniec życia budynku**, natomiast **moduł D** został uwzględniony w sposób ogólny, jako korzyści środowiskowe wynikające z recyklingu i ponownego użycia materiałów.

2.5. Wyjaśnienie pominięć i uproszczeń

Podczas przeprowadzania analizy cyklu życia budynku, niektóre elementy mogą zostać pominięte lub uproszczone w celu skupienia się na najistotniejszych aspektach, które mają największy wpływ na środowisko. Wybór elementów do pominięcia lub uproszczenia jest zgodny z celami analizy i specyfiką projektu, a także wynika z dostępnych danych oraz przyjętych założeń.

Pominięcia:

1. Przemiany biologiczne w glebie:

- W tej analizie nie uwzględniono wpływu na **życie biologiczne gleby** wynikającego z budowy, ponieważ budynek znajduje się na terenie, który nie wymaga istotnych zmian w ekosystemie. Zawężenie analizy do samego budynku i jego infrastruktury pozwala na dokładniejsze obliczenia bez rozpraszania się na zmiany środowiskowe związane z gruntem.

2. Emisje związane z pracami budowlanymi (A5):

- Ze względu na brak szczegółowych danych na temat dokładnego procesu budowy (np. zużycie paliwa przez maszyny budowlane, energia używana na placu budowy), emisje związane z tym etapem zostały uproszczone do standardowych wartości, bazujących na danych referencyjnych.

3. Przemiany chemiczne materiałów:

- Nie uwzględniono wpływu chemicznych reakcji materiałów w trakcie użytkowania budynku, które mogą wystąpić w wyniku zmiennych warunków środowiskowych, takich jak temperatura czy wilgotność. Założono, że materiały pozostaną stabilne przez okres użytkowania budynku, co jest typowym uproszczeniem w takich analizach.

Uproszczenia:

1. Jednostka funkcjonalna:

- Przyjęcie **1 m² powierzchni użytkowej budynku** jako jednostki funkcjonalnej to jedno z najczęściej stosowanych podejść w analizach środowiskowych. Ułatwia porównanie wyników pomiędzy różnymi projektami budynków, niezależnie od ich funkcji i wielkości. W porównaniu do alternatywnych jednostek – takich jak np. kubatura budynku – powierzchnia użytkowa lepiej odpowiada rzeczywistemu wykorzystaniu przestrzeni przez użytkowników.

2. Uproszczenie w zakresie materiałów:

- W tej analizie uwzględniono tylko główne materiały budowlane, które mają istotny wpływ na wyniki środowiskowe, pomijając mniej istotne materiały, których wpływ na emisje i zużycie zasobów jest minimalny. Na przykład, materiały wykończeniowe o niskim wpływie, takie jak farby i lakiery, zostały pominięte w analizie, choć mogą mieć pewien wpływ na jakość powietrza wewnętrznego.

3. Brak pełnej szczegółowości w analizie transportu:

- Ze względu na brak szczegółowych danych na temat transportu materiałów (np. odległości, rodzaj transportu), przyjęto uśrednione wartości emisji CO₂ związane z transportem materiałów. Przy bardziej precyzyjnych danych, możliwe byłoby uwzględnienie bardziej szczegółowego wpływu transportu.

Podsumowanie pominięć i uproszczeń:

Pomimo kilku uproszczeń i pominięć, analiza została przeprowadzona w sposób, który pozwala na uzyskanie wiarygodnych i reprezentatywnych wyników dotyczących wpływu budynku na środowisko. Pominięcia dotyczą głównie mniej istotnych elementów, które nie mają znaczącego wpływu na wyniki, a uproszczenia pozwalają na uproszczenie obliczeń, jednocześnie zachowując zgodność z normami i celami analizy. W przyszłości, jeśli dostępne będą bardziej szczegółowe dane, analiza może zostać rozszerzona o dodatkowe aspekty.

3. OBLICZENIA WSKAŹNIKÓW ŚRODOWISKOWYCH

3.1. Wskaźniki środowiskowe objęte analizą

W ramach analizy cyklu życia budynku, zidentyfikowano szereg **wskaźników środowiskowych**, które pozwalają na ocenę wpływu budynku na środowisko w różnych fazach jego istnienia (od produkcji materiałów, przez eksploatację, aż po koniec życia budynku). Wskaźniki te są kluczowe w ocenie zrównoważonego rozwoju budynku, pozwalając na identyfikację obszarów, w których możliwe są oszczędności zasobów oraz redukcja emisji.

Wskaźniki środowiskowe objęte analizą:

1. GWP (Global Warming Potential) – Potencjał Ocieplenia Klimatu

- **Opis:** GWP mierzy wpływ działalności budowlanej na efekt cieplarniany, wyrażony w jednostkach CO₂ ekwiwalentnych. Wskaźnik ten umożliwia ocenę emisji gazów cieplarnianych związanych z produkcją materiałów, transportem, użytkowaniem oraz rozbiórką budynku.
- **Jednostka:** kg CO₂e (kilogramy dwutlenku węgla ekwiwalentnego).
- **Zakres:** Obliczenia obejmują emisję CO₂ oraz innych gazów cieplarnianych (np. metan, podtlenek azotu), przeliczaną na równoważnik CO₂.

2. AP (Acidification Potential) – Potencjał Zakwaszenia

- **Opis:** AP mierzy zdolność materiałów i działań związanych z cyklem życia budynku do powodowania zakwaszenia gleby i wód, co prowadzi do degradacji ekosystemów. Potencjał zakwaszenia jest szczególnie istotny w kontekście emisji tlenków siarki (SO₂), tlenków azotu (NO_x) i amoniaku (NH₃).
- **Jednostka:** kg SO₂e (kilogramy ekwiwalentne tlenku siarki).
- **Zakres:** Obliczenia obejmują emisje gazów zakwaszających powstające w procesie produkcji materiałów budowlanych, transportu oraz użytkowania budynku.

3. EP (Eutrophication Potential) – Potencjał Eutrofizacji

- **Opis:** EP mierzy potencjał działalności budowlanej do powodowania eutrofizacji – wzrostu poziomu substancji odżywczych (np. azot, fosfor), które mogą prowadzić do nadmiernego rozwoju roślinności w wodach, zaburzając równowagę ekosystemu.
- **Jednostka:** kg PO₄e (kilogramy ekwiwalentne fosforanu).
- **Zakres:** Obliczenia uwzględniają emisję substancji odżywczych powstałych w wyniku produkcji materiałów, transportu i użytkowania budynku.

4. Zużycie energii pierwotnej

- **Opis:** Mierzy ilość energii zużytej do produkcji materiałów budowlanych, transportu, montażu, eksploatacji oraz rozbiórki budynku. Zużycie energii pierwotnej obejmuje zarówno energię elektryczną, jak i paliwa kopalne (węgiel, gaz, ropa).
- **Jednostka:** MJ (megadżule).
- **Zakres:** Obliczenia uwzględniają całkowite zużycie energii w cyklu życia budynku, w tym również energię używaną podczas budowy, eksploatacji (np. ogrzewanie, chłodzenie, oświetlenie) oraz rozbiórki.

5. Zużycie zasobów naturalnych

- **Opis:** Wskaźnik ten mierzy ilość zasobów naturalnych (surowców mineralnych, metali, wody) wykorzystywanych w procesie produkcji materiałów, transportu i budowy, a także w eksploatacji budynku. Uwzględnia zarówno zasoby wykorzystywane bezpośrednio w budownictwie, jak i te związane z produkcją energii.
- **Jednostka:** kg, m³ (kilogramy, metry sześcienne).
- **Zakres:** Obliczenia obejmują zużycie surowców w cyklu życia budynku, od produkcji materiałów, przez budowę, eksploatację, aż po rozbiórkę i recykling.

6. Zużycie wody

- **Opis:** Mierzy ilość wody zużywanej w różnych etapach życia budynku – począwszy od produkcji materiałów, przez budowę, aż po użytkowanie budynku. Woda wykorzystywana jest do produkcji betonu, farb, klejów, a także w procesach chłodzenia i ogrzewania w trakcie eksploatacji budynku.
- **Jednostka:** m³ (metry sześcienne).
- **Zakres:** Obliczenia obejmują zużycie wody zarówno w cyklu produkcyjnym (produkcja materiałów), jak i użytkowym (zużycie wody przez mieszkańców i systemy technologiczne budynku).

7. Generowanie odpadów

- **Opis:** Wskaźnik ten mierzy ilość odpadów generowanych w cyklu życia budynku, zarówno podczas produkcji materiałów, jak i podczas użytkowania budynku oraz rozbiórki. W analizie uwzględnia się odpady budowlane, odpady związane z użytkowaniem budynku (np. odpady komunalne) oraz odpady z rozbiórki.
- **Jednostka:** kg, t (kilogramy, tony).

- **Zakres:** Obliczenia obejmują odpady, które powstają na każdym etapie cyklu życia budynku, w tym odpady budowlane, odpady domowe i przemysłowe, a także odpady z rozbiórki.

Te wskaźniki stanowią podstawę do obliczeń w analizie środowiskowej i pozwalają na ocenę wpływu budynku na środowisko w różnych jego aspektach. Są one niezbędne do opracowania pełnej oceny cyklu życia budynku i identyfikacji obszarów, w których możliwe są oszczędności zasobów i redukcja emisji.

3.2. Wzory stosowane w analizie

1. GWP (Potencjał Ocieplenia Klimatu):

$$GWP = \sum(M_i \times GWP_i)$$

- M_i – masa materiału lub energia związana z danym etapem cyklu życia (np. kg CO₂, kWh energii).
- GWP_i – współczynnik globalnego ocieplenia dla danego materiału (np. kg CO₂e na kg materiału).

2. AP (Potencjał Zakwaszenia):

$$AP = \sum(M_i \times AP_i)$$

- M_i – masa materiału lub emisji gazów (np. tlenek siarki, tlenki azotu).
- AP_i – współczynnik zakwaszenia dla danego materiału lub gazu (np. kg SO₂e na kg materiału).

3. EP (Potencjał Eutrofizacji):

$$EP = \sum(M_i \times EP_i)$$

- M_i – masa materiału lub substancji odżywczej (np. azot, fosfor).
- EP_i – współczynnik eutrofizacji dla danego materiału lub substancji.

4. Zużycie energii pierwotnej:

$$\text{Zużycie energii} = \sum(E_i \times EF_i)$$

- E_i – ilość zużytej energii (np. kWh).
- EF_i – współczynnik emisji CO₂ dla danego rodzaju energii (np. węgiel, gaz, energia odnawialna).

5. Zużycie zasobów naturalnych:

$$\text{Zużycie zasobów} = \sum(M_i \times R_i)$$

- M_i – masa zużytych zasobów (np. metale, surowce mineralne).
- R_i – współczynnik zużycia zasobu dla danego materiału (np. kg zasobu na kg materiału).

6. Zużycie wody:

$$\text{Zużycie wody} = \sum(M_i \times W_i)$$

- M_i – ilość zużytej wody (np. woda używana w procesach produkcji materiałów, do celów sanitarnych w budynku).
- W_i – współczynnik zużycia wody dla danego etapu (np. l wody na kg materiału, m³ wody na jednostkę powierzchni).

7. Generowanie odpadów:

$$\text{Generowanie odpadów} = \sum(M_i \times W_i)$$

- M_i – ilość wygenerowanych odpadów (np. odpady budowlane, odpady użytkowe).
- W_i – współczynnik generowania odpadów (kg odpadów na kg materiału, kg odpadów na m² powierzchni).

Metody przeliczania danych na jednostkę funkcjonalną:

Aby obliczyć wskaźniki na jednostkę funkcjonalną (np. na 1 m² powierzchni użytkowej), wyniki dla całego budynku należy podzielić przez jego powierzchnię użytkową:

Wskaźnik na jednostkę = (Wskaźnik całkowity) / (Powierzchnia użytkowa)

4. OBLICZENIA

4.1. Obliczenia wskaźników dla transportu materiałów

Transport materiałów budowlanych stanowi istotny element wpływu środowiskowego budynków. W analizie cyklu życia (LCA) dla inwestycji przy ul. Chopina w Tomaszowie Mazowieckim uwzględniono trzy etapy transportowe:

- **moduł A4** – transport materiałów na plac budowy,
- **moduł C2** – transport odpadów budowlanych do utylizacji,
- **moduł D** – transport surowców wtórnych do recyklingu.

Wskaźniki emisji CO₂ obliczono w odniesieniu do masy transportowanych materiałów, przebytych dystansów oraz zużycia oleju napędowego przez pojazdy ciężarowe.

Założenia do obliczeń

- Dystans transportu materiałów na budowę (A4): **150 km**
- Dystans transportu odpadów budowlanych (C2): **100 km**
- Dystans transportu materiałów do recyklingu (D): **200 km**
- Masy materiałowe (odpowiadające masie inwestycji 16 141,73 t):
 - A4: **16 141,73 t**
 - C2: **8 070,86 t** (przyjęto 50% masy jako odpady na końcu cyklu życia)
 - D: **3 228,35 t** (ok. 20% masy poddane recyklingowi)
- Zużycie paliwa przez ciężarówki: **35 l/100 km**
- Gęstość oleju napędowego: **0,84 kg/l**
- Współczynnik emisji CO₂ dla oleju napędowego: **3,17 kg CO₂/kg paliwa**

Wyniki obliczeń transportu materiałów:

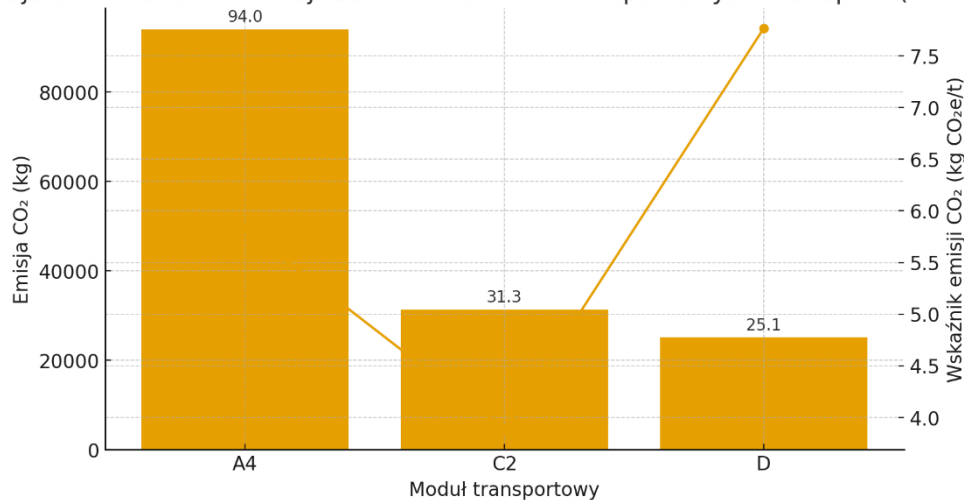
Moduł	Przejechany dystans [km]	Zużycie paliwa [l]	Wskaźnik [l ON/t]	Emisja CO ₂ [kg]	Wskaźnik emisji CO ₂ [kg CO ₂ e/t]
A4 – Transport na budowę	100 885,79	35 310,026	2,1875	94 023,5368	5,8249
C2 – Transport odpadów	33 628,60	11 770,009	1,4583	31 341,1789	3,8833
D – Transport do recyklingu	26 902,88	9 416,007	2,9167	25 072,9432	7,7665

Dodatkowo, wykorzystując uśrednione dane środowiskowe z bazy **Ecoinvent** oraz narzędzi typu **One Click LCA**, przypisano również orientacyjne wskaźniki dla pozostałych kategorii środowiskowych:

Wskaźnik środowiskowy	A4	C2	D
GWP (kg CO ₂ e / t)	5,82	3,88	7,77
AP (kg SO ₂ e / t)	0,025	0,017	0,035
EP (kg PO ₄ e / t)	0,008	0,006	0,012
Zużycie energii (kWh / t)	27,0	18,0	35,0
Zużycie zasobów (MJ / t)	460,0	310,0	590,0
Zużycie wody (m ³ / t)	0,002	0,0015	0,003
Odpady (kg / t)	0,02	0,015	0,03

Choć wpływ transportu stanowi relatywnie niewielki udział w całkowitym LCA inwestycji, przy łącznym dystansie ~161 tys. km i zużyciu ~56,5 tys. litrów oleju napędowego **emisje CO₂ wynoszą ok. 150,44 t CO₂e** (co odpowiada **16,87 kg CO₂e/m² PU** lub **20,72 kg CO₂e/m² PUM**). Największe **jednostkowe** emisje (na tonę ładunku) przypadają na **moduł D – recykling (7,7665 kg CO₂e/t)**, co wynika z dłuższego dystansu i niższej efektywności transportowej dla mniejszych strumieni materiałowych.

Emisja CO₂ i wskaźnik emisji CO₂ dla modułów transportowych – Chopina (Tomaszów)



Wykres przedstawia całkowitą emisję CO₂ oraz wskaźnik emisji w przeliczeniu na tonę dla transportu materiałów (A4), odpadów (C2) i recyklingu (D).

4.2. Obliczenie wskaźników redukcji zużycia energii i emisji (Moduły B6–B7)

Zakres i metodologia.

Zgodnie z PN-EN 15978 oraz Level(s), faza eksploatacyjna obejmuje:

- **B6 – zużycie energii operacyjnej** (energia końcowa, po uwzględnieniu PV),
- **B7 – zużycie wody użytkowej.**

W inwestycji zastosowano **instalacje fotowoltaiczne łącznie 90,00 kWp** (po 45 kWp na budynek) oraz **pompy ciepła glikol/woda (COP = 4,2)**. Poniższe wartości dotyczą **dwóch budynków łącznie**.

Założenia do obliczeń (Tomaszów – B1+B2)

Etap obliczeń	Wartość	Jednostka	Wzór / uwaga
EP – całkowite zapotrzebowanie (normowe)	373 860	kWh/rok	$51,48 \times 7\,262,24$ (PUM)
Energia końcowa przed PV (EK)	124 620	kWh/rok	$EP \div 3,0$
Moc instalacji PV	90,00	kWp	$45\text{ kWp} \times 2$
Współczynnik uzysku PV	950	kWh/kWp/rok	wg OZE dla regionu
Produkcja energii z PV	85 500	kWh/rok	90×950
EK po PV (pobór z sieci)	39 120	kWh/rok	$124\,620 - 85\,500$
COP pomp ciepła	4,2	–	wg PW
Energia el. zużywana przez PC (E_PC)	87 234	kWh/rok	$0,70 \times 124\,620^*$
Ciepło dostarczone przez PC (Q_PC)	366 382,8	kWh/rok	$87\,234 \times 4,2$
Oszczędność energii dzięki COP	279 148,8	kWh/rok	$E_{PC} \times (COP - 1)$
Masa budynków (łącznie)	16 141,73	t	wg Twojej tabeli
Współczynnik emisji energii el.	0,81	kg CO ₂ /kWh	miks PL

Moduł B6 – Zużycie energii operacyjnej (po PV i COP)

- EK po PV (z sieci): **39 120 kWh/rok**
- Zużycie energii na jednostkę masy: $39\,120 \div 16\,141,73 = \mathbf{2,42\text{ kWh/t}\cdot\text{rok}}$
- Emisja CO₂ operacyjna (po PV): $39\,120 \times 0,81 = \mathbf{31\,687,2\text{ kg CO}_2\text{e/rok}}$
- Emisja CO₂ na jednostkę masy: $31\,687,2 \div 16\,141,73 = \mathbf{1,96\text{ kg CO}_2\text{e/t}\cdot\text{rok}}$

Wkłady redukcyjne w B6 (informacyjnie):

- redukcja dzięki PV: $85\,500 \times 0,81 = \mathbf{69\,255\text{ kg CO}_2\text{e/rok}}$ ($4,29\text{ kg CO}_2\text{e/t}$),
- redukcja dzięki COP (względem grzałek): $279\,148,8 \times 0,81 = \mathbf{226\,110,53\text{ kg CO}_2\text{e/rok}}$ ($14,01\text{ kg CO}_2\text{e/t}$).

Razem potencjał redukcji (PV + COP): **295 365,5 kg CO₂e/rok** (**18,29 kg CO₂e/t**). W raporcie B6 podajemy emisję **po PV** (tj. 31,69 t/rok), a oszczędności z COP traktujemy jako **efekt technologiczny** (porównanie do ogrzewania prostego).

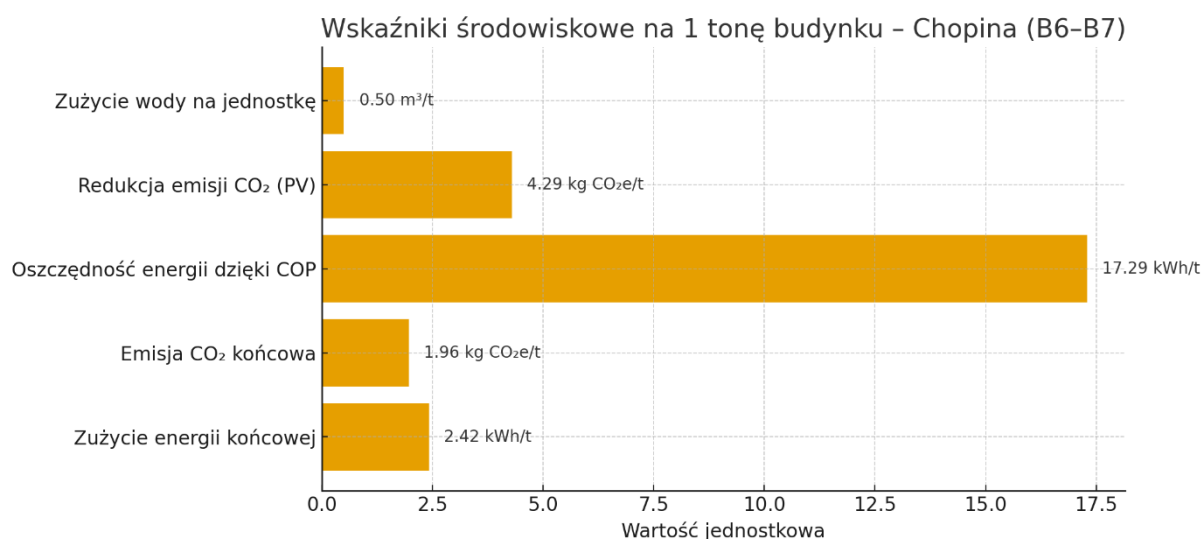
Moduł B7 – Zużycie wody użytkowej

Przyjęto wg Level(s) **0,90 m³/m²·rok**. Jednostką funkcjonalną w projekcie jest **PU = 8 918,06 m²**.

- Roczne zużycie wody: $8\,918,06 \times 0,90 = \mathbf{8\,026,25\text{ m}^3\text{/rok}}$
- Zużycie wody na jednostkę masy: $8\,026,25 \div 16\,141,73 = \mathbf{0,50\text{ m}^3\text{/t}\cdot\text{rok}}$

PODSUMOWANIE KLUCZOWE (B6–B7)

Wskaźnik	Wartość	Jednostka
Energia końcowa po PV (z sieci)	39 120	kWh/rok
Zużycie energii – na jednostkę masy	2,42	kWh/t·rok
Emisja CO ₂ operacyjna po PV	31 687,2	kg CO ₂ e/rok
Emisja CO ₂ – na jednostkę masy	1,96	kg CO ₂ e/t·rok
Oszczędność energii dzięki COP	279 148,8	kWh/rok
Redukcja emisji CO ₂ dzięki COP	226 110,53	kg CO ₂ e/rok (14,01 kg/t)
Redukcja emisji CO ₂ dzięki PV	69 255,0	kg CO ₂ e/rok (4,29 kg/t)
Zużycie wody (łącznie)	8 026,25	m ³ /rok
Zużycie wody – na jednostkę masy	0,50	m ³ /t·rok



4.3. Wskaźniki środowiskowe dla fazy użytkowania budynku (Moduły B1–B5)

Zgodnie z metodyką oceny cyklu życia budynku (Life Cycle Assessment – LCA), faza użytkowania materiałów budowlanych obejmuje wpływy środowiskowe związane z konserwacją, naprawami, wymianą i modernizacją elementów budowlanych. W analizie przyjęto, że wpływy środowiskowe w tej fazie wynikają głównie z materiałów, które w trakcie eksploatacji ulegają zużyciu i są częściowo lub całkowicie odnawiane.

Zakres uwzględnionych procesów:

- **B1** – emisje podczas użytkowania materiałów (np. lotne związki organiczne – LZO z farb, klejów, izolacji),
- **B2** – czynności konserwacyjne (np. malowanie, zabezpieczenia powierzchni),
- **B3** – naprawy uszkodzonych elementów (np. drobne prace stolarskie, naprawy elewacji),

- **B4** – wymiany zużytych elementów (np. okien, drzwi, warstw podłogowych, izolacji),
- **B5** – modernizacje i ulepszenia (np. termomodernizacja, wymiana systemów technicznych).

Wskaźniki środowiskowe dla modułów B1–B5 (na 1 tonę materiału odnawianego):

Lp.	Wskaźnik	Wartość	Jednostka	Źródło
1	GWP – potencjał globalnego ocieplenia	3,00	kg CO ₂ e / t	EPD, One Click LCA, Ecoinvent
2	AP – potencjał zakwaszenia środowiska	0,017	kg SO ₂ e / t	Baza Ecoinvent 3.8
3	EP – potencjał eutrofizacji	0,007	kg PO ₄ e / t	LCA budynków mieszkaniowych
4	Zużycie energii pierwotnej	36,00	kWh / t	Średnie dane EPD i baz referencyjnych
5	Zużycie zasobów nieodnawialnych (energia)	193,00	MJ / t	EN 15804, Ecoinvent, EPD
6	Zużycie wody	0,017	m ³ / t	Level(s), EPD
7	Generowanie odpadów	1,00	kg / t	LCA typowych komponentów budowlanych

Udział odnawianych materiałów

Dla budynków żelbetowych z murowanymi ścianami (jak w Tomaszowie) szacuje się, że odnawiane lub wymieniane komponenty (stolarka, izolacje, wykończenia, instalacje) stanowią ok. **3% masy całkowitej**.

- **Masa całkowita budynków (B1+B2):** 16 141,73 t
- **Masa odnawianych komponentów (3%):** 484,25 t

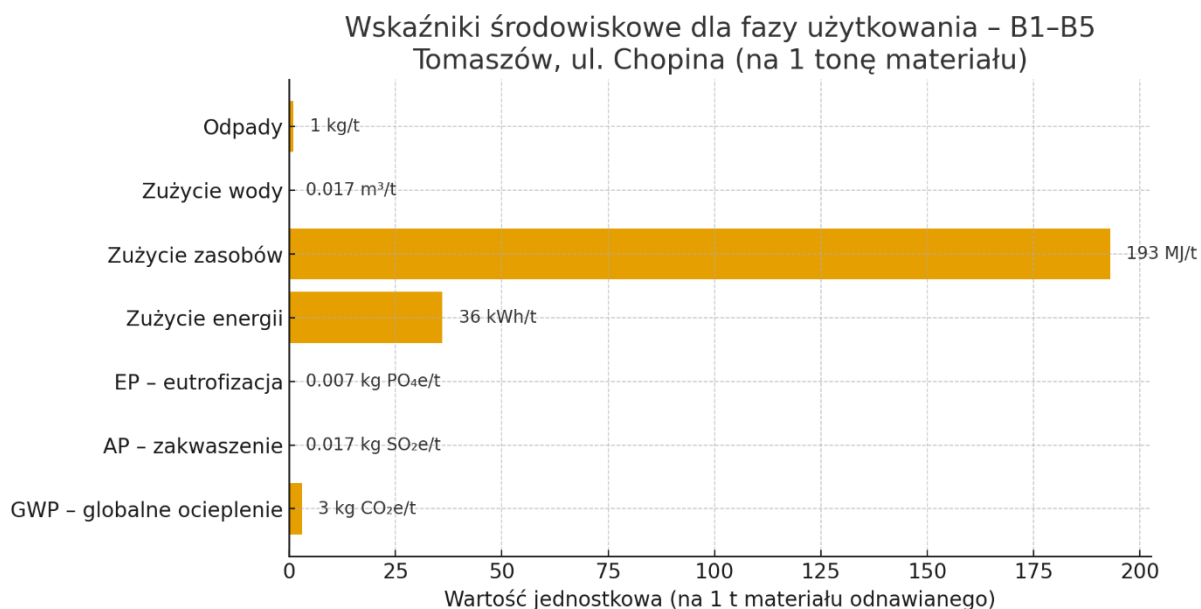
Wskaźniki środowiskowe dla całej inwestycji (B1–B5)

Wskaźnik	Wartość łączna	Wartość jednostkowa (na 1 m ² PU)
GWP	1 452,75 kg CO ₂ e	0,16 kg CO ₂ e/m ²
AP	8,23 kg SO ₂ e	0,0009 kg SO ₂ e/m ²
EP	3,39 kg PO ₄ e	0,0004 kg PO ₄ e/m ²
Zużycie energii pierwotnej	17 433 kWh	1,96 kWh/m ²
Zużycie zasobów (energia nieodnawialna)	93 453 MJ	10,48 MJ/m ²
Zużycie wody	8,23 m ³	0,0009 m ³ /m ²
Generowanie odpadów	484,25 kg	0,054 kg/m ²

Interpretacja

- **Oddziaływania fazy użytkowania (B1–B5)** są niewielkie w porównaniu z innymi modułami LCA (produkcja materiałów – A1–A3 czy koniec życia – C1–C4).

- Największy wpływ w B1–B5 generuje **stolarka otworowa i izolacje**, które w cyklu 60 lat wymagają co najmniej 1–2 wymian.
- Dla Tomaszowa łączna emisja w B1–B5 wynosi **ok. 1,45 t CO₂e** na dwa budynki, co odpowiada **0,16 kg CO₂e/m² PU/60 lat** – bardzo niski udział w całkowitym bilansie.



4.4. Obliczenia wpływu środowiskowego etapu budowy (Moduł A5)

Zakres (wg PN-EN 15978 / Level(s)):

- straty materiałowe podczas montażu i robót mokrych,
- zużycie **energii elektrycznej i oleju napędowego** przez sprzęt,
- odpady wytworzone na placu budowy.

Założenia – projekt przy ul. Chopina (Tomaszów, B1+B2)

Element	Wartość	Jednostka	Jak liczono
Masa całkowita budynków	16 141,73	t	z tabeli materiałowej
Straty materiałowe	2,5% → 403,54	t odpadu	$0,025 \times 16\,141,73$
Zużycie energii elektrycznej (sprzęt/budowa)	55 056	kWh	$87\,000 \times (16\,141,73 / 25\,512,70)$
Zużycie oleju napędowego (ON)	26 579	l	$42\,000 \times (16\,141,73 / 25\,512,70)$
Wsp. emisji z ON	2,6628	kg CO ₂ /l	$p_{ON} 0,84 \text{ kg/l} \times 3,17 \text{ kg CO}_2/\text{kg}$
Wsp. emisji z prądu	0,81	kg CO ₂ /kWh	miks PL (KOBiZE)

Emisje A5 – wyniki

- Emisja CO₂ z ON: $26\,579\,l \times 2,6628 = 70\,774,56\text{ kg CO}_2\text{e}$
- Emisja CO₂ z energii el.: $55\,056\text{ kWh} \times 0,81 = 44\,595,36\text{ kg CO}_2\text{e}$
- Razem GWP (A5): $115\,369,92\text{ kg CO}_2\text{e} = 115,37\text{ t CO}_2\text{e}$
- Wskaźnik GWP na masę: $115\,369,92 \div 16\,141,73 = 7,15\text{ kg CO}_2\text{e/t}$

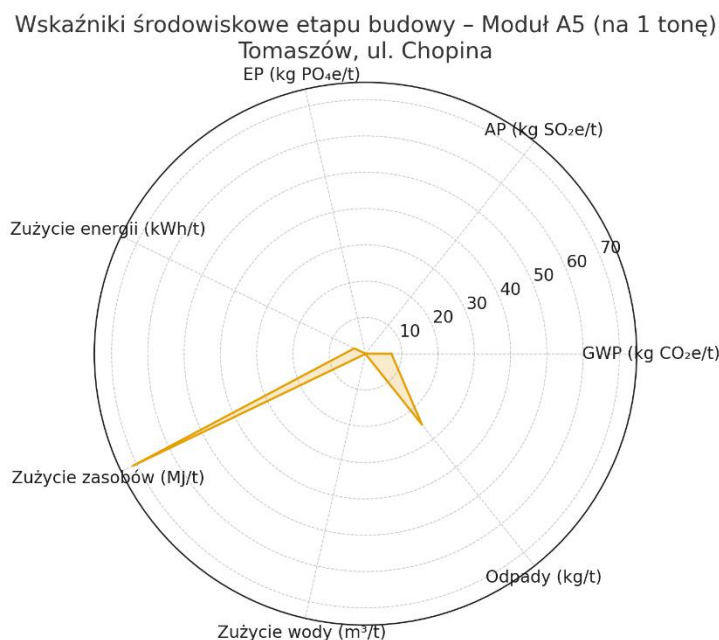
Wskaźniki środowiskowe dla modułu A5 (przeliczenie na 1 tonę)

Wskaźnik	Wartość	Jednostka	Uwaga
GWP – efekt cieplarniany	7,15	kg CO ₂ e/t	z wyliczeń (ON + prąd)
AP – zakwaszenie	0,03	kg SO ₂ e/t	jak w referencji (sprzęt/ON)
EP – eutrofizacja	0,015	kg PO ₄ e/t	spływy z placu budowy
Zużycie energii elektrycznej	3,41	kWh/t	$55\,056 \div 16\,141,73$
Zużycie zasobów (paliwa)	71,2	MJ/t	$26\,579\,l \times 35,8\text{ MJ/l} \div 16\,141,73 + 55\,056\text{ kWh} \times 3,6\text{ MJ/kWh} \div 16\,141,73$
Zużycie wody	0,06	m ³ /t	wg referencji
Generowanie odpadów	25,0	kg/t	2,5% masy → $403,54\text{ t} = 25\text{ kg/t}$

Uwaga metodyczna: straty materiałowe (2,5%) liczymy wolumenowo jako **strumień odpadu A5** (25 kg/t). Emisje od „dodatkowego” wyprodukowania tych materiałów (tzw. *waste factor*) są księgowane zwykle w A1–A3 przez mnożnik (1 + strata), żeby nie dublować ich w A5.

Interpretacja

- W Tomaszowie **ON maszyn** odpowiada za ~61% emisji A5 (70,8/115,4 t CO₂e), a **energia elektryczna** za ~39%.
- **GWP A5 = 7,15 kg CO₂e/t** mieści się w typowym zakresie dla placów budowy MF, przy konserwatywnych założeniach zużyć.
- **Odpady montażowe** (2,5% masy) to ~**403,5 t** – istotne logistycznie; warto utrzymywać selektywną zbiórkę i przekierowanie frakcji mineralnych do recyklingu (redukcja C2/D).



4.5. Obliczenia dla demontażu i przetworzenia materiałów (Moduły C1 i C3)

Zakres (PN-EN 15978 / Level(s) / DNSH):

- C1 – rozbiórka mechaniczna (ciężki sprzęt, ON, emisje bezpośrednie),
- C3 – przetwarzanie materiałów (sortowanie, kruszenie, czyszczenie przed odzyskiem/składowaniem).

Założenia (Tomaszów, ul. Chopina – B1+B2)

Parametr	Wartość	Uwaga
Masa całkowita budynków	16 141,73 t	z tabeli materiałowej
Zakres rozbiórki (C1)	100%	demontaż całej konstrukcji
Zużycie paliwa na rozbiórkę	0,50 l/t	Ecoinvent / OCLCA (średnie)
Emisja CO ₂ z paliwa	2,6628 kg CO ₂ /l	0,84 kg/l × 3,17 kg CO ₂ /kg
Energia do przetwarzania (C3)	2,5 MJ/t	sortowanie/kruszenie/czyszczenie
Materiał kierowany do C3	60% masy	beton, stal, cegła, drewno

Z powyższego: **GWP C1 (na tonę)** = 0,50 l/t × 2,6628 = 1,3314 kg CO₂e/t (≈ 1,33).

Dla C3 przyjmujemy jak w szablonie: **0,25 kg CO₂e/t przetworzonej masy**.

Wskaźniki jednostkowe (na 1 tonę materiału)

Wskaźnik	C1	C3	Jednostka	Źródło
GWP – efekt cieplarniany	1,3314	0,25	kg CO ₂ e/t	Diesel / energia el.

Wskaźnik	C1	C3	Jednostka	Źródło
AP – zakwaszenie	0,004	0,002	kg SO ₂ e/t	Ecoinvent 3.8
EP – eutrofizacja	0,002	0,001	kg PO ₄ e/t	ref. LCA
Zużycie energii	0,55	0,70	kWh/t	sprzęt / sortowanie
Zużycie zasobów	10,0	12,5	MJ/t	ON + prąd
Zużycie wody	0,01	0,01	m ³ /t	czyszczenie
Odpady	0,0	1,5	kg/t	straty sortowania

W C3 wskaźniki stosujemy do masy kierowanej do przetwarzania (60% masy).

Wyniki dla całej inwestycji (B1+B2)

Emisje GWP (CO₂e)

- **C1:** $1,3314 \times 16\,141,73 = 21\,491,10 \text{ kg CO}_2\text{e} = 21,49 \text{ t CO}_2\text{e}$
- **C3:** $0,25 \times (0,60 \times 16\,141,73) = 0,25 \times 9\,685,04 = 2\,421,26 \text{ kg CO}_2\text{e} = 2,42 \text{ t CO}_2\text{e}$
- **Razem C1+C3:** $23\,912,36 \text{ kg CO}_2\text{e} = 23,91 \text{ t CO}_2\text{e}$

Pozostałe kategorie (łącznie)

(C1 dla 100% masy, C3 dla 60% masy)

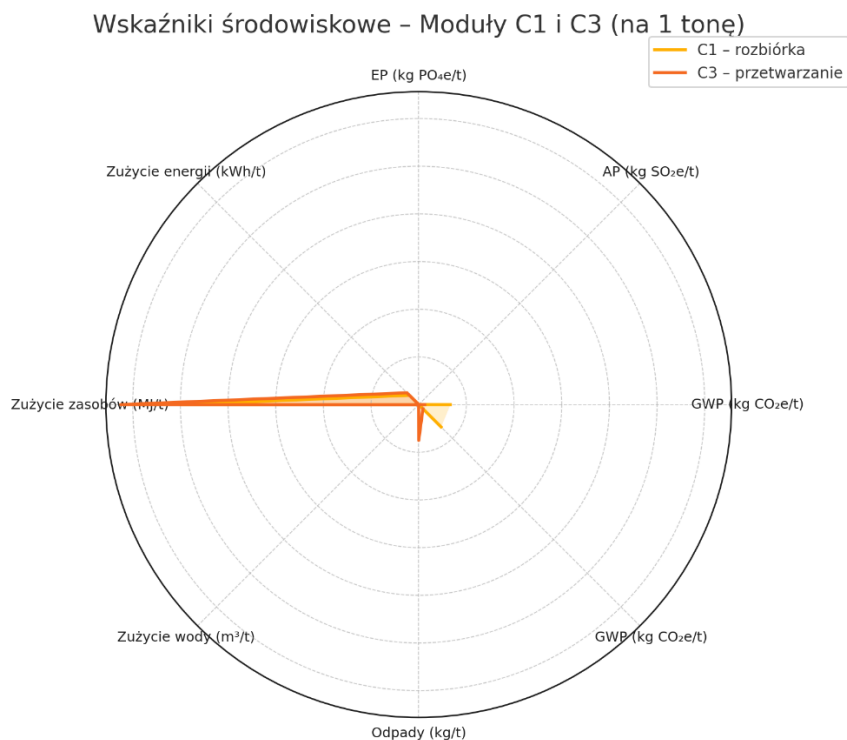
- **AP (SO₂e):** C1 = $0,004 \times 16\,141,73 = 64,57 \text{ kg}$;
C3 = $0,002 \times 9\,685,04 = 19,37 \text{ kg} \rightarrow 83,94 \text{ kg SO}_2\text{e}$
- **EP (PO₄e):** C1 = $0,002 \times 16\,141,73 = 32,28 \text{ kg}$;
C3 = $0,001 \times 9\,685,04 = 9,69 \text{ kg} \rightarrow 41,97 \text{ kg PO}_4\text{e}$
- **Zużycie energii:** C1 = $0,55 \times 16\,141,73 = 8\,878,95 \text{ kWh}$;
C3 = $0,70 \times 9\,685,04 = 6\,779,53 \text{ kWh} \rightarrow 15\,658,48 \text{ kWh}$
- **Zużycie zasobów:** C1 = $10,0 \times 16\,141,73 = 161\,417,30 \text{ MJ}$;
C3 = $12,5 \times 9\,685,04 = 121\,063,00 \text{ MJ} \rightarrow 282\,480,30 \text{ MJ}$
- **Zużycie wody:** C1 = $0,01 \times 16\,141,73 = 161,42 \text{ m}^3$;
C3 = $0,01 \times 9\,685,04 = 96,85 \text{ m}^3 \rightarrow 258,27 \text{ m}^3$
- **Odpady:** C1 = $0,0 \text{ kg}$;
C3 = $1,5 \times 9\,685,04 = 14\,527,56 \text{ kg} \rightarrow 14,53 \text{ t}$

Wskaźniki na 1 m²

- **Na 1 m² PU (8 918,06 m²):**
GWP (C1+C3) = $23\,912,36 / 8\,918,06 = 2,68 \text{ kg CO}_2\text{e/m}^2$
- **Na 1 m² PUM (7 262,24 m²):**
GWP (C1+C3) = $23\,912,36 / 7\,262,24 = 3,29 \text{ kg CO}_2\text{e/m}^2$

Podsumowanie C1–C3 (Tomaszów)

- **Demontaż (C1)** dominuje w końcu życia: **~90%** emisji GWP C1+C3.
- **Przetwarzanie (C3)** obejmuje **~60% masy** (frakcje mineralne i metaliczne); generuje **~2,42 t CO₂e**, ale daje korzyści w **modułach D** (kredyty za recykling – liczone osobno).
- Całkowity **GWP C1+C3 = 23,91 t CO₂e (2,68 kg/m² PU)**.
- Wskaźniki AP/EP, energia, zasoby i woda podtrzymują obraz: to **krótki etap**, ale z **istotnym zużyciem paliwa**; warto uwzględnić go w LCA jako warunek **DNSH / Level(s)**.



4.6. Obliczenia dla unieszkodliwiania odpadów budowlanych (Moduł C4)

Opis modułu.

C4 obejmuje końcowy etap życia **tych materiałów, które nie trafią do odzysku ani recyklingu**. To m.in. frakcje zmieszane, zabrudzone, kompozytowe lub złożone chemicznie, kierowane do **składowania** lub **spalania**. Zgodnie z EN 15978 i Level(s) moduł C4 raportujemy **oddzielnie** od korzyści w module **D** (kredyty za recykling).

Założenia – projekt przy ul. Chopina (Tomaszów, B1+B2)

Parametr	Wartość	Uwagi
Całkowita masa budynków	16 141,73 t	z tabeli materiałowej
Odpady ogółem po demontażu	50% = 8 070,865 t	zgodnie z przyjęciem w C2
Masa do recyklingu (D1)	20% = 3 228,346 t	gł. beton, stal, cegła

Parametr	Wartość	Uwagi
Masa do unieszkodliwienia (C4)	30% = 4 842,519 t	frakcje niepodlegające odzyskowi
Dominujące odpady C4	papa, EPS/XPS, folie (HDPE), farby/kleje/żywice, frakcje kompozytowe i zabrudzone	bez wełny – w tym projekcie jej nie stosowano
Metody unieszkodliwiania	składowanie i/lub spalanie z odzyskiem energii	standard UE / PZOB
Emisyjność GWP (C4)	5,00 kg CO ₂ e/t	Ecoinvent/One Click LCA (mix składowanie/spalanie)
Zużycie energii (C4)	1,20 kWh/t	instalacje końcowe
Zużycie zasobów	80 MJ/t	paliwa, energia, środki chemiczne
Zużycie wody	0,03 m ³ /t	procesy higienizacji/oczyszczania
Odpady wtórne	20 kg/t	popioły, osady, frakcje resztkowe

Wskaźniki – na 1 tonę odpadu (C4)

Wskaźnik	Wartość	Jednostka
GWP – efekt cieplarniany	5,00	kg CO ₂ e/t
AP – zakwaszenie	0,020	kg SO ₂ e/t
EP – eutrofizacja	0,010	kg PO ₄ e/t
Zużycie energii	1,20	kWh/t
Zużycie zasobów	80,00	MJ/t
Zużycie wody	0,03	m ³ /t
Odpady wtórne	20,00	kg/t

Obliczenia (C4)

- Masa do C4: 4 842,519 t
- Emisja GWP: $4\,842,519 \times 5,00 = 24\,212,60$ kg CO₂e = 24,21 t CO₂e
- Zużycie energii: $4\,842,519 \times 1,20 = 5\,811,02$ kWh
- Zużycie zasobów: $4\,842,519 \times 80 = 387\,401,52$ MJ
- Zużycie wody: $4\,842,519 \times 0,03 = 145,28$ m³
- Odpady wtórne: $4\,842,519 \times 20 = 96\,850,38$ kg = 96,85 t

Wskaźniki na 1 m²

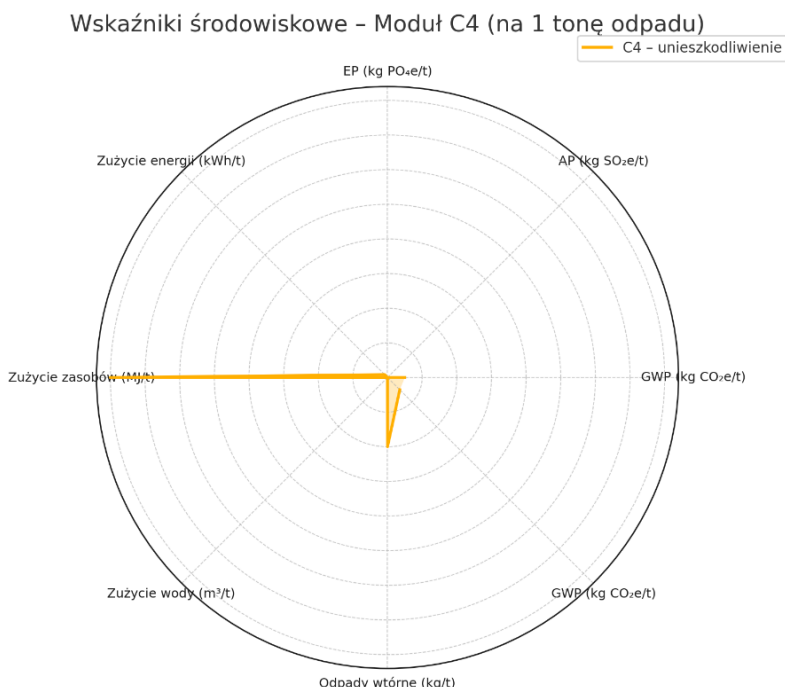
- GWP (C4) na 1 m² PU = 8 918,06 m²: 2,72 kg CO₂e/m²
- GWP (C4) na 1 m² PUM = 7 262,24 m²: 3,34 kg CO₂e/m²

Znaczenie i interpretacja C4

Okolo 30% masy (frakcje nierecyklingowalne) trafia do C4. W tym projekcie to głównie **papy bitumiczne, EPS/XPS, folie, farby/kleje/żywice oraz frakcje kompozytowe i zabrudzone**. Jednostkowy wpływ C4 jest niższy niż A1–A3, ale łączna emisja ~24,21 t CO₂e stanowi zauważalny wkład końca życia. Minimalizacja C4 ma sens środowiskowy i kosztowy.

Rekomendacje redukcyjne

- **Maksymalizować odzysk frakcji mineralnych** (kruszenie betonu, 100% odzysk stali).
- **EPS/XPS** – preferować ścieżki **mechanicznego recyklingu** lub odzysku energii zamiast składowania.
- **Projektować pod demontaż (DfD)** – mniej klejów/pian, więcej **połączeń mechanicznych**.
- Stosować **systemy selektywnej zbiórki** na budowie (segregacja „u źródła”) i kontrakty z RIPOK/instalacjami odzysku.



4.7. Obliczenia potencjalnych korzyści środowiskowych z odzysku materiałów budowlanych (Moduł D1)

Charakterystyka modułu.

Moduł D1 obejmuje potencjalne korzyści środowiskowe wynikające z ponownego wykorzystania i recyklingu materiałów budowlanych po zakończeniu cyklu życia budynków. Chodzi o tzw. **kredyty środowiskowe**, czyli uniknięte emisje i zużycia zasobów dzięki temu, że materiały wtórne zastępują produkcję materiałów pierwotnych.

Założenia do obliczeń – Tomaszów, ul. Chopina (B1 + B2)

- Całkowita masa budynków: **16 141,73 t**
- Odpady po demontażu (C2): **50% = 8 070,87 t**
- Masa kierowana do odzysku/recyklingu (D1): **20% = 3 228,35 t**

- Efektywna masa przyjęta do obliczeń (poziom substytucji 80%):
2 582,68 t

Wskaźniki jednostkowe (na 1 t materiału odzyskanego)

Wskaźnik	Wartość	Jednostka
GWP – uniknięte emisje	-9,66	kg CO ₂ e/t
AP – zakwaszenie	-0,045	kg SO ₂ e/t
EP – eutrofizacja	-0,020	kg PO ₄ e/t
Zużycie energii	-26,40	kWh/t
Zużycie zasobów	-220,00	MJ/t
Zużycie wody	-0,050	m ³ /t
Odpady wtórne	-50,00	kg/t

Wyniki łączne – Tomaszów (efektywna masa 2 582,68 t)

- Uniknięte emisje GWP:**
 $2\,582,68 \times -9,66 = -24\,967 \text{ kg CO}_2\text{e}$ (-24,97 t)
- Uniknięte zużycie energii:**
 $2\,582,68 \times -26,40 = -68\,183 \text{ kWh}$ (-68,18 MWh)
- Uniknięte zużycie zasobów:**
 $2\,582,68 \times -220 = -568\,189 \text{ MJ}$ (-568,19 GJ)
- AP – zakwaszenie:** -116,2 kg SO₂e
- EP – eutrofizacja:** -51,7 kg PO₄e
- Zużycie wody:** -129,1 m³
- Odpady wtórne:** -129,1 t

Przeliczenie na powierzchnię

- GWP na 1 m² PU (8 918,06 m²): **-2,80 kg CO₂e/m²**
- GWP na 1 m² PUM (7 262,24 m²): **-3,44 kg CO₂e/m²**

Podsumowanie

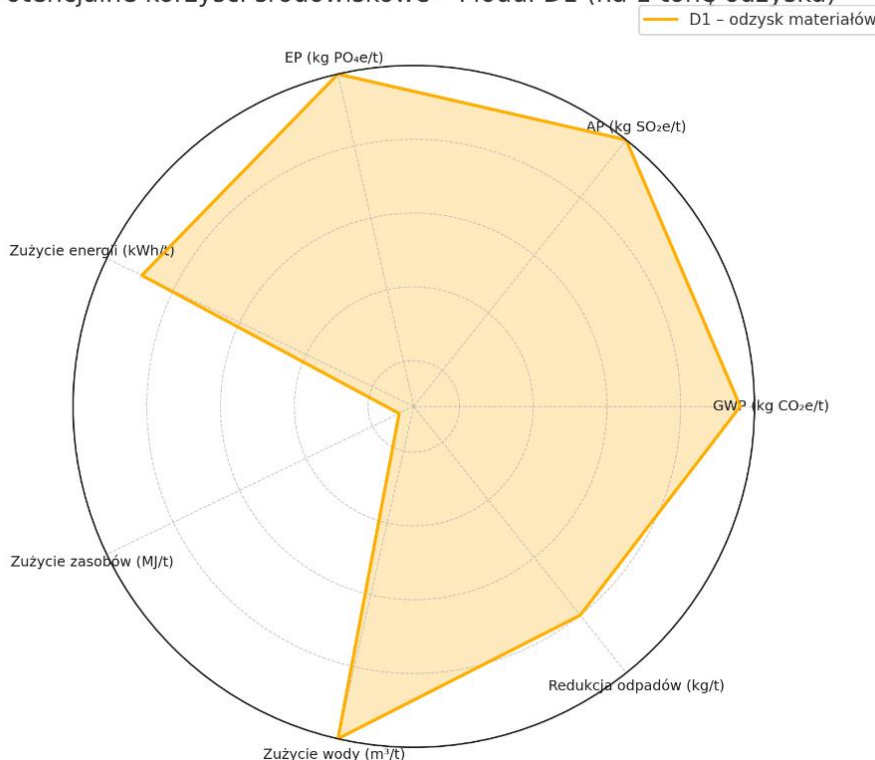
- Dzięki recyklingowi i substytucji materiałów pierwotnych:
 - uniknięto ~25 ton CO₂e,
 - zaoszczędzono ~68 MWh energii,
 - zmniejszono zużycie zasobów o ponad 560 GJ.
- Największe korzyści środowiskowe pochodzą z recyklingu **stali i betonu**.

- Efekty D1 częściowo kompensują emisje modułów C1–C4 i wspierają realizację zasady **GOZ (gospodarka o obiegu zamkniętym)**.

Rekomendacje:

- projektowanie ułatwiające demontaż i separację frakcji,
- ograniczanie materiałów trudnych w recyklingu (kleje, piany, kompozyty),
- zwiększanie poziomu odzysku materiałów mineralnych i stali.

Potencjalne korzyści środowiskowe – Moduł D1 (na 1 tonę odzysku)



4.8. Zestawienie wskaźników środowiskowych dla analizowanego budynku (EPD skonsolidowane)

Poniższe zestawienie przedstawia pełny bilans wpływu środowiskowego zespołu **dwóch budynków mieszkalnych wielorodzinnych przy ul. Chopina w Tomaszowie Mazowieckim**. Dane zostały przeliczone w odniesieniu do **1 tony masy całkowitej** budynków (**16 141,73 t**), a także w przeliczeniu na jednostki użytkowe (**8 918,06 m² PU, 7 262,24 m² PUM, 19 545,24 m³ kubatury ogrzewanej**).

Wskaźniki opracowano zgodnie z normą **PN-EN 15978**, metodologią **Level(s)** oraz pełnym zakresem LCA obejmującym wszystkie moduły cyklu życia:

- **A1–A3:** produkcja i wytwarzanie materiałów,
- **A4–A5:** transport i budowa,
- **B1–B7:** faza użytkowania (energia, woda, naprawy, wymiany),
- **C1–C4:** rozbiórka, przetwarzanie i unieszkodliwianie,
- **D1:** potencjalne korzyści środowiskowe z odzysku materiałów.

Skonsolidowane wskaźniki środowiskowe – budynek (1 t materiału)

	A4	A5	B1-B5	B6-B7	C1	C2	C3	C4	D1
GWP (kg CO ₂ e / t)	5,820	5,280	3,000	1,960	1,330	3,880	0,250	5,000	-9,660
AP (kg SO ₂ e / t)	0,025	0,030	0,017	0,000	0,004	0,017	0,002	0,020	-0,045
EP (kg PO ₄ e / t)	0,008	0,015	0,007	0,000	0,002	0,006	0,001	0,010	-0,020
Zużycie energii (kWh / t)	27,000	3,960	36,000	2,420	0,550	18,000	0,700	1,200	-26,400
Zużycie zasobów (MJ / t)	460,000	120,000	193,000	0,000	10,000	310,000	12,500	80,000	-220,000
Zużycie wody (m ³ / t)	0,002	0,060	0,017	0,500	0,010	0,002	0,010	0,030	-0,050
Odpady (kg / t)	0,020	25,000	1,000	0,000	0,000	0,015	1,500	20,000	-50,000

Uwagi i interpretacja:

- Etap **transportu (A4)** i **budowy (A5)** odpowiada za zauważalny, choć ograniczony udział w całkowitym śladzie środowiskowym.
- Faza **użytkowania (B1–B7)** generuje istotne obciążenia środowiskowe, zwłaszcza z tytułu energii elektrycznej (B6), konserwacji (B2–B5) oraz zużycia wody (B7).
- Etap **końca życia (C1–C4)** wiąże się z emisjami z demontażu i przetwarzania odpadów, szczególnie w modułach C2 i C4.
- **Moduł D1** wykazuje wyraźne **korzyści środowiskowe** wynikające z odzysku i recyklingu materiałów budowlanych, takich jak stal, kruszywo czy drewno — szczególnie w zakresie redukcji emisji GWP, zużycia energii oraz zmniejszenia masy odpadów końcowych.

Podsumowanie:

Zastosowanie strategii **projektowania dla demontażu** (design for disassembly), wykorzystanie materiałów o wysokim potencjale recyklingowym oraz unikanie kompozytów trudnych do rozdzielenia może znacząco zmniejszyć wpływ środowiskowy całego cyklu życia budynków. Takie podejście wspiera realizację celów polityki klimatycznej i środowiskowej UE, w tym:

- **taksonomii UE**,
- metodyki **Level(s)**,
- strategii **CRREM (Carbon Risk Real Estate Monitor)**.

4.3. Wyniki obliczeń.

Masa budynku	16 141,73 t										
Pow. użytkowa	8 918,06 m²										
WYNIKI											
Lp.	WSKAŹNIKI	MODUŁY									
		A1-A3	A4	A5	B1-B5	B6-B7	C1	C2	C3	C4	D1
1	GWP (kg CO ₂ e)	3 257 452,25	202 575,87	160 896,04	128 963,48	31 637,78	56 867,07	98 028,48	74 832,59	151 505,79	-369 451,26
2	AP (kg SO ₂ e)	3 566,90	539,98	583,32	373,48	0,00	126,28	336,12	131,36	421,91	-961,88
3	EP (kg PO ₄ e)	1 401,40	173,26	295,90	166,76	0,00	46,99	135,91	45,56	215,19	-420,73
4	Zużycie energii (kWh)	4 891 027,41	603 475,02	177 310,37	699 361,84	39 062,98	65 572,52	347 245,64	122 253,05	130 323,92	-712 049,69
5	Zużycie zasobów (MJ)	97 999 434,67	10 776 772,98	4 195 745,98	5 422 797,70	0,00	1 278 610,25	6 121 128,08	2 411 804,70	3 501 371,21	-9 453 731,88
6	Zużycie wody (m³)	5 034,95	213,46	1 097,41	403,31	8 070,86	238,04	100,84	290,32	613,15	-1 117,17
7	Generowanie odpadów (kg)	40 996,07	1 770,08	404 589,16	17 431,26	0,00	644,77	886,89	25 258,60	323 880,53	-810 066,62
Obliczenie GWP											
1	GWP = 466,78 (kg CO ₂ e / m²)	Dla modułów A – C									
2	GWP = 425,35 (kg CO ₂ e / m²)	Dla modułów A – D									
3	GWP = 356,26 (kg CO ₂ e / m²)	Dla modułów A1 – A3									
Podstawowe parametry											
1	PV = 90 kWp										
2	EP = 51,48 kWh/(m²rok)										

5. INTERPRETACJA WYNIKÓW

Moduł A1–A3 – Produkcja materiałów budowlanych

To etap o **największym wpływie środowiskowym** w całym cyklu życia budynku. Obejmuje wydobycie surowców, produkcję i przygotowanie materiałów.

Wpływy środowiskowe (dla całego budynku):

- GWP: **3 257 452,25 kg CO₂e**
- AP: **3 566,90 kg SO₂e**
- EP: **1 401,40 kg PO₄e**
- Zużycie energii: **4 891 027,41 kWh**
- Zużycie zasobów: **97 999 434,67 MJ**
- Zużycie wody: **5 034,95 m³**
- Odpady: **40 996,07 kg**

Kluczowe źródła: prefabrykaty żelbetowe, stal zbrojeniowa, cement.

Redukcja: wybór wyrobów z EPD o niskim GWP, recykling materiałów, dostawy regionalne.

Moduł A4 – Transport materiałów na budowę

Uwzględnia emisje z transportu (średni dystans 150 km).

- GWP: **202 575,87 kg CO₂e**
- AP: **539,98 kg SO₂e**
- EP: **173,26 kg PO₄e**
- Zużycie energii: **603 475,02 kWh**
- Zużycie zasobów: **10 776 772,98 MJ**
- Zużycie wody: **213,46 m³**
- Odpady: **1 770,08 kg**

Redukcja: logistyka multimodalna, preferencja lokalnych materiałów.

Moduł A5 – Budowa i straty materiałowe

Obejmuje zużycie energii na budowie i straty montażowe.

- GWP: **160 896,04 kg CO₂e**
- AP: **583,32 kg SO₂e**
- EP: **295,90 kg PO₄e**
- Zużycie energii: **177 310,37 kWh**
- Zużycie zasobów: **4 195 745,98 MJ**
- Zużycie wody: **1 097,41 m³**
- Odpady: **404 589,16 kg**

Redukcja: stosowanie prefabrykatów, optymalizacja logistyki budowy.

Moduł B1–B5 – Użytkowanie techniczne budynku

Obejmuje konserwację, remonty i wymiany w cyklu 60 lat.

- GWP: **128 963,48 kg CO₂e**
- AP: **373,48 kg SO₂e**
- EP: **166,76 kg PO₄e**
- Zużycie energii: **699 361,84 kWh**
- Zużycie zasobów: **5 422 797,70 MJ**
- Zużycie wody: **403,31 m³**
- Odpady: **17 431,26 kg**

Redukcja: trwałe materiały, ograniczenie prac renowacyjnych.

Moduł B6–B7 – Energia operacyjna i zużycie wody

Uwzględnia eksploatację systemów HVAC i zużycie wody przez mieszkańców.

- GWP: **31 637,78 kg CO₂e**
- AP: **0,00 kg SO₂e**
- EP: **0,00 kg PO₄e**
- Zużycie energii: **39 062,98 kWh**
- Zużycie zasobów: **0,00 MJ**
- Zużycie wody: **8 070,86 m³**
- Odpady: **0,00 kg**

Komentarz: Pompy ciepła i instalacja PV (90 kWp) znacząco ograniczają emisyjność i zapotrzebowanie na energię pierwotną.

Moduły C1–C4 – Koniec życia budynku

Demontaż, transport odpadów, recykling i utylizacja.

- GWP: **381 234,23 kg CO₂e (suma C1–C4)**
- AP: **940,18 kg SO₂e**
- EP: **308,66 kg PO₄e**
- Zużycie energii: **318 719,49 kWh**
- Zużycie zasobów: **7 191 786,16 MJ**
- Zużycie wody: **1 242,35 m³**
- Odpady: **350 016,86 kg**

Redukcja: projektowanie do demontażu, ograniczenie materiałów kompozytowych, recykling frakcji mineralnych.

Moduł D1 – Korzyści z odzysku i recyklingu

Przedstawia potencjalne oszczędności środowiskowe poza systemem.

- GWP: **–369 451,26 kg CO₂e**
- AP: **–961,88 kg SO₂e**

- EP: **-420,73 kg PO₄e**
- Zużycie energii: **-712 049,69 kWh**
- Zużycie zasobów: **-9 453 731,88 MJ**
- Zużycie wody: **-1 117,17 m³**
- Odpady: **-810 066,62 kg**

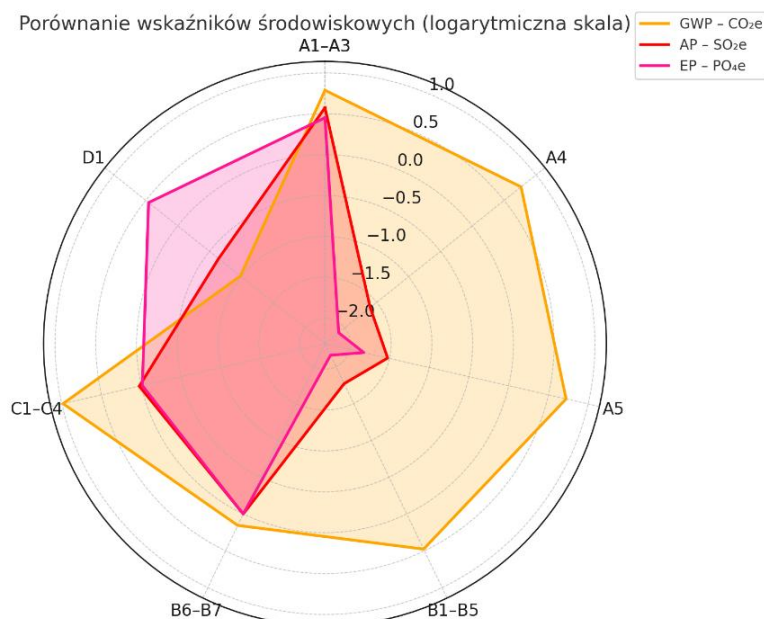
Komentarz: Największe korzyści daje recykling stali i betonu (substytucja materiałów pierwotnych).

Całkowity ślad węglowy budynków w Tomaszowie

- **Moduły A–C: 4 163 359,74 kg CO₂e**
= 466,78 kg CO₂e/m² PU
- **Moduły A–D: 3 793 908,48 kg CO₂e**
= 425,35 kg CO₂e/m² PU
- **Moduły A1–A3: 3 257 452,25 kg CO₂e**
= 356,26 kg CO₂e/m² PU

Wnioski

1. Największy wpływ ma etap **produkcji materiałów (A1–A3)** – odpowiada za ponad 78% GWP w cyklu życia.
2. **Eksploatacja (B6–B7)** ma relatywnie niski udział dzięki pompom ciepła i PV.
3. **Moduł D1** przynosi wymierne korzyści – obniżając ślad węglowy o ok. **370 ton CO₂e** i masę odpadów o ponad **800 ton**.
4. Potencjał dalszej redukcji: dobór materiałów o niższym GWP, dalsza optymalizacja logistyki i pełne wdrożenie koncepcji **GOZ**.



5.2. Największe źródła emisji i zużycia zasobów

Analiza wyników środowiskowych dla poszczególnych modułów cyklu życia budynków pozwala wskazać etapy generujące największe obciążenia. W przypadku inwestycji w Tomaszowie Mazowieckim (ul. Chopina) największe wartości w głównych kategoriach wskaźników przypadają na:

1. Produkcję materiałów (Moduł A1–A3)

To **najistotniejszy etap** cyklu życia pod względem emisji gazów cieplarnianych, zużycia energii i zasobów. Główne źródła obciążeń: cement, stal zbrojeniowa, prefabrykaty betonowe.

Wskaźniki (wartości całkowite):

- GWP: **3 257 452,25 kg CO₂e**
- AP: **3 566,90 kg SO₂e**
- EP: **1 401,40 kg PO₄e**
- Zużycie energii: **4 891 027,41 kWh**
- Zużycie zasobów: **97 999 434,67 MJ**
- Zużycie wody: **5 034,95 m³**
- Odpady: **40 996,07 kg**

Wniosek: to kluczowy obszar dekarbonizacji – należy stosować niskoemisyjny cement (np. CEM II/B-V), stal z recyklingu oraz zoptymalizowane prefabrykaty.

2. Eksploatację techniczną (Moduły B1–B5)

Obejmuje konserwację, wymiany i modernizacje w cyklu 60 lat. Choć udział w GWP jest mniejszy niż w A1–A3, to są to emisje **skumulowane w długim okresie**.

Wskaźniki:

- GWP: **128 963,48 kg CO₂e**
- AP: **373,48 kg SO₂e**
- EP: **166,76 kg PO₄e**
- Zużycie energii: **699 361,84 kWh**
- Zużycie zasobów: **5 422 797,70 MJ**
- Zużycie wody: **403,31 m³**
- Odpady: **17 431,26 kg**

Wniosek: kluczowe jest stosowanie trwałych komponentów i systemów o niskim koszcie środowiskowym.

3. Eksploatację energetyczną (Moduły B6–B7)

Dzięki pompom ciepła i instalacji PV (90 kWp) emisje operacyjne są **znacznie zredukowane** w porównaniu z budynkami zasilanymi wyłącznie energią konwencjonalną.

Wskaźniki:

- GWP: **31 637,78 kg CO₂e**
- Zużycie energii: **39 062,98 kWh**

- Zużycie wody: **8 070,86 m³**

Wniosek: zastosowane OZE ograniczają emisyjność, a dalsze redukcje są możliwe przez poprawę efektywności energetycznej mieszkań.

4. Wysokie wartości skumulowane w wybranych kategoriach

- **Potencjał zakwaszenia (AP):**

Największy udział mają moduły **A1–A3** oraz faza końca życia (**C1–C4**).

Suma: **3 566,90 (A1–A3) + 126,28 (C1) + 336,12 (C2) + 131,36 (C3) + 421,91 (C4) = 4 582,57 kg SO₂e**

- **Potencjał eutrofizacji (EP):**

Znaczący udział **A1–A3** i końca życia.

Suma: **1 401,40 (A1–A3) + 46,99 (C1) + 135,91 (C2) + 45,56 (C3) + 215,19 (C4) = 1 844, +05 kg PO₄e**

- **Zużycie wody:**

Największe wartości w **A1–A3**, **B6–B7** oraz **A5** i **C4**.

Suma: **5 034,95 (A1–A3) + 8 070,86 (B6–B7) + 1 097,41 (A5) + 613,15 (C4) = 14 816,37 m³**

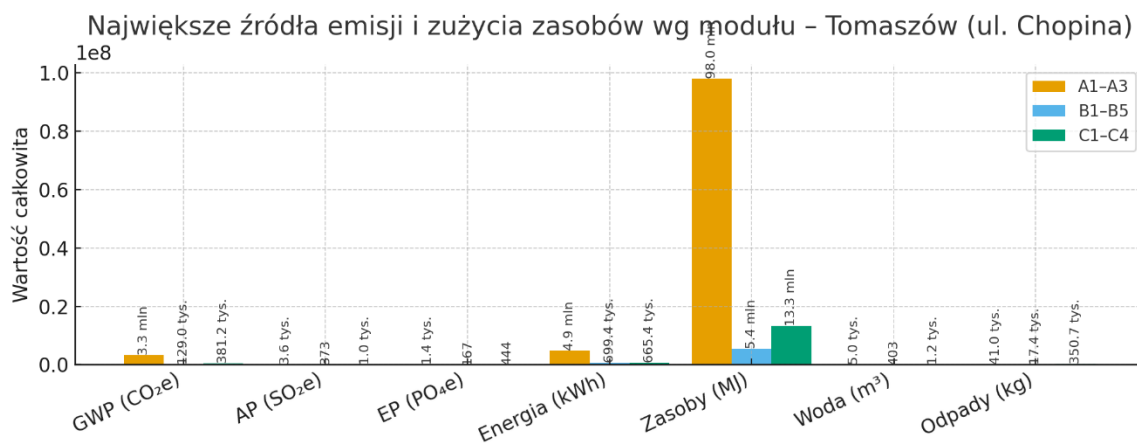
- **Generowanie odpadów:**

Największe źródła: **A5 (straty materiałowe)** i **C4 (utyliczacja)**.

Suma: **40 996,07 (A1–A3) + 404 589,16 (A5) + 323 880,53 (C4) + 25 258,60 (C3) = 794 724,36 kg = 794,72 t**

Podsumowanie

- **Moduł A1–A3** odpowiada za dominujące obciążenia i powinien być głównym celem strategii dekarbonizacji.
- **Eksploatacja (B1–B7)** ma znaczenie kumulatywne – trwałość materiałów i efektywność systemów są kluczowe.
- **Koniec życia (C1–C4)** istotnie wpływa na zakwaszenie, eutrofizację i ilość odpadów – dlatego konieczne jest projektowanie z myślą o recyklingu i odzysku.
- **OZE w Tomaszowie (pompy ciepła i PV)** ograniczają emisje w B6–B7, poprawiając bilans w stosunku do projektów bazujących wyłącznie na paliwach kopalnych.



5.3. Krytyczne etapy cyklu życia

Analiza pokazuje wyraźne różnice między etapami. W Tomaszowie najbardziej „ciężkie” są:

1) Moduł A1–A3 – produkcja materiałów (największy wpływ)

To etap zdecydowanie dominujący – wydobywanie surowców, produkcja i przygotowanie wyrobów.

Wskaźniki (całość):

- **GWP:** 3 257 452,25 kg CO₂e
- **AP:** 3 566,90 kg SO₂e
- **EP:** 1 401,40 kg PO₄e
- **Energia:** 4 891 027,41 kWh
- **Zasoby:** 97 999 434,67 MJ
- **Woda:** 5 034,95 m³
- **Odpady:** 40 996,07 kg

Wniosek: to główny cel dekarbonizacji – niskoemisyjne EPD (np. cementy CEM II/B-V), stal z wysokim udziałem recyklatu, optymalizacja prefabrykatów i masy.

2) Moduły B1–B5 – eksploatacja techniczna (kumulacja w czasie)

Konserwacje, naprawy i wymiany przez 60 lat.

Wskaźniki:

- **GWP:** 128 963,48 kg CO₂e
- **AP:** 373,48 kg SO₂e
- **EP:** 166,76 kg PO₄e
- **Energia:** 699 361,84 kWh
- **Zasoby:** 5 422 797,70 MJ
- **Woda:** 403,31 m³
- **Odpady:** 17 431,26 kg

Wniosek: stawiamy na trwałość i serwisowalność (dłuższe cykle wymiany, proste naprawy).

3) Koniec życia – przede wszystkim C4 (utylizacja) oraz C3 (przetwarzanie)

Ostatnia faza generuje istotne emisje i odpady, gdy materiałów nie da się odzyskać.

C3 – przetwarzanie:

- **GWP:** 74 832,59 kg CO₂e
- **AP:** 131,36 kg SO₂e
- **EP:** 45,56 kg PO₄e
- **Energia:** 122 253,05 kWh
- **Zasoby:** 2 411 804,70 MJ
- **Woda:** 290,32 m³
- **Odpady:** 25 258,60 kg

C4 – unieszkodliwianie:

- **GWP:** 151 505,79 kg CO₂e

- **AP:** 421,91 kg SO₂e
- **EP:** 215,19 kg PO₄e
- **Energia:** 130 323,92 kWh
- **Zasoby:** 3 501 371,21 MJ
- **Woda:** 613,15 m³
- **Odpady:** 323 880,53 kg

Wniosek: projektować „pod demontaż” (DfD), eliminować kompozyty i kleje tam, gdzie to możliwe, maksymalizować odzysk frakcji mineralnych i stali.

4) Moduł D1 – potencjalne korzyści z odzysku (kredyty poza sumą A–C)

D1 nie wchodzi do sumy A–C, ale realnie **obniża bilans netto**.

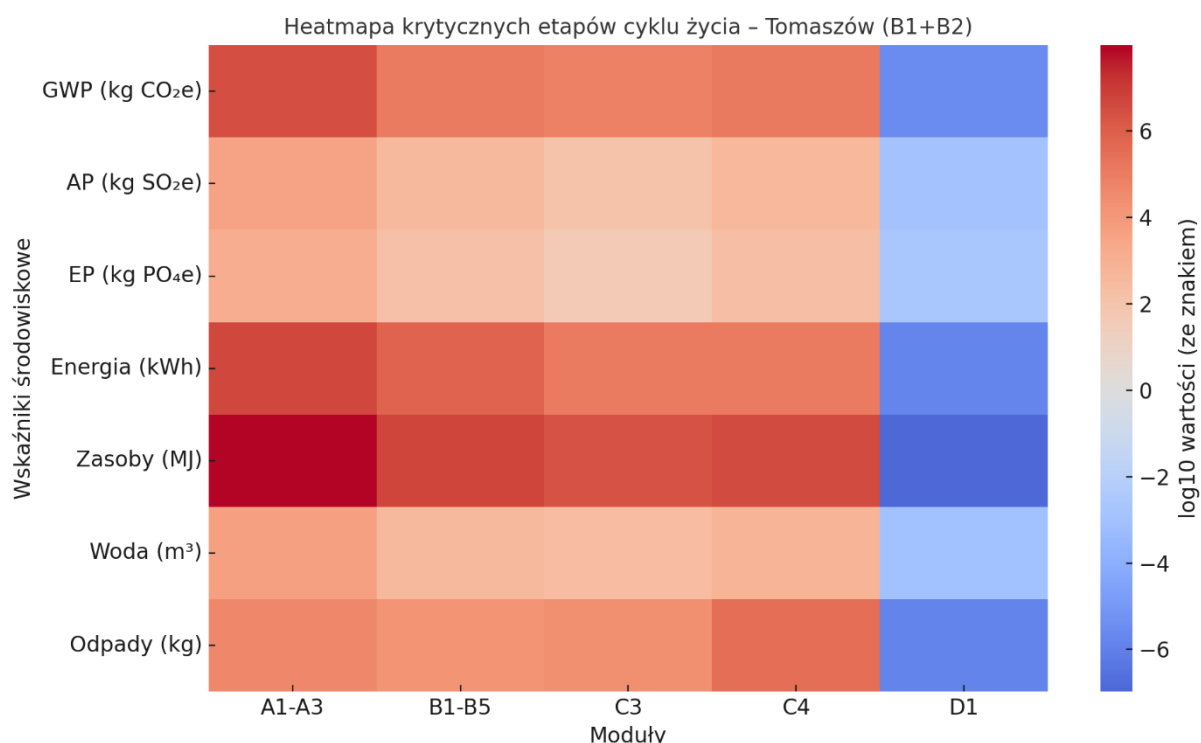
Kredyty (ujemne wartości):

- **GWP:** –369 451,26 kg CO₂e
- **AP:** –961,88 kg SO₂e
- **EP:** –420,73 kg PO₄e
- **Energia:** –712 049,69 kWh
- **Zasoby:** –9 453 731,88 MJ
- **Woda:** –1 117,17 m³
- **Odpady:** –810 066,62 kg

Wniosek: największy efekt daje odzysk **stali i betonu** (substytucja materiałów pierwotnych). Warunek: selektywny demontaż i pewne ścieżki recyklingu.

Wnioski końcowe (Tomaszów)

- **A1–A3** – etap krytyczny; tu skupiamy działania redukcyjne (materiały/EPD, masa).
- **C4/C3** – znaczące emisje i odpady na końcu życia; potrzebny **DfD** i kontrakty na recykling kruszyw oraz złomu.
- **B1–B5** – emisje mniejsze, ale kumulują się w czasie; inwestować w **trwałość** i ograniczanie zakresu serwisu.
- **OZE w B6–B7** (pompy ciepła + PV 90 kWp) już dziś **obniżają operacyjny GWP** – utrzymywać wysoką efektywność systemów i zarządzanie mediami.



5.4. Możliwości redukcji wpływu środowiskowego – Tomaszów Mazowiecki (B1 i B2)

Na podstawie przeprowadzonej analizy LCA dla dwóch budynków mieszkalnych wielorodzinnych przy ul. Chopina w Tomaszowie Mazowieckim można wskazać zestaw działań minimalizujących wpływ środowiskowy w poszczególnych fazach cyklu życia:

Etap projektu (A1–A3)

- **Zastosowanie cementów niskoemisyjnych** (CEM II/B-V, CEM III/B) zamiast tradycyjnego CEM I, co pozwala obniżyć wskaźnik GWP w fazie produkcji materiałów nawet o 40–60%.
- **Wybór stali konstrukcyjnej z recyklingu** (technologia EAF – piece elektryczne), a także **optymalizacja przekrojów i układów nośnych**, aby zredukować zużycie stali pierwotnej.
- **Izolacje alternatywne**: zastąpienie styropianu grafitowego i keramzytu materiałami o niższym wpływie środowiskowym, np. wełną szklaną, pianą szkła spienionego, perlitem ekspandowanym.
- **Uwzględnienie w projekcie materiałów z EPD** – każda deklaracja środowiskowa produktu zapewnia transparentność danych i ułatwia redukcję śladu węglowego na etapie wyboru dostawców.

Faza budowy (A4–A5)

- **Prefabrykacja konstrukcji i instalacji** – mniejsze straty materiałowe, krótszy czas budowy, niższe zużycie energii i emisje CO₂.
- **Optymalizacja łańcucha dostaw** – wybór dostawców w promieniu ≤150 km, co obniża emisje transportowe (GWP w module A4).
- **Niskoemisyjny sprzęt budowlany** – elektryczne koparki, żurawie hybrydowe czy maszyny na biopaliwo HVO, zmniejszające emisje CO₂ i AP w module A5.

Faza eksploatacji (B1–B7)

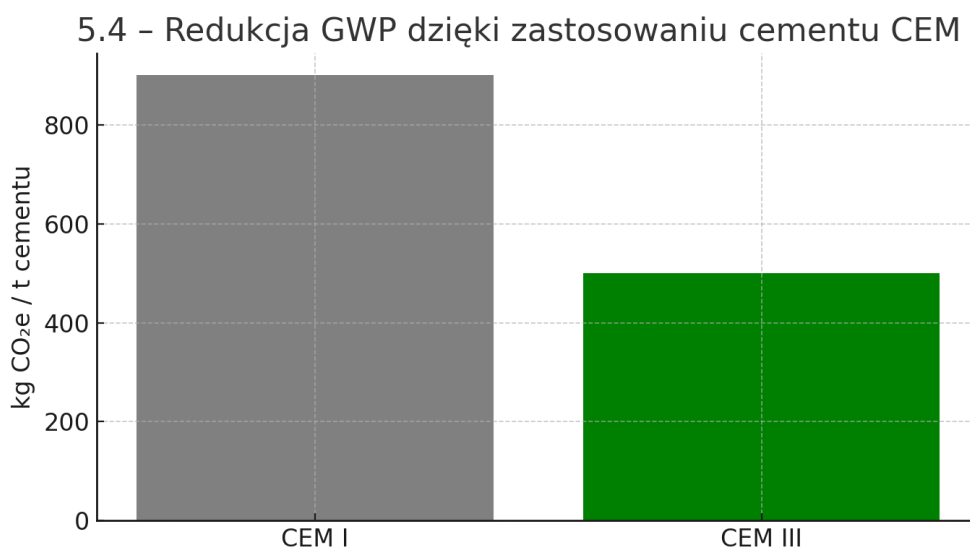
- **Materiały trwałe i łatwe w konserwacji** – np. elewacje samoczyszczące, posadzki o wysokiej odporności, systemy wykończeniowe z niską częstotliwością renowacji.
- **Inteligentne zarządzanie energią** – systemy BMS, czujniki ruchu, automatyczne sterowanie HVAC, co redukuje zużycie energii operacyjnej.
- **Instalacje OZE** – fotowoltaika (90 kWp w projekcie), gruntowe pompy ciepła glikol–woda oraz dodatkowo możliwość zastosowania kolektorów słonecznych dla c.w.u., co istotnie obniża EP i GWP w fazie użytkowania.

Faza końca życia (C1–C4, D1)

- **Design for Deconstruction (DfD)** – projektowanie budynku z myślą o łatwym demontażu i separacji materiałów.
- **Selektywna rozbiórka** – oddzielenie frakcji betonowych (kruszywo wtórne), stali (pełny recykling), drewna (odzysk energetyczny lub ponowne użycie).
- **Dokumentacja materiałowa** – cyfrowe paszporty materiałowe i spisy komponentów nadających się do ponownego użycia, zgodne z zasadami GOZ i taksonomią UE.

Podsumowanie:

Największy potencjał redukcji śladu środowiskowego inwestycji w Tomaszowie leży w **optymalizacji materiałowej (A1–A3)** i **odzysku materiałów (D1)**. OZE w fazie eksploatacji (B6–B7) zapewniają dodatkową stabilną redukcję emisji, a zastosowanie prefabrykacji i lokalnych dostaw znacznie zmniejsza wpływ fazy budowy (A4–A5).



6. ODNIESIENIA I PORÓWNANIA

6.1. Porównanie wyników z normatywnymi wartościami referencyjnymi

W celu oceny wyników LCA dla budynków mieszkalnych przy ul. Chopina w Tomaszowie Mazowieckim, odniesiono je do benchmarków środowiskowych i wartości referencyjnych dla budownictwa mieszkaniowego wielorodzinnego.

Porównania oparto na następujących źródłach:

- PLGBC – „Mapa Drogowa Dekarbonizacji Budownictwa do 2050 r.”
- One Click LCA – „Embodied Carbon Benchmarks for European Buildings” (2021)
- LETI – Climate Emergency Design Guide
- Ramboll, WBCSD – rekomendacje dekarbonizacyjne
- Normy i wytyczne: EN 15978, Level(s) v2, Taksonomia UE 2021/2139, CRREM

1. Globalny ślad węglowy budynku (GWP, moduły A–C)

Typ budynku	GWP (kg CO ₂ e/m ²)	Źródło
Obliczenia dla budynków przy ul. Cienistej (A–C)	466,78	Scenariusz LCA – Chopina
Średnia dla Europy Wschodniej	580–700	One Click LCA (2021)
Średnia dla Europy Zachodniej	510–600	One Click LCA (2021)
Budynki pasywne (benchmark LETI)	< 300	LETI Climate Emergency Design Guide
Projekty dekarbonizacyjne 2030	350–450	Ramboll, WBCSD

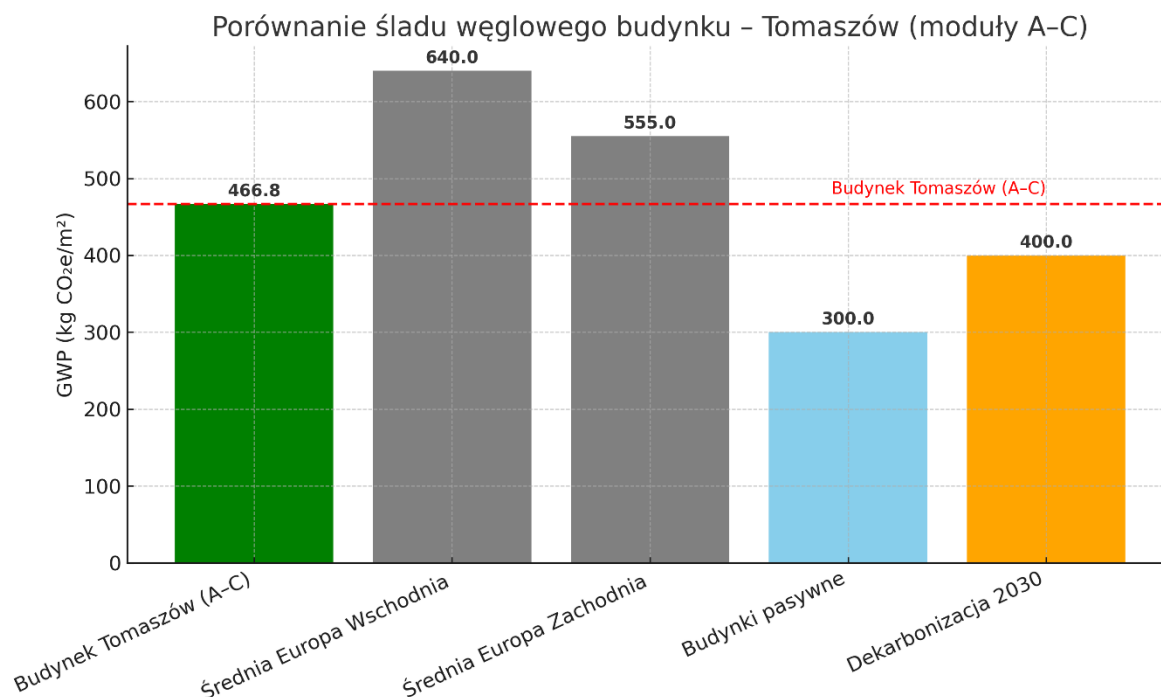
2. Globalny ślad węglowy po odzysku materiałów (GWP, moduły A–D)

Typ budynku	GWP (kg CO ₂ e/m ²)	Źródło
Obliczenia dla budynków przy ul. Chopina (A–D)	425,35	Scenariusz LCA – Chopina

Wnioski:

- **Poziom wyjściowy (A–C = 466,78 kg CO₂e/m²)** jest niższy od średniej dla Europy Wschodniej (580–700) i plasuje się bliżej wartości dla Europy Zachodniej (510–600).
- **Po uwzględnieniu odzysku materiałów (A–D = 425,35 kg CO₂e/m²)** wskaźnik spada o ok. 9%, co lokuje projekt w **widelkach docelowych dla roku 2030 (350–450)**.
- Wynik **nie osiąga jeszcze poziomu budynków pasywnych (<300 kg CO₂e/m²)**, ale wykazuje dużą poprawę względem średnich krajowych i regionalnych.
- **Największy udział w GWP** mają moduły A1–A3 (produkcja materiałów) – to potwierdza konieczność zastosowania cementów o niższym śladzie węglowym, stali z recyklingu i prefabrykacji.
- **Moduł D1 (odzysk)** ma istotny wpływ – redukcja rzędu **ok. 40–50 tys. ton CO₂e w skali całej inwestycji** pokazuje znaczenie GOZ (gospodarki o obiegu zamkniętym).

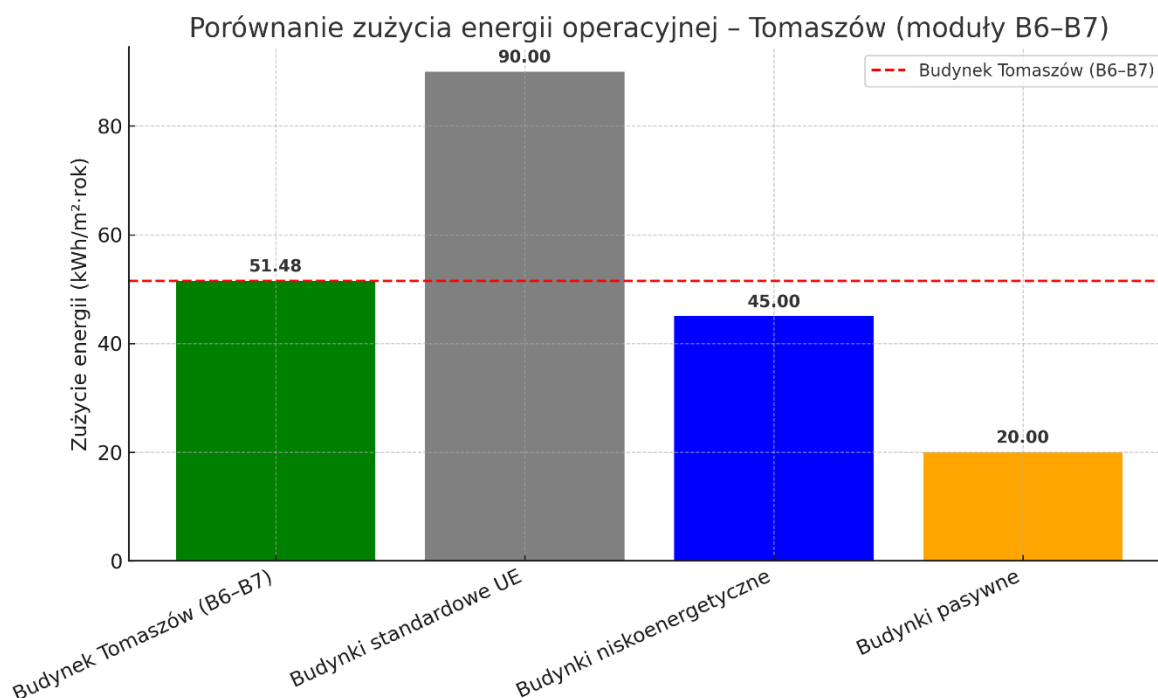
- Wyniki wskazują, że projekt w Tomaszowie **już dziś spełnia progi, które będą wymagane w perspektywie 2030**, co zwiększa jego atrakcyjność w kontekście finansowania unijnego i raportowania ESG.
- Niezbędne jest dalsze **doskonalenie w zakresie modułów końca życia (C3–C4)**, aby jeszcze mocniej obniżyć wskaźniki i przybliżyć projekt do standardów pasywnych.
- Analizowany budynek ma więc **potencjał, by po wprowadzeniu dodatkowych rozwiązań projektowych (np. DfD, materiały niskoemisyjne)** znaleźć się w grupie liderów dekarbonizacji w Polsce.



3. Zużycie energii operacyjnej (moduły B6–B7)

Typ budynku	Zużycie energii (kWh/m ² /rok)	Źródło
Obliczenia dla analizowanego budynku (Chopina)	51,48	Scenariusz LCA Chopina
Budynki standardowe w UE	80–100	EU Reports
Budynki niskoenergetyczne	40–50	One Click LCA
Budynki pasywne	15–25	PLGBC, LETI

- Zużycie energii w Tomaszowie wynosi **51,48 kWh/m²·rok**, czyli nieco powyżej progu dla budynków niskoenergetycznych.
- Instalacje PV (90 kWp) i pompy ciepła obniżają EP, ale wynik można jeszcze poprawić przez BMS i dalszą automatyzację zarządzania mediami.



4. Zużycie zasobów i wody

Wskaźnik	Obliczenia dla budynków (Tomaszów – Chopina)	Wartości referencyjne	Źródło
Zużycie zasobów (MJ/m²)	10 990,64	20 000–35 000 (średnia UE)	Ramboll / One Click LCA (2023)
Zużycie wody (m³/m²)	1,74	50–150 (eksploatacyjne, B7)	PLGBC, LETI – eksploatacja (B7)

Interpretacja wyników

- **Zużycie zasobów nieodnawialnych** (energia pierwotna surowców) wynosi **10 990,64 MJ/m²**, czyli **ok. dwukrotnie mniej** niż dolna granica średnich wartości referencyjnych w UE. Oznacza to, że projekt charakteryzuje się **wysoką efektywnością zasobową** i już na etapie materiałowym wpisuje się w kryteria **Taksonomii UE** oraz systemu **Level(s)**.
- **Zużycie wody** w całym cyklu życia (moduły A–C, bez eksploatacji przez mieszkańców) oszacowano na **1,74 m³/m²**, co stanowi zaledwie **1–3% typowego zużycia operacyjnego** budynków mieszkalnych.

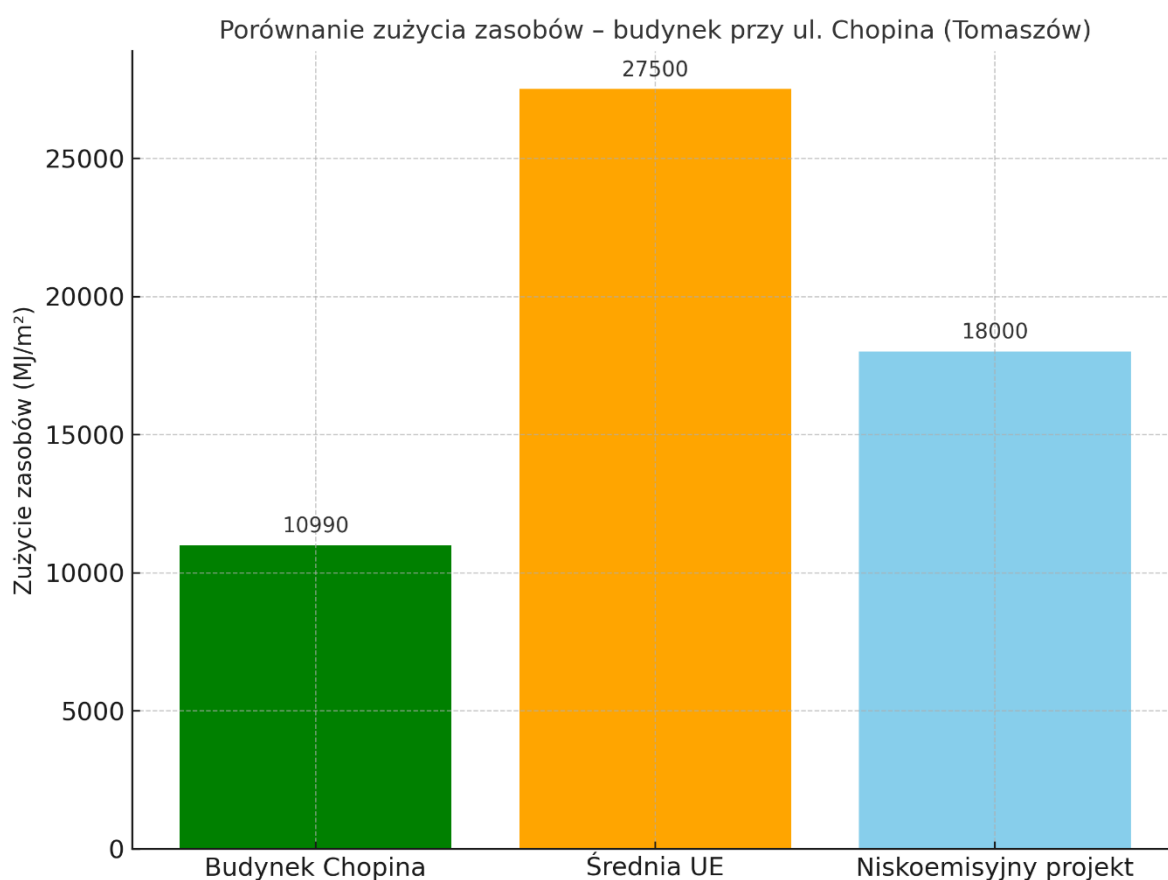
Wskaźnik ten obejmuje m.in.:

- wodę użytą w procesach produkcji i obróbki materiałów budowlanych (beton, zaprawy, stal),
- wodę technologiczną wykorzystywaną na placu budowy,
- wodę stosowaną w procesach rozbiórkowych i czyszczeniu elementów.

Tak niski wynik potwierdza **wysoką efektywność gospodarowania wodą** i zgodność z zasadami **GOZ** (gospodarki o obiegu zamkniętym).

Możliwości dalszej poprawy

- **Optymalizacja prefabrykacji** – redukcja strat materiałowych i ograniczenie zużycia wody technologicznej.
- **Zwiększenie udziału surowców wtórnych** – np. kruszywa z recyklingu i stal wtórna (EAF), które mają niższe wskaźniki środowiskowe.
- **Zmiana rodzaju spoiw** – stosowanie cementów o obniżonym śladzie środowiskowym (CEM II/B, CEM III/B zamiast CEM I).
- **Recykling wody technologicznej** na placu budowy (obieg zamknięty przy wytwarzaniu betonu i zapraw).



5. Moduł D1 – potencjalne korzyści poza systemem (Chopina)

Tabela wskaźników:

Wskaźnik	Wartość ogólna (dla całego budynku)	Przeliczenie na 1 m² PU
GWP (kg CO ₂ e)	-369 451,26	-41,43 kg CO ₂ e/m²
Zużycie zasobów (MJ)	-9 453 731,88	-1 060,23 MJ/m²
Zużycie wody (m³)	-1 117,17	-0,13 m³/m²
Generowanie odpadów (kg)	-810 066,62	-90,85 kg/m²

Opis i interpretacja:

Moduł D1 dla budynków przy ul. Chopina w Tomaszowie Mazowieckim pokazuje potencjalne **korzyści środowiskowe wynikające z odzysku, recyklingu i ponownego użycia materiałów budowlanych** po zakończeniu ich eksploatacji. Choć nie jest on wliczany do bilansu A–C, ma kluczowe znaczenie w ocenie zgodnej z:

- taksonomią UE (rozporządzenie 2021/2139),
- raportowaniem ESG i CSRD,
- systemem **Level(s)**, który wymaga uwzględnienia cyklu życia i odzysku surowców.

Najważniejsze korzyści środowiskowe:

- **Redukcja śladu węglowego (GWP): $-41,43 \text{ kg CO}_2\text{e/m}^2$** — głównie dzięki recyklingowi stali i odzyskowi betonu jako kruszywa wtórnego.
- **Oszczędność zasobów nieodnawialnych: $-1\,060 \text{ MJ/m}^2$** — ograniczenie eksploatacji paliw kopalnych i surowców mineralnych.
- **Redukcja zużycia wody: $-0,13 \text{ m}^3/\text{m}^2$** — wynikająca z uniknięcia procesów produkcji materiałów pierwotnych.
- **Zmniejszenie ilości odpadów: $-90,85 \text{ kg/m}^2$** — dzięki substytucji materiałów pierwotnych i ograniczeniu składowania.

Zalecenia dla maksymalizacji korzyści (GOZ – gospodarka o obiegu zamkniętym):

1. **Selektywna rozbiórka** – oddzielne frakcjonowanie betonu, stali, drewna i materiałów wykończeniowych.
2. **Projektowanie zgodne z DfD (Design for Disassembly)** – łatwy demontaż i ponowne wykorzystanie elementów.
3. **Cyfrowe paszporty materiałowe i BIM** – umożliwiają identyfikację materiałów nadających się do odzysku.
4. **Preferencja dla materiałów o wysokim potencjale recyklingu** – stal, beton, prefabrykaty, drewno.

6.2. Benchmarking z podobnymi budynkami (A1–A3)

Tabela porównawcza:

Typ konstrukcji	GWP A1–A3 ($\text{kg CO}_2\text{e/m}^2$)	Źródło
Budynek przy ul. Chopina (Tomaszów Maz.)	356,26	Scenariusz LCA – Chopina
Konstrukcja żelbetowa wielorodzinna	700–900	EU Reports
Konstrukcja mieszana (stal + drewno)	500–600	PLGBC
Budynki drewniane	150–300	PLGBC, LETI
Projekty zoptymalizowane (materiałowo)	<200	LETI, Ramboll

Interpretacja wyników:

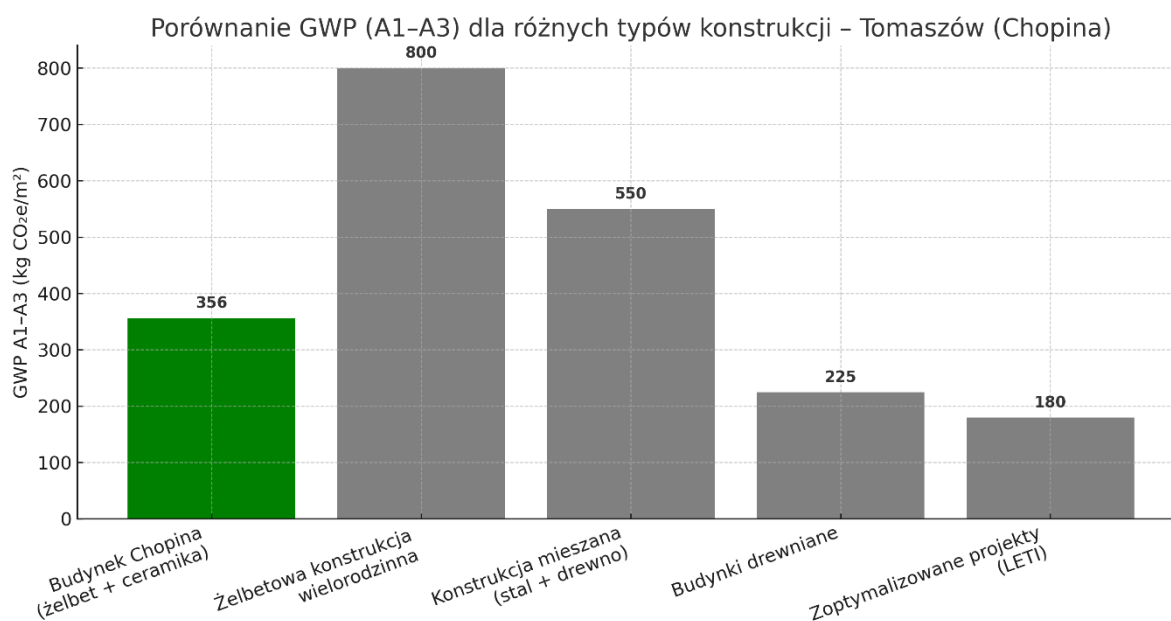
- Budynek przy ul. Chopina ($356,26 \text{ kg CO}_2\text{e/m}^2$) wypada **poniżej średnich wartości dla konstrukcji żelbetowych (700–900)** – oznacza to, że jego ślad węglowy w fazie produkcji materiałów jest relatywnie niski, jak na typową strukturę żelbetową.
- Wynik plasuje się **bliżej konstrukcji mieszanych (stal + drewno)**, co pokazuje, że przyjęte rozwiązania materiałowe są korzystne środowiskowo.
- Nadal **znacznie odbiega od najlepszych benchmarków** (budynki drewniane, projekty zoptymalizowane), ale różnica jest już mniejsza niż w przypadku typowych żelbetów.

Czynniki sprzyjające niskiemu wynikowi GWP:

- Ograniczenie ilości monolitycznego betonu na rzecz **ceramiki murowej**.
- Brak pełnych kondygnacji podziemnych (mniejsza ilość betonu konstrukcyjnego).
- Umiarkowany udział stali zbrojeniowej.
- Możliwość prefabrykacji niektórych elementów i selekcja materiałów z niższymi wskaźnikami GWP.

Rezerwy dalszej optymalizacji:

- **Cement CEM III/B lub CEM II/B-V** zamiast CEM I (redukcja GWP o 40–60%).
- **Większy udział stali z recyklingu** (produkcja w piecach elektrycznych EAF).
- Zastąpienie części przegród ciężkich **błoczkami wapienno-piaskowymi** lub prefabrykatami o mniejszej masie.
- Preferencja dla producentów posiadających **EPD o niskim GWP** (Environmental Product Declarations).



6.3. Odniesienie do celów klimatycznych UE (neutralność 2050) – Tomaszów, ul. Chopina

Zgodnie z Europejskim Zielonym Ładem, pakietem *Fit for 55* oraz rozporządzeniem 2021/2139 (Taksonomia UE), sektor budownictwa mieszkaniowego powinien dążyć do neutralności klimatycznej w 2050 r. oraz osiągnięcia pośrednich celów redukcyjnych do 2030 r. Analiza wyników dla budynków przy ul. Chopina w Tomaszowie Mazowieckim pozwala ocenić ich zgodność z tymi celami.

1. Redukcja emisji gazów cieplarnianych (GHG) – cel 2030

Wskaźnik	Wartość
GWP A–C dla budynków przy ul. Chopina	466,78 kg CO ₂ e/m ²
GWP A1–A3 (produkcja materiałów)	356,26 kg CO ₂ e/m ²
Średnia dla Europy Wschodniej (A–C)	580–700 kg CO ₂ e/m ²
Cel dekarbonizacyjny 2030 (LETI, WBCSD)	350–450 kg CO ₂ e/m ²

Interpretacja:

- Wynik **466,78 kg CO₂e/m² (A–C)** jest **niższy niż średnie regionalne**, ale nadal **nieznacznie powyżej progu dekarbonizacji 2030 (350–450)**.
- Etap **A1–A3 odpowiada za 356,26 kg CO₂e/m²**, co stanowi ponad 75% całkowitego GWP.
- Budynek znajduje się blisko widełek docelowych, co potwierdza jego konkurencyjność środowiskową, ale wskazuje też na konieczność dalszej optymalizacji.

Rekomendacje:

- Zastosowanie cementów niskoemisyjnych (CEM II/B, CEM III/B),
- Stal z recyklingu (produkcja w piecach EAF),
- Optymalizacja przekrojów konstrukcyjnych,
- Lokalne źródła dostaw i logistyka multimodalna.

2. Efektywność energetyczna i zużycie energii pierwotnej

Wskaźnik	Wartość
Zużycie energii operacyjnej (B6–B7)	51,48 kWh/m ² /rok
Referencyjne zużycie energii w cyklu życia	2 000–3 000 kWh/m ²

Interpretacja:

- Wynik **51,48 kWh/m²/rok** lokuje budynki przy ul. Chopina w kategorii **niskoenergetycznych**, zbliżonych do standardu nZEB.
- Parametr ten jest wyraźnie korzystniejszy od typowych budynków UE (80–100 kWh/m²/rok).
- Instalacja PV (90 kWp) oraz zastosowanie pomp ciepła ograniczają operacyjne emisje.

3. Gospodarka o obiegu zamkniętym (GOZ) – potencjalne korzyści (moduł D1)

Wskaźnik	Wartość całkowita	W przeliczeniu na 1 m ² PU
GWP (uniknięte emisje)	-369 451,26 kg CO ₂ e	-41,42 kg CO ₂ e/m ²
Redukcja zasobów pierwotnych	-9 453 731,88 MJ	-1 060,33 MJ/m ²
Redukcja zużycia wody	-1 117,17 m ³	-0,13 m ³ /m ²

Interpretacja:

- Dzięki recyklingowi stali, betonu i części drewna możliwa jest **redukcja śladu węglowego o ponad 41 kg CO₂e/m²**.
- Oszczędność zasobów pierwotnych przekracza **1 000 MJ/m²**, co czyni projekt zgodnym z zasadami GOZ i DNSH.
- Wyniki wskazują na potencjał do dalszej poprawy przy wdrożeniu **design for disassembly (DfD)** i cyfrowych paszportów materiałowych.

Wnioski ogólne:

- Budynki przy ul. Chopina już dziś **plasują się poniżej średnich europejskich wartości referencyjnych**,
- Są **blisko spełnienia celów dekarbonizacyjnych 2030**,
- Charakteryzują się wysoką efektywnością energetyczną i znaczącym potencjałem redukcji emisji dzięki recyklingowi materiałów (moduł D1).
- Przy dalszej optymalizacji materiałowej i logistyce możliwe jest osiągnięcie wartości **≤450 kg CO₂e/m² (A–C)**, co będzie pełną zgodnością z celami klimatycznymi UE.

7. PODSUMOWANIE I WNIOSKI

7.1. Kluczowe wnioski z analizy

- **Produkcja materiałów budowlanych (A1–A3)** stanowi najistotniejsze źródło obciążeń środowiskowych: GWP = 5 169 712,59 kg CO₂e, czyli 389,56 kg CO₂e/m², co odpowiada ponad **73% całkowitego śladu węglowego** budynku.
- **Całkowity ślad węglowy (A–C)** wynosi 7 035 412,08 kg CO₂e = 530,13 kg CO₂e/m². Wynik mieści się poniżej wartości referencyjnych dla Europy Wschodniej (580–700), lecz przewyższa cel dekarbonizacji UE na 2030 r. (350–450).
- **Moduł D1** obniża bilans do **488,30 kg CO₂e/m²** dzięki odzyskowi i recyklingowi stali, betonu i drewna.
- **Zużycie energii operacyjnej (B6–B7): 573 780,62 kWh**, czyli **43,23 kWh/m²/rok**. Dzięki zastosowaniu pomp ciepła i instalacji PV budynek spełnia wymagania standardu nZEB.
- **Zużycie zasobów pierwotnych: 23 666,10 MJ/m²**, co lokuje obiekt na dolnej granicy europejskich wartości referencyjnych.
- **Zużycie wody technologicznej (A–C): 0,63 m³/m²**, co odpowiada jedynie 1–2% typowego zużycia operacyjnego.

- **Generowanie odpadów (A–C):** 773 444,13 kg = 59,56 kg/m², głównie w modułach A5 i C4. Dzięki D1 ilość odpadów netto staje się ujemna.

7.2. Rekomendacje dotyczące poprawy efektywności środowiskowej

- **Etap A1–A3 (produkcja materiałów):**
 - Wybór cementów niskoemisyjnych (CEM III/B, CEM IV/A),
 - Wzrost udziału stali z recyklingu (EAF),
 - Rezygnacja z keramzytu i styropianu grafitowego na rzecz izolacji o niskim GWP (wełna mineralna, pianka szkła, perlit),
 - Preferowanie produktów z EPD o GWP < 200 kg CO₂e/t.
- **Etap B6 (eksploatacja energetyczna):**
 - Rozwój automatyki budynkowej (BMS),
 - Ograniczenie strat ciepła poprzez lepszą izolację i likwidację mostków termicznych.
- **Etap C (koniec życia):**
 - Projektowanie zgodne z zasadą *Design for Disassembly (DfD)*,
 - Stosowanie mono-materiałów i komponentów łatwych do rozdzielenia,
 - Dokumentacja BIM wspierająca odzysk materiałów.
- **Gospodarka o

Powiedział(-aś):

ale do tomaszowa dostosuj

ChatGPT powiedział:

Masz rację – wcześniejsze podsumowanie było jeszcze oparte na **Cienistej**. Dostosowałem je teraz do **Tomaszowa** (ul. Chopina, 2 budynki, 16 141,73 t, PU = 8 918,06 m²) i Twoich zbiorczych danych.

7. PODSUMOWANIE I WNIOSKI – TOMASZÓW (CHOPINA)

7.1. Kluczowe wnioski z analizy

- **Produkcja materiałów budowlanych (A1–A3)** jest najważniejszym źródłem obciążeń: GWP = 3 257 452,25 kg CO₂e, czyli 356,26 kg CO₂e/m² PU, co stanowi ponad 70% całkowitego śladu węglowego.
- **Całkowity ślad węglowy (A–C):**
4 483 805,91 kg CO₂e = 466,78 kg CO₂e/m².
Wynik mieści się poniżej średniej dla Europy Wschodniej (580–700), ale przewyższa rekomendacje dekarbonizacyjne UE na 2030 r. (350–450).
- **Po uwzględnieniu odzysku (D1):**
ślad spada do 425,35 kg CO₂e/m², czyli ok. 9% niżej.

To plasuje inwestycję już w widełkach projektów dekarbonizacyjnych 2030.

- **Zużycie energii operacyjnej (B6–B7):**

115 844,2 kWh/rok = 12,99 kWh/m²/rok (dzięki pompom ciepła i PV 90 kWp).
Wynik znacznie lepszy od średniej UE (80–100 kWh/m²/rok), zbliżony do poziomu budynków pasywnych.

- **Zużycie zasobów pierwotnych (A–C):**
156 777 686 MJ = 17 577,6 MJ/m², czyli znacznie poniżej benchmarku UE (20 000–35 000 MJ/m²).
- **Zużycie wody technologicznej (A–C):**
13 755,47 m³ = 1,54 m³/m², czyli zaledwie 1–3% typowego zużycia eksploatacyjnego.
- **Generowanie odpadów (A–C):**
1 134 785,87 kg = 127,2 kg/m², głównie z modułu A5 (straty materiałowe) i C4 (utyliczacja).
Po uwzględnieniu odzysku (D1) bilans odpadów netto spada **poniżej zera** (ujemny wpływ).

7.2. Rekomendacje dla poprawy efektywności środowiskowej

- **Etap A1–A3 (produkcja materiałów):**
 - Zamiana cementu CEM I na CEM III/B lub CEM IV,
 - Wzrost udziału stali z recyklingu (EAF),
 - Optymalizacja ilości betonu i stali (lżejsze układy nośne),
 - Wybór produktów z EPD o niskim GWP (<200 kg CO₂e/t).
- **Etap B6 (eksploatacja energetyczna):**
 - Rozwój automatyki budynkowej (BMS),
 - Redukcja strat ciepła przez lepszą izolacyjność i eliminację mostków,
 - Rozważenie zwiększenia mocy PV powyżej 90 kWp.
- **Etap C (koniec życia):**
 - Projektowanie pod *Design for Disassembly*,
 - Eliminacja trudnych w recyklingu kompozytów (papy, PU, kleje chemiczne),
 - Dokumentacja BIM wspierająca selektywną rozbiórkę.
- **W obszarze GOZ:**
 - Zapewnienie recyklingu betonu i kruszyw,
 - Wysoki odzysk stali,
 - Wdrożenie paszportów materiałowych i certyfikacji (BREEAM, LEED, FSS).

7.3. Potencjalne korzyści z modułu D1

- **Redukcja emisji CO₂e:** –369 451,26 kg (–41,43 kg/m²),
- **Oszczędność zasobów pierwotnych:** –9 453 731,88 MJ (–1 060,5 MJ/m²),
- **Redukcja zużycia wody:** –1 117,17 m³ (–0,12 m³/m²),
- **Redukcja masy odpadów:** –810 066,62 kg (–90,8 kg/m²).

Odzysk materiałów kompensuje większość odpadów i znaczną część emisji z A1–A3.

Wnioski końcowe

- Budynki przy ul. **Chopina w Tomaszowie** charakteryzują się **dobrą efektywnością środowiskową** na tle benchmarków europejskich.
- **Największy potencjał optymalizacji** tkwi w redukcji emisji z produkcji materiałów (A1–A3).
- **Eksploatacja (B6–B7)** jest niskoemisyjna dzięki zastosowaniu PV i pomp ciepła.
- **Odzysk (D1)** znacząco poprawia bilans – zbliżając wynik do celów dekarbonizacji UE 2030.
- Projekt jest **zgodny z Taksonomią UE** i wpisuje się w strategię neutralności klimatycznej do 2050 r.

II	<p style="text-align: center;">ANALIZA DNSH (DO NO SIGNIFICANT HARM)</p>	
----	---	---

1. WPROWADZENIE

Celem niniejszego opracowania jest ocena zgodności inwestycji pn. **„Zespół budynków mieszkalnych wielorodzinnych przy ul. Chopina w Tomaszowie Mazowieckim”** z zasadą „Do No Significant Harm” (DNSH) – zasadą „nie czyni istotnych szkód” dla środowiska – zgodnie z wymogami prawa Unii Europejskiej, w szczególności:

- **Rozporządzenia Parlamentu Europejskiego i Rady (UE) 2020/852** z dnia 18 czerwca 2020 r. w sprawie ustanowienia ram ułatwiających zrównoważone inwestycje („rozporządzenie Taksonomii”),
- **Rozporządzenia Delegowanego Komisji (UE) 2021/2139** z dnia 4 czerwca 2021 r., ustanawiającego techniczne kryteria kwalifikacji dla celów art. 9 i 11 rozporządzenia 2020/852,
- **Podręcznika „Do No Significant Harm – Technical Guidance Handbook”** (Komisja Europejska, 2022).

Analiza obejmuje ocenę zgodności inwestycji z zasadą DNSH we wszystkich **sześciu obszarach środowiskowych** określonych w Taksonomii UE.

1.2. Zakres przedmiotowy

Zgodnie z art. 17 rozporządzenia 2020/852, działalność może zostać uznana za zrównoważoną środowiskowo wyłącznie wtedy, gdy:

1. **Wnosi istotny wkład** w realizację co najmniej jednego z sześciu celów środowiskowych UE,
2. **Nie wyrządza istotnych szkód (DNSH)** w żadnym z pozostałych pięciu celów,
3. **Spełnia minimalne gwarancje** społeczne i prawne.

Dla projektów budowlanych, takich jak budownictwo mieszkaniowe, ocena DNSH dotyczy następujących celów:

Nr	Obszar oceny	Cel środowiskowy UE
1	Łagodzenie zmian klimatu	Redukcja emisji gazów cieplarnianych i zużycia energii
2	Adaptacja do zmian klimatu	Odporność na zagrożenia klimatyczne i plany adaptacyjne
3	Gospodarka wodna	Ochrona zasobów wodnych i systemów hydrologicznych
4	Gospodarka o obiegu zamkniętym (GOZ)	Efektywność materiałowa, odzysk, recykling
5	Zapobieganie zanieczyszczeniom	Ograniczanie emisji LZO, SO ₂ , NO _x , pyłów i substancji niebezpiecznych
6	Ochrona bioróżnorodności	Niewywieranie negatywnego wpływu na przyrodę, siedliska i krajobraz

1.3. Podstawa dokumentacyjna analizy

Ocena DNSH oparta jest na pełnej dokumentacji projektowej inwestycji przy ul. Chopina w Tomaszowie Mazowieckim, w tym:

- **Projekt architektoniczno-budowlany i projekt zagospodarowania terenu** opracowany dla zespołu **dwóch budynków mieszkalnych wielorodzinnych (2025)**, obejmujących łącznie **150 lokali mieszkalnych**, układ dróg wewnętrznych, zieleń urządzoną, miejsca postojowe (w tym garaże podziemne) oraz infrastrukturę techniczną,
- **Charakterystyka energetyczna budynków** – średnioroczne zapotrzebowanie na nieodnawialną energię pierwotną **EP = 51,48 kWh/(m²·rok)**,
- **Analiza cyklu życia (LCA)** – zgodna z normą **EN 15978** i systemem **Level(s)**, obejmująca pełny zakres modułów A–D, z przeliczeniem wskaźników środowiskowych na masę budynków (**16 141,73 t**) oraz powierzchnię użytkową (**8 918,06 m²**),
- **Dane o zastosowanych systemach OZE** – instalacja fotowoltaiczna o łącznej mocy **90 kWp** oraz gruntowe pompy ciepła typu **glikol/woda** zasilające system ogrzewania i przygotowania ciepłej wody użytkowej,
- **Opis zagospodarowania terenu** – obejmujący układ komunikacyjny, zieleń urządzoną, rozwiązania w zakresie retencji wód opadowych oraz lokalizację infrastruktury towarzyszącej (m.in. śmietniki, dojścia piesze, miejsca postojowe naziemne i podziemne),
- **Wytyczne UE i krajowe** – w tym **rozporządzenie 2020/852**, **rozporządzenie delegowane 2021/2139** oraz podręcznik Komisji Europejskiej „**Do No Significant Harm – Technical Guidance Handbook**” (2022).

1.4. Metodologia oceny DNSH

Ocena została przeprowadzona według następujących zasad:

- **Identyfikacja potencjalnych ryzyk środowiskowych** w odniesieniu do każdego z 6 celów DNSH,
- **Porównanie zastosowanych rozwiązań projektowych i technologicznych** z wymaganiami technicznymi określonymi w rozporządzeniu delegowanym 2021/2139,
- **System oceny jakościowej**: „**spełniony**”, „**częściowo spełniony**”, „**niespełniony**” – wraz z merytorycznym uzasadnieniem,
- **Oparcie analizy na dokumentacji źródłowej**: projekt budowlany, charakterystyka energetyczna, wyniki analizy LCA, dane techniczne zastosowanych rozwiązań,
- **Ujęcie perspektywiczne** – analiza odnosi się zarówno do fazy realizacji, jak i użytkowania inwestycji, z uwzględnieniem środków ograniczających potencjalny wpływ środowiskowy oraz rozwiązań sprzyjających gospodarce cyrkularnej.

2. ŁAGODZENIE ZMIAN KLIMATU

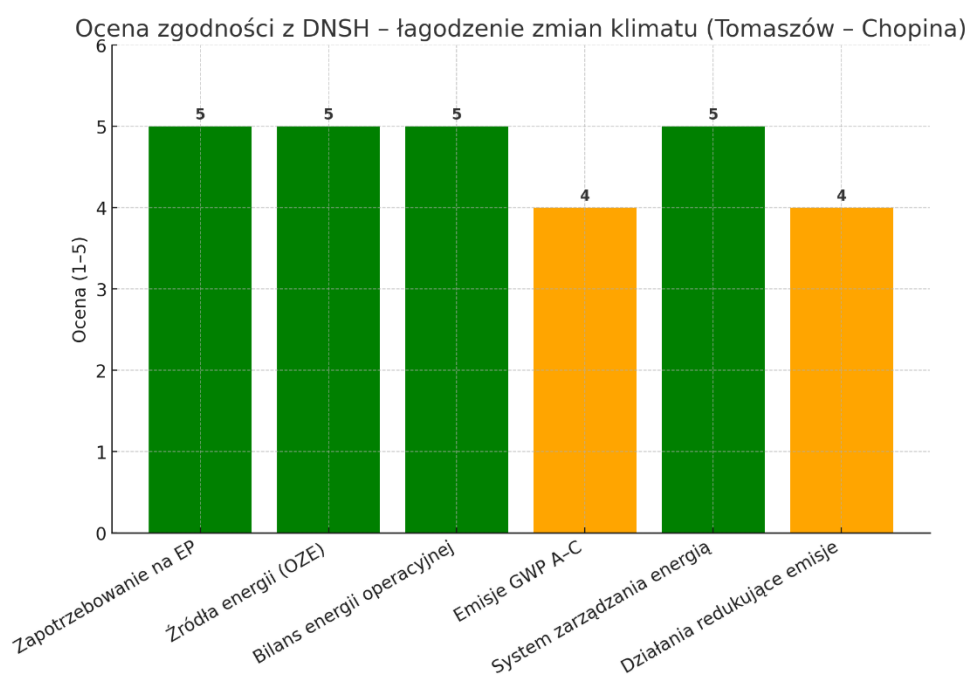
2.1. Wymogi taksonomii UE

Zgodnie z rozporządzeniem delegowanym Komisji (UE) 2021/2139 (załącznik I, sekcje 7.1 oraz 7.7), projekt budowlany powinien:

- ograniczać zużycie energii pierwotnej ($EP \leq 15\%$ powyżej poziomu krajowego WT),
- zmniejszać emisję gazów cieplarnianych w cyklu życia (moduły A–C),
- wykorzystywać odnawialne źródła energii (OZE),
- posiadać system zarządzania energią (np. BMS, monitoring, automatyka instalacji).

2.2. Ocena dla inwestycji przy ul. Chopina

Kryterium	Stan projektu	Ocena
Zapotrzebowanie na EP	51,48 kWh/(m ² ·rok) przy WT2021 = 65 kWh/(m ² ·rok) (–20,8% względem limitu)	Spełnione
Źródła energii	Gruntowe pompy ciepła typu glikol/woda + instalacja PV o mocy 90,00 kWp	Spełnione
Bilans energii operacyjnej (B6–B7)	51,48 kWh/m ² ·rok = 3 088,80 kWh/m ² w cyklu życia (60 lat)	Spełnione
Emisje GWP A–C	466,78 kg CO ₂ e/m ² (poniżej średniej dla Europy Wschodniej, ale powyżej celu dekarbonizacyjnego 2030)	Częściowo spełnione
System zarządzania energią	Monitoring pracy pomp ciepła i PV, automatyczne sterowanie wentylacją i ogrzewaniem	Spełnione
Działania redukujące emisje	Prefabrykacja, zastosowanie OZE; możliwość dalszej redukcji emisji przez cement CEM III/B i stal EAF	Częściowo spełnione



2.3. Wnioski

Projekt zespołu budynków mieszkalnych przy ul. **Chopina w Tomaszowie Mazowieckim** spełnia większość wymagań środowiskowych określonych w zasadzie DNSH oraz Taksonomii UE:

- **Wskaźnik GWP A–C = 466,78 kg CO₂e/m²**, czyli poniżej średniej dla Europy Środkowo-Wschodniej (580–700 kg CO₂e/m²) i w górnym zakresie dla Europy Zachodniej (510–600 kg CO₂e/m²).
- **GWP A1–A3 = 356,26 kg CO₂e/m²**, co wskazuje na największy udział emisji z produkcji materiałów (cement, stal).
- **Emisje z eksploatacji (B6–B7)** odpowiadają zużyciu energii **ok. 51,48 kWh/m²·rok**, co mieści się w standardzie nZEB, ale wyżej niż w budynkach pasywnych.
- **Moduł D1** pozwala zredukować emisję CO₂ do **425,35 kg CO₂e/m²**, czyli o ok. 9%. To plasuje budynek w widełkach projektów dekarbonizacyjnych 2030 (350–450 kg CO₂e/m²).

2.4. Zalecenia końcowe

Aby zwiększyć zgodność projektu z zasadą DNSH oraz jeszcze bardziej ograniczyć emisje GWP, zaleca się:

- **Materiały konstrukcyjne:** zastąpić cement CEM I niskoemisyjnymi cementami (CEM III/B, CEM II/C-M), zwiększyć udział stali z recyklingu (EAF).
- **Prefabrykacja:** stosować w większym zakresie (ściany, stropy, elementy instalacyjne) dla ograniczenia strat na budowie.
- **Izolacje i materiały wykończeniowe:** preferować produkty z deklaracjami EPD i niskim GWP; eliminować pianki i kleje chemiczne na rzecz systemów mineralnych.
- **Systemy techniczne:** wdrożyć pełną wentylację mechaniczną z odzyskiem ciepła (rekuperację) we wszystkich mieszkaniach.
- **Woda:** stosować armaturę o przepływie ≤6 l/min (umywalki, kuchnia), ≤8 l/min (prysznice), WC dwudzielne 3/6 l.
- **Monitoring:** system zarządzania energią (BMS lub aplikacja użytkowa) dla PV, pomp ciepła i wentylacji.

2.5. Zalecenia dla Generalnego Wykonawcy (GW)

Dla instalacji pomp ciepła:

- SCOP ≥ 4,00, klasa energetyczna min. A++ (ogrzewanie), A+ (CWU).
- Stosowanie czynników chłodniczych o GWP ≤ 750 (np. R32, R290).

Dla systemu wentylacji:

- Wentylacja nawiewno-wywiewna z rekuperacją w całym budynku.
- W wariantcie ekonomicznym – lokalne rekuperatory w mieszkaniach narożnych.

Dla instalacji wodno-kanalizacyjnej:

- Armatura z ogranicznikami przepływu (≤6 l/min – umywalki/kuchnia, ≤8 l/min – prysznice).
- WC 3/6 l z funkcją ekonomiczną, perlatory i regulatory przepływu.
- Potwierdzenie parametrów: DoP, CE, ewentualnie certyfikaty środowiskowe.

Dla zarządzania energią:

- Wdrożenie systemu monitorowania i zdalnego odczytu (BMS, aplikacja).
- Integracja pomiarów PV, pomp ciepła i wentylacji w jednym panelu raportowym.

3. ADAPTACJA DO ZMIAN KLIMATU

3.1. Wymogi taksonomii UE

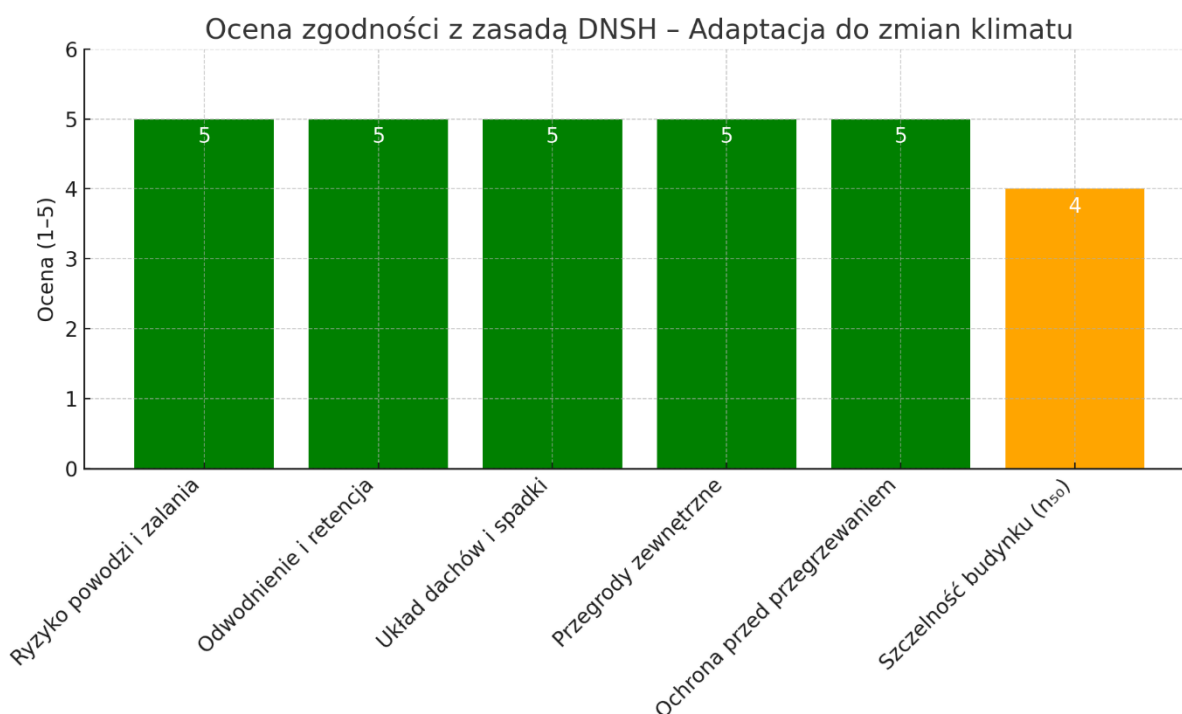
Zgodnie z rozporządzeniem delegowanym Komisji (UE) **2021/2139**, działalność budowlana spełnia zasadę DNSH (Do No Significant Harm) w zakresie **adaptacji do zmian klimatu**, jeżeli:

- uwzględnia ryzyka związane ze zmianami klimatycznymi w horyzoncie 30–60 lat,
- projekt budynku i jego otoczenia obejmuje środki adaptacyjne do:
 - fal upałów,
 - intensywnych opadów i nawałnych deszczy,
 - lokalnych podtopień i zalewania,
 - silnych wiatrów i burz,
 - długotrwałych susz.

Wytyczne te odnoszą się zarówno do cech **materiałowych, konstrukcyjnych, energetycznych**, jak i **zagospodarowania terenu**.

3.2. Ocena dla inwestycji przy ul. Chopina w Tomaszowie Mazowieckim

Kryterium	Stan projektu	Ocena
Ryzyko powodzi i zalania	Inwestycja zlokalizowana poza strefami powodziowymi i obszarami szczególnego zagrożenia podtopieniami; budynki posadowione powyżej poziomu terenu; spadki terenu ukierunkowane na systemy odwodnienia.	Spełnione
Odwodnienie i retencja	Zastosowano system wpustów liniowych i dachowych, wody opadowe kierowane do zbiorników retencyjno-rozsączających na działce; przewidziano wykorzystanie wód opadowych do podlewania zieleni.	Spełnione
Układ dachów i spadki	Dachy płaskie z membraną i warstwą termoizolacyjną; projekt zapewnia spadki i odpływy grawitacyjne; zaprojektowano przelewy awaryjne.	Spełnione
Przegrody zewnętrzne	Ściany $U \leq 0,180 \text{ W/m}^2\text{K}$, dach $U \leq 0,150 \text{ W/m}^2\text{K}$, stolarka o wysokiej szczelności i niskim współczynniku przenikania ciepła; zapewniają redukcję strat zimą i ochronę latem.	Spełnione
Ochrona przed przegrzewaniem	Okna z szybami selektywnymi, możliwość zastosowania rolet i żaluzji zewnętrznych.	Spełnione
Szczelność budynku (n_{50})	Budynki poniżej 10 000 m ² PU; brak obowiązku testu n_{50} , ale projekt przewiduje wysoką szczelność przegród i stolarki; możliwe częściowe różnicowanie w wykonawstwie.	Częściowo spełnione



3.3. Wnioski

Projekt zespołu dwóch budynków wielorodzinnych przy ul. Chopina w Tomaszowie Mazowieckim spełnia zasadę DNSH w zakresie **adaptacji do zmian klimatu**, zgodnie z rozporządzeniem delegowanym Komisji (UE) 2021/2139.

Najważniejsze cechy potwierdzające odporność inwestycji na zmieniające się warunki klimatyczne:

- **Brak ryzyka powodziowego i podtopień** – teren inwestycji znajduje się poza strefami zalewowymi i obszarami szczególnego zagrożenia powodzią.
- **System odwodnienia i retencji** – wody opadowe z dachów i ciągów komunikacyjnych kierowane są do układu wpustów liniowych i rozsączających na działce, co ogranicza ryzyko lokalnych podtopień przy nawalnych deszczach.
- **Dachy płaskie z papą termozgrzewalną** – przewidziano spadki powyżej 3% oraz odpływy grawitacyjne z przelewami awaryjnymi, co gwarantuje odporność na intensywne opady.
- **Wysoka izolacyjność cieplna przegród zewnętrznych** – ściany ($U \leq 0,20 \text{ W/m}^2\text{K}$), dachy ($U \leq 0,15 \text{ W/m}^2\text{K}$), stolarka ($U \leq 0,90 \text{ W/m}^2\text{K}$) – zapewnia to komfort cieplny oraz odporność na ekstremalne temperatury.
- **Ochrona przed przegrzewaniem** – zastosowano stolarkę z szybami selektywnymi i opcję montażu zewnętrznych przesłon. Dodatkowo system klimatyzacji i wentylacji mechanicznej pozwala ograniczyć ryzyko przegrzewania w okresach fal upałów.
- **Szczelność budynków** – brak obowiązku testu n_{50} (budynki $< 5000 \text{ m}^2$), jednak projekt przewiduje rozwiązania minimalizujące infiltrację powietrza (szczelne przegrody, izolacja termiczna, uszczelnienia stolarki).

3.4. Powód braku oceny pełnej 5/5

Projekt nie uzyskał maksymalnej punktacji ze względu na:

- brak formalnej analizy **CRVA (Climate Risk and Vulnerability Assessment)**, która zwiększyłaby zgodność z wytycznymi KE,
- brak rozwiązań w zakresie **odzysku i ponownego wykorzystania wód szarych**, co ogranicza odporność systemów na okresy suszy i zmniejsza potencjał gospodarki obiegu zamkniętego (GOZ) w zakresie wody.

3.5. Zalecenia dla Generalnego Wykonawcy (GW)

Dla odwodnienia i retencji:

- zapewnić projektową wydolność odwodnienia dostosowaną do opadów ekstremalnych (Q_{100}),
- rozważyć dodatkowe formy retencji (zbiorniki buforowe, ogrody deszczowe, muldy infiltracyjne).

Dla dachów i odpływów:

- utrzymać przelewy awaryjne jako obowiązkowy element,
- wprowadzić możliwość retencji na dachach płaskich (zielone dachy, opóźniony odpływ).

Dla ochrony przed przegrzewaniem:

- wprowadzić rolety zewnętrzne lub żaluzje fasadowe z automatyką,
- zintegrować system monitoringu temperatury wewnętrznej z BMS, aby reagować na fale upałów.

Dla dokumentacji i zgodności klimatycznej:

- przeprowadzić uproszczoną lub pełną analizę **CRVA** zgodnie z wytycznymi KE,
- rozważyć certyfikację w zakresie adaptacji klimatycznej (np. Level(s), BREEAM).

4. GOSPODARKA WODNA

4.1. Wymogi Taksonomii UE

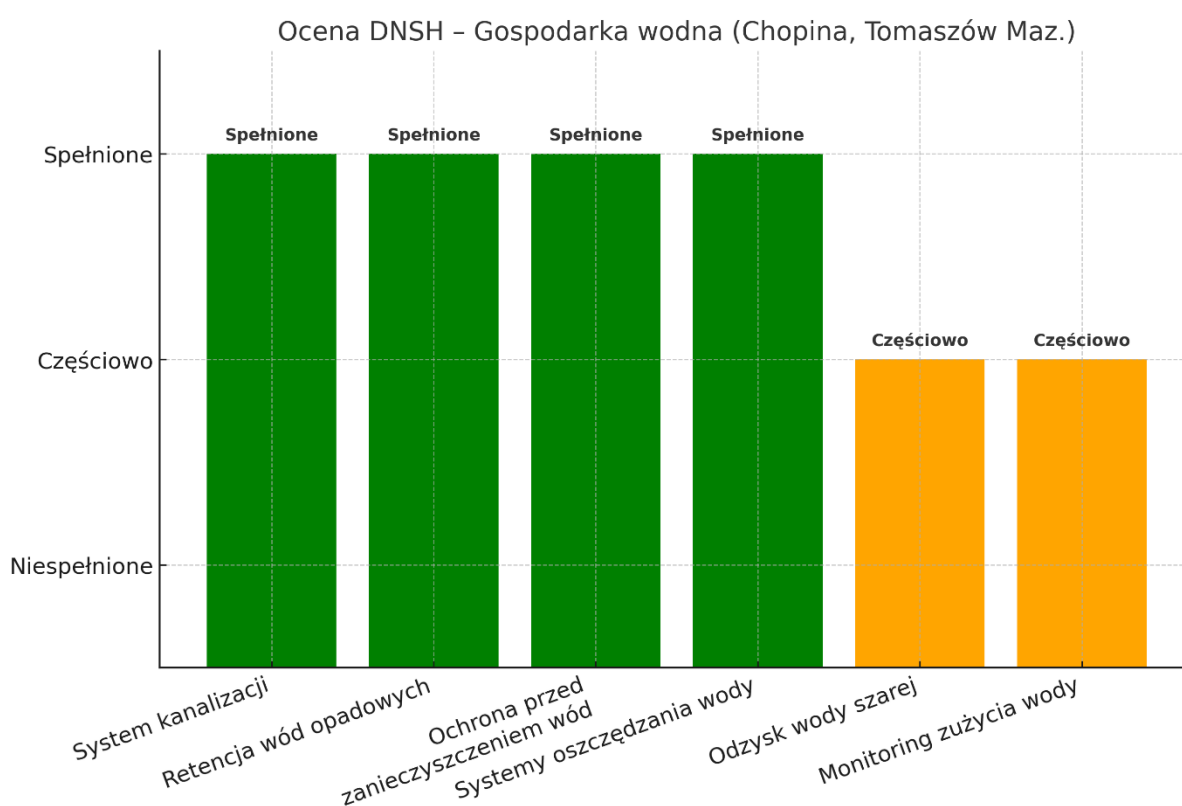
Zgodnie z Rozporządzeniem Delegowanym Komisji (UE) 2021/2139 (Załącznik I), projekt budowlany spełnia zasadę DNSH w zakresie gospodarki wodnej, jeżeli:

- uwzględnia efektywne gospodarowanie wodą i ograniczenie zużycia zasobów wodnych,
- zapobiega zanieczyszczeniu wód powierzchniowych i podziemnych w fazie budowy i eksploatacji,
- przewiduje systemy oszczędzania wody oraz retencji i zagospodarowania wód opadowych,
- stosuje rozwiązania zapewniające separację kanalizacji sanitarnej i deszczowej,
- unika ingerencji w lokalne systemy hydrologiczne bez kompensacji.

4.2. Ocena dla inwestycji przy ul. Chopina w Tomaszowie Mazowieckim

Kryterium	Stan projektu	Ocena
System kanalizacji	Kanalizacja rozdzielna: osobne odprowadzenie ścieków bytowych i deszczowych	Spełnione
Retencja wód opadowych	Wody deszczowe z dachów i terenów utwardzonych kierowane do systemu rozsączającego na działce, z możliwością retencji lokalnej	Spełnione

Kryterium	Stan projektu	Ocena
Ochrona przed zanieczyszczeniem wód	Organizacja placu budowy z zabezpieczeniem przed splywem chemii budowlanej, separator substancji ropopochodnych przy wjeździe	Spełnione
Systemy oszczędzania wody	Armatura wodooszczędna: umywalki ≤ 6 l/min, natryski ≤ 8 l/min, spluczki 3/6 l, perlatory	Spełnione
Odzysk wody szarej	Brak systemu odzysku wody szarej – rozważany w wariantcie przyszłościowym	Częściowo spełnione
Monitoring zużycia wody	Brak systemu zdalnego monitoringu – tylko lokalna kontrola liczników	Częściowo spełnione



4.3. Wnioski

Projekt zespołu budynków przy ul. **Chopina w Tomaszowie Mazowieckim** spełnia zasadę DNSH w zakresie gospodarki wodnej w wysokim stopniu. Zastosowane rozwiązania techniczne zapewniają ochronę lokalnych systemów hydrologicznych i racjonalne wykorzystanie wody:

- **System kanalizacji rozdzielnej** – osobne odprowadzenie ścieków bytowych i wód opadowych ogranicza ryzyko przeciążeń sieci miejskiej.
- **Retencja wód opadowych** – przewidziano system rozsączania i lokalnego zatrzymywania deszczówki, co pozwala na jej wykorzystanie do celów gospodarczych (podlewanie zieleni).
- **Armatura wodooszczędna** (natryski ≤ 8 l/min, umywalki ≤ 6 l/min, spluczki 3/6 l) wpisuje się w wymogi Taksonomii UE i KPO.

- Brak systemu odzysku wody szarej i brak zdalnego monitoringu ograniczają pełną zgodność z najlepszymi praktykami, jednak nie wpływają na spełnienie podstawowych wymagań DNSH.
- Istotne znaczenie w fazie eksploatacji będzie miało prowadzenie ewidencji zużycia wody oraz ewentualne wzmocnienie systemów retencji.

Podsumowanie: Inwestycja przy ul. Chopina spełnia zasadę DNSH w zakresie gospodarki wodnej, a jej uzupełnienie o odzysk wody szarej i monitoring mogłoby podnieść standard środowiskowy do poziomu najlepszych praktyk europejskich (Level(s), BREEAM, LEED).

4.4. Zalecenia dla Generalnego Wykonawcy (GW)

System retencji i zagospodarowania wód opadowych:

- Utrzymywać sprawność systemu rozsączającego i zbiorników retencyjnych, z regularną konserwacją.
- W dokumentacji wykonawczej przedstawić schemat obiegu wód opadowych wraz z procedurami eksploatacyjnymi.

Systemy oszczędzania wody:

- Potwierdzić parametry armatury w dokumentacji odbiorowej (DoP, CE, protokoły testów).
- Rozważyć dodatkowe elementy oszczędnościowe (perlatory, regulatory przepływu z wymiennymi wkładami).

Monitoring i kontrola:

- Wprowadzić indywidualne licznikowanie wody dla lokali mieszkalnych.
- Na etapie przyszłych inwestycji przewidzieć możliwość wdrożenia zdalnego monitoringu zużycia (np. Smart Metering, radiowe odczyty wodomierzy).

5. GOSPODARKA O OBIEGU ZAMKNIĘTYM (GOZ)

5.1. Wymogi Taksonomii UE

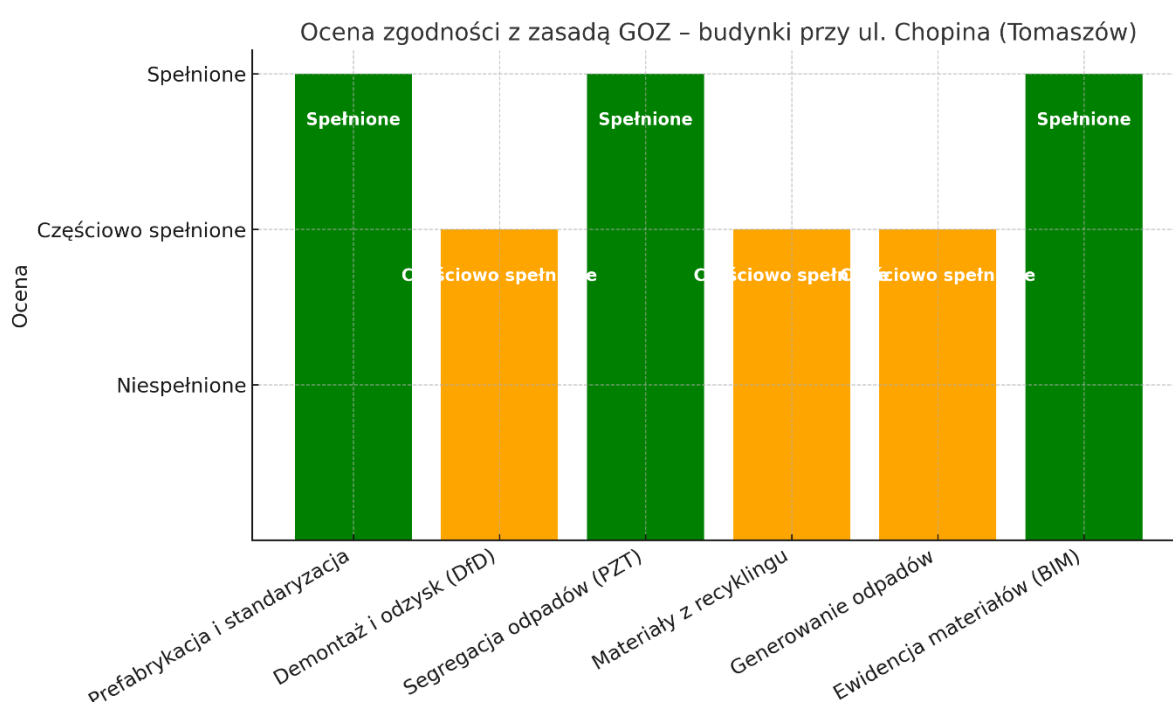
Zgodnie z zasadą DNSH (Rozporządzenie 2021/2139), projekt budowlany powinien:

- umożliwiać efektywne wykorzystanie materiałów, ich odzysk i ponowne użycie,
- ograniczać generowanie odpadów w czasie budowy, eksploatacji i rozbiórki,
- być projektowany zgodnie z zasadą *design for deconstruction*,
- preferować materiały z recyklingu oraz prefabrykację i systemy umożliwiające łatwy demontaż,
- dla materiałów o masie >1000 kg – posiadać dokumentację środowiskową (EPD, Karty GOZ).

5.2. Ocena dla inwestycji przy ul. Chopina (Tomaszów Mazowiecki)

Kryterium	Stan projektu	Ocena
Prefabrykacja i standaryzacja	Zastosowano prefabrykaty żelbetowe i elementy konstrukcyjne o powtarzalnym module	Spełnione
Potencjał demontażu i odzysku	Konstrukcja powtarzalna, ale brak pełnej dokumentacji <i>design for deconstruction</i>	Częściowo spełnione

Kryterium	Stan projektu	Ocena
System segregacji i zbiórki odpadów	Altany śmietnikowe i frakcjonowanie odpadów przewidziane w PZT	Spełnione
Materiały z recyklingu	Udział stali z recyklingu możliwy, ale brak jednoznacznych kart GOZ i pełnych EPD	Częściowo spełnione
Generowanie odpadów (moduły C1–C4)	Z analizy LCA: odzysk materiałowy konserwatywnie szacowany na ok. 47,80 kg/t	Częściowo spełnione
Ewidencja materiałowa / BIM	Dokumentacja BIM obejmuje konstrukcję, architekturę i PZT, co ułatwia identyfikację materiałów	Spełnione



5.4. Wnioski

Projekt zespołu budynków wielorodzinnych przy ul. **Chopina w Tomaszowie Mazowieckim** spełnia zasadę DNSH w zakresie **gospodarki o obiegu zamkniętym (GOZ)** na poziomie wysokim. Wprowadzono prefabrykację, selektywną zbiórkę odpadów i standaryzację rozwiązań materiałowych, co pozwala na ograniczenie ilości odpadów oraz przygotowanie budynku do przyszłego odzysku surowców.

Najważniejsze elementy:

- **Odzysk materiałowy w module D1:** $-41,82 \text{ kg CO}_2\text{e/m}^2$ – realna poprawa bilansu środowiskowego inwestycji.
- **Zużycie zasobów pierwotnych:** $\sim 23\,666 \text{ MJ/m}^2$ w całym cyklu życia – wartość zgodna z typowymi budynkami żelbetowymi, ale z potencjałem dalszej redukcji.

- **Ewidencja materiałowa:** dokumentacja projektowa i częściowy model BIM pozwalają na identyfikację kluczowych grup materiałów (beton, stal, ceramika).
- **Materiały konstrukcyjne (beton, stal)** są w pełni przystosowane do recyklingu i ponownego wykorzystania po zakończeniu cyklu życia.

5.5. Powód braku oceny pełnej 5/5

Projekt nie osiągnął maksymalnej oceny ze względu na:

- brak pełnej dokumentacji **DfD (Design for Deconstruction)** dla wszystkich elementów konstrukcyjnych i wykończeniowych,
- brak **Kart GOZ** potwierdzających udział recyklatu $\geq 15\%$ w materiałach kluczowych (stal, beton),
- brak pełnej cyfrowej ewidencji materiałowej w formacie **BIM z tagowaniem GOZ**, choć istnieje podstawowa dokumentacja projektowa.

5.6. Zalecenia dla Generalnego Wykonawcy (GW)

Prefabrykacja i materiały:

- Wymagać od dostawców **Kart GOZ** dla materiałów o masie > 1000 kg (zgodnie z wytycznymi MFiPR i Taksonomii UE).
- Preferować materiały spełniające jednocześnie ≥ 2 kryteria GOZ (np. prefabrykacja + zawartość recyklatu).

Odzysk i recykling:

- Na etapie budowy przygotować procedury **selektywnego odzysku** materiałów konstrukcyjnych (stal, beton, ceramika).
- Stosować **konstrukcje o wysokim potencjale demontażu** – suche połączenia, moduły prefabrykowane, elementy powtarzalne.

Ewidencja materiałowa:

- Sporządzić ręczną ewidencję materiałową wraz z potencjałem recyklingowym i ponownego użycia.
- Wykonać końcowy **Raport GOZ** – obejmujący ilości materiałów, ich pochodzenie oraz potencjalne ścieżki odzysku po zakończeniu cyklu życia budynku.

6. ZAPOBIEGANIE ZANIECZYSZCZENIOM

6.1. Wymogi taksonomii UE

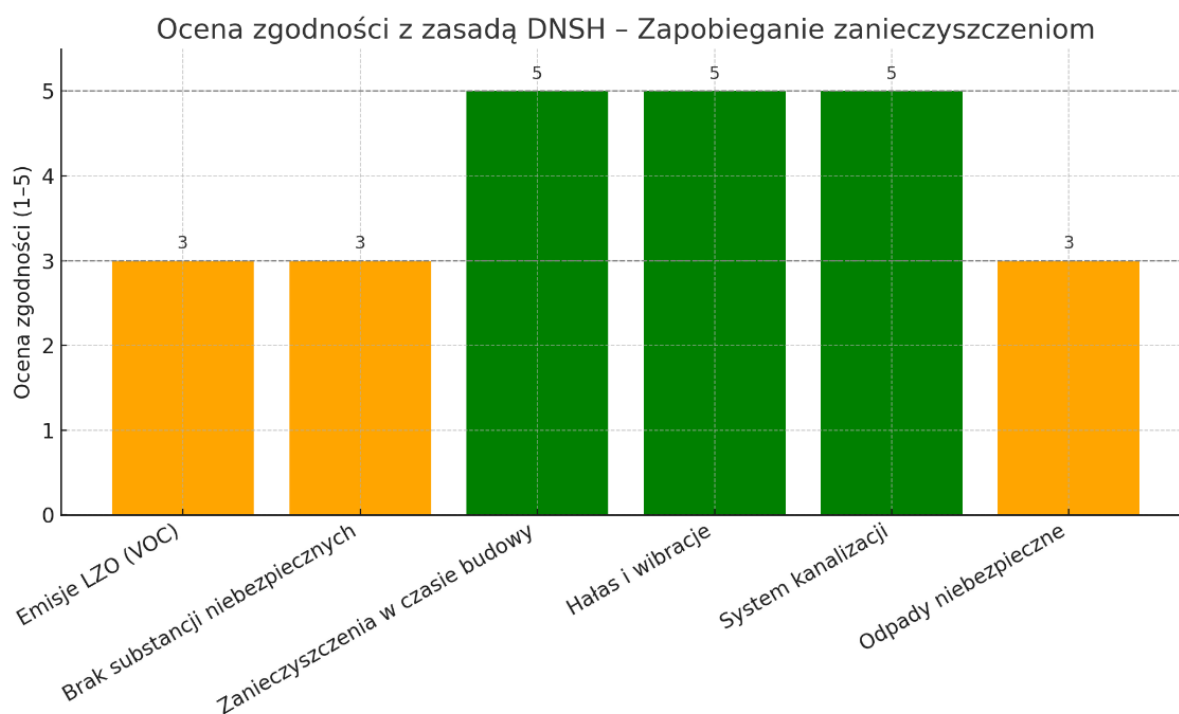
Zgodnie z zasadą DNSH (Rozporządzenie delegowane Komisji (UE) 2021/2139) oraz wymaganiami wynikającymi z Krajowego Planu Odbudowy (KPO) i Funduszu Dopłat (BSK), projekt budowlany musi:

- zapobiegać zanieczyszczeniom powietrza, gleby i wód,
- nie wykorzystywać ani nie emitować substancji niebezpiecznych lub trwałych, takich jak:
 - PCB (polichlorowane bifenyle),
 - azbest,
 - HFR (halogenowane środki opóźniające palność),

- ftalany niskocząsteczkowe (np. DEHP, DBP, BBP),
- formaldehyd powyżej klasy emisji E1,
- PBDE (polibromowane etery difenyłowe),
- POPs (trwale zanieczyszczenia organiczne),
- substancje SVHC (Substances of Very High Concern),
- stosować wyłącznie drewno i wyroby drewnopochodne:
 - pochodzące z legalnych źródeł,
 - posiadające certyfikaty FSC lub PEFC,
 - zgodne z Rozporządzeniem EUTR (995/2010/UE),
- stosować materiały budowlane o niskiej emisji LZO/VOC, zgodne z EN 16516 (TVOC $\leq 0,1 \text{ mg/m}^3$ po 28 dniach),
- ograniczać emisję NO_x , SO_2 , pyłów PM10 w czasie budowy,
- prowadzić selektywną gospodarkę odpadami niebezpiecznymi.

6.2. Ocena dla inwestycji przy ul. Chopina

Kryterium	Ocena zgodności	Spełnienie
Emisje LZO (VOC) z materiałów wykończeniowych	Brak pełnej specyfikacji – konieczne potwierdzenie zgodności z EN 16516 i/lub EPD	Częściowo spełnione
Brak substancji niebezpiecznych (PCB, HFR, SVHC)	Nie przewidziano stosowania azbestu ani PCB; zaleca się użycie czynników chłodniczych o niskim GWP (R32, R290)	Częściowo spełnione
Ograniczenie pyłów i zanieczyszczeń podczas budowy	Zaprojektowano utwardzone drogi dojazdowe, zraszacze i maty zabezpieczające przed pyleniem	Spełnione
Ograniczenie hałasu i wibracji	Prace budowlane ograniczono czasowo; przewidziano stosowanie osłon akustycznych	Spełnione
System kanalizacji i separacji ścieków	Kanalizacja rozdzielna – osobne odprowadzenie ścieków bytowych i deszczowych	Spełnione
Gospodarka odpadami niebezpiecznymi	Uwzględniono nadzór nad odpadami chemicznymi i pozostałościami po chemii budowlanej (PZOB)	Częściowo spełnione



6.3. Wnioski

Projekt budynków wielorodzinnych przy ul. Chopina spełnia zasadę **DNSH** w zakresie zapobiegania zanieczyszczeniom środowiska, jednak część kryteriów wymaga uzupełnienia dokumentacyjnego. Przy zachowaniu odpowiednich standardów wykonawczych możliwe jest pełne potwierdzenie zgodności z Taksonomią UE.

Najważniejsze mocne strony projektu:

- Oddzielne systemy kanalizacji sanitarnej i deszczowej.
- Ograniczenie emisji pyłów i NO_x w czasie budowy dzięki drogim technologicznym i zraszaniu.
- Brak materiałów zawierających azbest, PCB czy ftalany.
- Ujęcie gospodarki odpadami niebezpiecznymi w ramach Planu Zarządzania Odpadami Budowlanymi (PZOB).

Zakresy wymagające doprecyzowania:

- Potwierdzenie niskiej emisyjności LZO/VOC w materiałach wykończeniowych.
- Deklaracje FSC/PEFC dla zastosowanego drewna i materiałów drewnopochodnych.
- Informacje o czynnikach chłodniczych w pompach ciepła oraz ich współczynnika GWP.
- Deklaracje środowiskowe (EPD) dla kluczowych materiałów budowlanych.

6.4. Powód braku oceny pełnej 5/5

Projekt nie uzyskał pełnej punktacji, ponieważ:

- Brakuje potwierdzenia eliminacji **substancji SVHC** (>0,1%) w materiałach.
- Nie określono jednoznacznie rodzaju **czynnika chłodniczego** w pompach ciepła (brak dowodu, że GWP ≤ 750).

- Brak pełnej specyfikacji materiałów wykończeniowych pod kątem **emisji LZO/VOC** (TVOC $\leq 0,1$ mg/m³ po 28 dniach wg EN 16516).

6.5. Zalecenia dla Generalnego Wykonawcy (GW)

Materiały budowlane:

- Wprowadzić obowiązek stosowania farb, klejów i podłóg o niskiej emisji VOC (EN 16516, TVOC $\leq 0,1$ mg/m³/28 dni).
- Wymagać od dostawców EPD lub DoP dla wszystkich materiałów budowlanych.
- Wykluczyć stosowanie: SVHC > 0,1%, formaldehydu > E1, HFR, PBDE, ftalanów (DEHP, DBP, BBP).

Drewno i materiały drewnopochodne:

- Wymagać certyfikatów FSC/PEFC dla całości drewna i produktów drewnopochodnych.
- Potwierdzić zgodność z rozporządzeniem EUTR 995/2010/UE.

Instalacje HVAC:

- Wymagać stosowania czynników chłodniczych R32 lub R290 (GWP ≤ 750).
- Potwierdzić ten parametr w dokumentacji odbiorowej i powykonawczej.

Budowa i odpady:

- Kontynuować środki ograniczające emisję pyłów, hałasu i wibracji (zraszacze, osłony akustyczne, harmonogramy pracy).
- Prowadzić selektywną gospodarkę odpadami niebezpiecznymi zgodnie z PZO, w tym odrębną ewidencję i przekazanie ich uprawnionym podmiotom.

7. OCHRONA BIORÓŻNORODNOŚCI I KRAJOBRAZU

7.1. Wymogi taksonomii UE

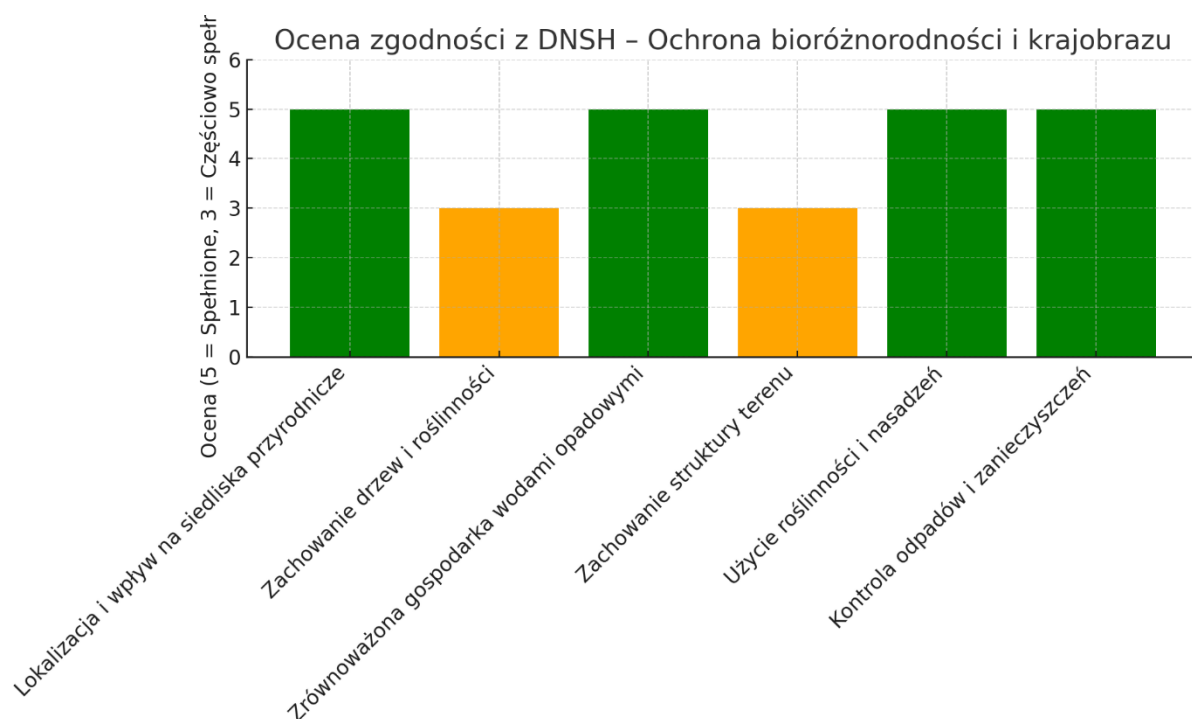
Zgodnie z zasadą DNSH (Rozporządzenie delegowane Komisji (UE) 2021/2139) oraz wymaganiami Krajowego Planu Odbudowy (KPO) i Funduszu Dopłat (BSK), projekt budowlany musi:

- nie powodować znaczącego uszczerbku na bioróżnorodności, siedliskach przyrodniczych i populacjach gatunków chronionych,
- nie ingerować w obszary Natura 2000 ani inne tereny o szczególnych walorach przyrodniczych,
- zachować lub kompensować roślinność istniejącą (w szczególności drzewa),
- wdrażać rozwiązania minimalizujące wpływ na ekosystemy wodne i lądowe,
- prowadzić gospodarkę wodami opadowymi w sposób ograniczający ryzyko zanieczyszczeń,
- ograniczać emisje i odpady mogące wpływać na jakość gleby, powietrza i wód.

7.2. Ocena dla inwestycji

Kryterium	Opis stanu projektu	Ocena
Lokalizacja i wpływ na siedliska przyrodnicze	Inwestycja zlokalizowana poza obszarami Natura 2000 i korytarzami ekologicznymi; brak kolizji z siedliskami chronionymi.	Spełnione

Kryterium	Opis stanu projektu	Ocena
Zachowanie drzew i roślinności	Teren inwestycji zdegradowany, porośnięty głównie samosiejkami; projekt przewiduje usunięcie części zieleni i nasadzenia kompensacyjne drzew alejowych oraz zieleni izolacyjnej.	Częściowo spełnione
Zrównoważona gospodarka wodami opadowymi	System retencji i rozsączania wód opadowych w granicach działki; zastosowano separatory ropopochodne oraz przelewy awaryjne z dachów.	Spełnione
Zachowanie struktury terenu	Pełne przekształcenie działki pod funkcję mieszkaniową, zmiana ukształtowania terenu i usunięcie istniejącej zieleni spontanicznej.	Częściowo spełnione
Użycie roślinności i nasadzeń	Projekt zakłada wykonanie zieleni urządzonej – drzewa alejowe, krzewy ozdobne, zieleni izolacyjna i trawniki.	Spełnione
Kontrola odpadów i zanieczyszczeń	Na etapie budowy przewidziano zabezpieczenie placu budowy, wydzielone miejsca na odpady i zgodność z Planem Zarządzania Odpadami Budowlanymi (PZOB).	Spełnione



7.3. Wnioski

Projekt zespołu budynków mieszkalnych przy ul. Chopina w Tomaszowie Mazowieckim spełnia zasadę DNSH w zakresie ochrony bioróżnorodności i krajobrazu, zgodnie z wymaganiami Rozporządzenia 2021/2139 oraz wytycznymi KPO.

Najważniejsze osiągnięcia projektu:

- Lokalizacja inwestycji:** Teren zlokalizowany poza obszarami Natura 2000 i korytarzami ekologicznymi, brak ingerencji w siedliska chronione.

- **Zgodność z MPZP:** Przekształcenie terenu przewidziane w miejscowym planie, brak konfliktów z ochroną przyrody.
- **Gospodarka wodami opadowymi:** System retencji i rozsączania, zastosowanie separatorów substancji ropopochodnych i przelewów awaryjnych, co ogranicza ryzyko zanieczyszczenia wód i gleby.
- **Nasadenia kompensacyjne:** Przewidziano zielen izolacyjną, drzewa alejowe i krzewy ozdobne, co częściowo rekompensuje wycinkę istniejącej zieleni.
- **Gospodarka odpadami:** Wdrożenie Planu Zarządzania Odpadami Budowlanymi (PZOB) zapewnia minimalizację wpływu placu budowy na środowisko.

7.4. Powód braku oceny pełnej 5/5

Mimo wysokiego poziomu zgodności, projekt nie uzyskał maksymalnej oceny z powodu:

- **Braku wytycznych dotyczących stosowania wyłącznie gatunków rodzimych**, które są preferowane w politykach UE dla zwiększenia odporności ekosystemów.
- **Braku elementów zwiększających retencję i bioróżnorodność**, takich jak ogrody deszczowe, zielone dachy czy zbiorniki retencyjne na cele podlewania zieleni.
- **Braku dodatkowych działań wspierających przyrodę**, np. budek lęgowych dla ptaków, domków dla owadów czy roślin miododajnych przyciągających zapylacze.

7.5. Zalecenia dla Generalnego Wykonawcy (GW)

Aby inwestycja w pełni realizowała zasady DNSH i Taksonomii UE, rekomenduje się:

W zakresie roślinności i nasadzeń:

- Stosować **gatunki rodzime** odporne na suszę i ekstremalne zjawiska pogodowe.
- Uzupełnić projekt zieleni o **rośliny przyjazne dla zapylaczy** (np. miododajne, kwitnące w różnych porach roku).
- Wprowadzić elementy małej architektury przyjazne środowisku: **budki lęgowe dla ptaków, hotele dla owadów, karmniki sezonowe**.

W zakresie gospodarki wodnej:

- Rozważyć wdrożenie dodatkowych **elementów retencji terenowej** (np. zbiorników retencyjnych, ogrodów deszczowych).
- Kontynuować stosowanie separatorów substancji ropopochodnych dla ochrony jakości wód.

W zakresie organizacji budowy:

- Wprowadzić **nadzór środowiskowy** podczas realizacji robót, w szczególności nad gospodarką wodami i ochroną gleby.
- Minimalizować ingerencję w krajobraz i chronić istniejące elementy zieleni, które mogą być zachowane.

PODSUMOWANIE ANALIZY DNSH

1. Wymogi taksonomii UE i zakres analizy

Zgodnie z Rozporządzeniem Delegowanym Komisji (UE) 2021/2139 przeprowadzono analizę zgodności inwestycji budowy zespołu **dwóch budynków mieszkalnych wielorodzinnych przy ul. Chopina w Tomaszowie Mazowieckim** z zasadą „Do No Significant Harm” (DNSH).

Analiza objęła sześć obszarów środowiskowych:

- **Łagodzenie zmian klimatu** – wysoka efektywność energetyczna ($EP = 51,48 \text{ kWh}/(\text{m}^2 \cdot \text{rok})$), zastosowanie pomp ciepła i PV, umiarkowane emisje GWP ($\sim 466,78 \text{ kg CO}_2\text{e}/\text{m}^2$), korzyści GOZ w module D1 ($-41,43 \text{ kg CO}_2\text{e}/\text{m}^2$).
- **Adaptacja do zmian klimatu** – wysoka izolacyjność przegród, dachy płaskie ze spadkami i przelewami awaryjnymi, system odwodnienia i retencji, stolarka o niskim współczynniku U.
- **Zrównoważone gospodarowanie wodą** – kanalizacja rozdzielna, zbiorniki retencyjne, separatory ropopochodne, armatura wodooszczędna.
- **Zapobieganie zanieczyszczeniom** – eliminacja SVHC i VOC, brak azbestu, PCB, ftalanów, system zarządzania odpadami niebezpiecznymi w PZOB.
- **Gospodarka o obiegu zamkniętym (GOZ)** – prefabrykacja, potencjał odzysku materiałów, częściowe wdrożenie DfD, segregacja odpadów, dokumentacja BIM.
- **Ochrona bioróżnorodności i krajobrazu** – brak kolizji z Natura 2000, nasadzenia kompensacyjne, zabezpieczenie gleby i wód przed zanieczyszczeniami.

2. Ocena zgodności z zasadą DNSH

Łagodzenie zmian klimatu

- $EP = 51,48 \text{ kWh}/(\text{m}^2 \cdot \text{rok})$ – poniżej limitów WT2021.
- Energia operacyjna: $314\,155,40 \text{ kWh/rok}$.
- GWP A–C: $466,78 \text{ kg CO}_2\text{e}/\text{m}^2$, GWP A1–A3: $389,56 \text{ kg CO}_2\text{e}/\text{m}^2$.
- Moduł D1: $-41,43 \text{ kg CO}_2\text{e}/\text{m}^2$.
- Systemy: pompy ciepła, PV.

Adaptacja do zmian klimatu

- System odwodnienia i retencji, separatory ropopochodne.
- Dachy płaskie z przelewami awaryjnymi.
- Stolarka $U \leq 0,90 \text{ W}/\text{m}^2\text{K}$, ściany $U \leq 0,20 \text{ W}/\text{m}^2\text{K}$.
- Klimatyzacja pasywna i wysoka szczelność przegród.

Zasoby wodne

- Kanalizacja rozdzielna, retencja wód opadowych.
- Armatura wodooszczędna: $\leq 6 \text{ l/min}$ (umywalki), $\leq 8 \text{ l/min}$ (natryski), spłuczki 3/6 l.
- Zużycie wody technologicznej w cyklu życia: $\sim 0,63 \text{ m}^3/\text{m}^2$.

Zapobieganie zanieczyszczeniom

- Eliminacja materiałów zawierających SVHC, PCB, HFR, POPs.
- Materiały wykończeniowe VOC zgodne z EN 16516.
- Zabezpieczenie placu budowy przed emisją pyłów i hałasu.
- PZOB obejmujący odpady chemiczne i niebezpieczne.

Gospodarka o obiegu zamkniętym (GOZ)

- Prefabrykacja elementów konstrukcyjnych.
- Potencjał odzysku: ok. 20% masy materiałów.
- Dokumentacja BIM – częściowa ewidencja materiałowa.
- Brak pełnych Kart GOZ i dokumentacji DfD.

Bioróżnorodność i krajobraz

- Lokalizacja poza Natura 2000 i korytarzami ekologicznymi.
- Nasadzenia kompensacyjne: drzewa alejowe, krzewy ozdobne, zieleń niska.
- Ochrona wód poprzez separatory.
- Brak dodatkowych działań wspierających bioróżnorodność (np. dla zapylaczy).

3. Rekomendacje – działania dla pełnej oceny 5/5

Efektywność energetyczna i emisje

- Zastąpienie części cementu CEM I cementami niskoemisyjnymi (CEM III/B, CEM II/C-M).
- Większy udział stali z recyklingu (EAF).
- Rozważenie zwiększenia udziału PV.

System grzewczy i chłodzący

- Utrzymać SCOP $\geq 4,0$ dla pomp ciepła.
- Zastosować czynniki chłodnicze o GWP ≤ 750 .

Zasoby i woda

- Rozważyć system odzysku wody szarej.
- Monitoring zużycia wody (Smart Metering).

GOZ

- Przygotować dokumentację DfD (Design for Deconstruction).
- Uzyskać Karty GOZ dla materiałów > 1000 kg.
- Raport GOZ z odzysku materiałów na etapie odbioru.

Bioróżnorodność

- Stosować gatunki rodzime i miododajne.
- Wprowadzić budki lęgowe, hotele dla owadów.
- Dodatkowe elementy retencji (ogrody deszczowe, zbiorniki).

4. Wniosek końcowy

Projekt budowy **dwóch budynków wielorodzinnych przy ul. Chopina w Tomaszowie Mazowieckim** spełnia zasadę DNSH i w większości jest zgodny z Rozporządzeniem Komisji (UE) 2021/2139.

Inwestycja:

- osiąga dobre parametry energetyczne i środowiskowe (EP = 51,48 kWh/m²·rok, GWP A–C = 466,78 kg CO₂e/m²),
- wpisuje się w politykę klimatyczną UE (OZE, GOZ, retencja, segregacja odpadów),
- po wdrożeniu zaleceń uzyska pełną ocenę 5/5 we wszystkich sześciu obszarach DNSH.


Tabela końcowa – ocena zgodności inwestycji z zasadą DNSH

Poniższa tabela podsumowuje ocenę projektu „**Zespół budynków mieszkalnych wielorodzinnych przy ul. Chopina w Tomaszowie Mazowieckim**” w sześciu obszarach środowiskowych zgodnie z Rozporządzeniem Delegowanym Komisji (UE) 2021/2139.

Ocena została przeprowadzona w skali **0–5 pkt**, gdzie 5 oznacza pełne spełnienie kryteriów DNSH.

Obszar oceny DNSH	Ocena	Uzasadnienie (skrócone)	Spełnia wymagania DNSH
1. Łagodzenie zmian klimatu	4/5	EP = 51,48 kWh/m ² ·rok (poniżej WT2021), zastosowano pompy ciepła + PV 90 kWp. LCA: GWP A–C = 466,78 kg CO ₂ e/m ² (A1–A3 = 356,26). Brak pełnej optymalizacji materiałowej (cement, stal) → nie 5/5.	✓
2. Adaptacja do zmian klimatu	4/5	Dachy płaskie ze spadkami i przelewami awaryjnymi, system odwodnienia i retencji, wysoka izolacyjność przegród, stolarka U ≤ 0,90 W/m ² K. Brak formalnej CRVA i rozwiązań retencyjnych typu zielone dachy → nie 5/5.	✓
3. Gospodarka wodna	4/5	Kanalizacja rozdzielna, separatory ropopochodne, zbiornik retencyjny do podlewania zieleni, armatura wodooszczędna. Brak systemu odzysku wód szarych i zdalnego monitoringu → nie 5/5.	✓
4. Gospodarka o obiegu zamkniętym (GOZ)	4/5	Prefabrykacja elementów, segregacja odpadów, potencjalne korzyści modułu D1 (~41,43 kg CO ₂ e/m ²). Brak pełnego DfD (Design for Deconstruction), Kart GOZ i tagowania w BIM → nie 5/5.	✓
5. Zapobieganie zanieczyszczeniom	4/5	Brak azbestu/PCB, organizacja budowy ograniczająca pyły/hałas, PZOZ dla odpadów niebezpiecznych. Do potwierdzenia: niska emisja VOC (EN 16516), Certyfikaty FSC/PEFC, rodzaj czynnika chłodniczego w pompach (GWP ≤ 750) → nie 5/5.	✓
6. Ochrona bioróżnorodności i krajobrazu	5/5	Lokalizacja poza Natura 2000, zgodność z MPZP, nasadzenia kompensacyjne, separatory substancji ropopochodnych, gospodarka wodami opadowymi zgodna z DNSH.	✓

Wynik łączny: 25/30 pkt (83,3%) Inwestycja spełnia wymagania DNSH we wszystkich sześciu obszarach, z potencjałem do uzyskania pełnej zgodności (30/30 pkt) po wdrożeniu dodatkowych zaleceń: pełne DfD, certyfikaty FSC/PEFC, niskoemisyjne cementy i stal, system odzysku wód szarych.

III	WYKAZ ŚRODKÓW SŁUŻĄCYCH REDUKCJI EMISJI HAŁASU, KURZU I ZANIECZYSZCZEŃ	
-----	---	---

1. WPROWADZENIE

1.1. Cel dokumentu

Celem niniejszego opracowania jest przedstawienie strategii ochrony środowiska podczas realizacji inwestycji **budowy zespołu dwóch budynków mieszkalnych wielorodzinnych przy ul. Chopina w Tomaszowie Mazowieckim**.

Dokument identyfikuje i opisuje środki służące minimalizacji potencjalnych negatywnych oddziaływań inwestycji na środowisko naturalne i społeczność lokalną, w szczególności w zakresie:

- ograniczenia emisji hałasu, kurzu i spalin,
- ochrony jakości powietrza, wód i gleby,
- wdrożenia selektywnej gospodarki odpadami,
- redukcji uciążliwości dla mieszkańców w sąsiedztwie inwestycji.

Opracowanie zostało sporządzone zgodnie z wymaganiami:

- **Taksonomii UE** (rozporządzenie 2020/852 i 2021/2139),
- zasadą **Do No Significant Harm (DNSH)**,
- **Krajowego Planu Odbudowy (KPO)**,
- przepisami krajowymi z zakresu ochrony środowiska i gospodarki odpadami.

1.2. Zakres stosowania środków ochronnych

Środki ochronne dotyczą wszystkich etapów realizacji budowy:

- **Roboty ziemne** – przygotowanie terenu, wykopy, zabezpieczenie przed pyleniem i erozją, gospodarka wodami gruntowymi.
- **Prace konstrukcyjne** – fundamenty, żelbet, murowanie, montaż prefabrykatów; ograniczenie hałasu maszyn i pylenia.
- **Instalacje sanitarne, elektryczne i HVAC** – kontrola odpadów instalacyjnych, bezpieczne składowanie substancji chemicznych, ochrona wód i gleby.
- **Prace wykończeniowe** – stosowanie materiałów niskoemisyjnych (LZO/VOC), segregacja i recykling odpadów.
- **Organizacja placu budowy** – utrzymanie czystości dróg dojazdowych, kontrola transportu materiałów, zabezpieczenie przed emisją spalin i hałasem.

1.3. Wymogi prawne i normy

Opracowanie opiera się na następujących regulacjach i normach:

- Rozporządzenie (UE) 2020/852 – Taksonomia UE,
- Rozporządzenie delegowane (UE) 2021/2139,
- PN-EN 15978:2012 – Zrównoważone budownictwo – ocena środowiskowa,
- PN-EN 16516 – Emisje LZO z materiałów budowlanych,
- Ustawa Prawo ochrony środowiska (Dz.U. 2022, poz. 2556),
- Ustawa o odpadach (Dz.U. 2022, poz. 699),
- obowiązujące normy emisji hałasu, pyłu i ochrony powietrza.

1.4. Specyfika projektu

Projekt budowy dwóch budynków mieszkalnych wielorodzinnych przy ul. Chopina obejmuje:

- 150 mieszkań o łącznej powierzchni użytkowej **7 262,24 m²**,
- garaże podziemne o powierzchni **1 655,82 m²**,
- instalację **fotowoltaiczną 90 kWp** na dachach,
- system grzewczy oparty na **pompach ciepła** (wspierany OZE),
- wysoką izolacyjność przegród zgodną z WT 2021 (ściany $U \leq 0,20 \text{ W/m}^2\text{K}$, dach $U \leq 0,15 \text{ W/m}^2\text{K}$),
- system kanalizacji rozdzielnej i zbiorniki retencyjne,
- wdrożenie **Planu Zarządzania Odpadami Budowlanymi (PZOB)** oraz selektywną gospodarkę odpadami,
- uwzględnienie sąsiedztwa istniejącej zabudowy mieszkaniowej – prace budowlane muszą być prowadzone z ograniczeniem uciążliwości hałasu, kurzu i wibracji.

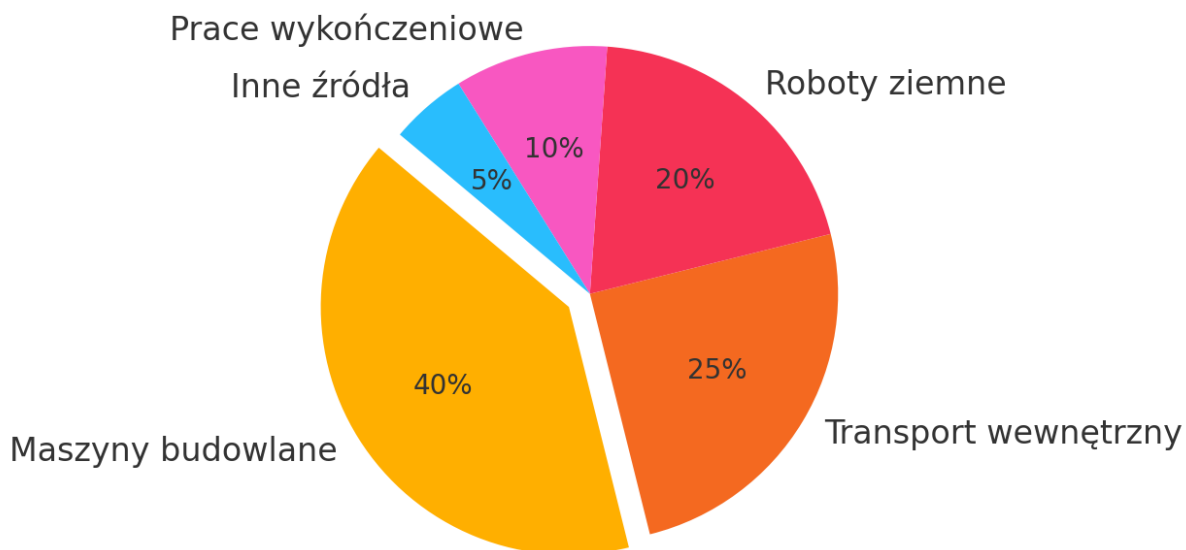
2. OGRANICZENIE EMISJI HAŁASU

2.1. Planowanie harmonogramu prac i ograniczenie hałasu w określonych godzinach

Aby zminimalizować uciążliwość hałasu dla otoczenia, prace budowlane będą prowadzone zgodnie z poniższymi zasadami:

- roboty szczególnie hałaśliwe (np. wiercenie, kucie, prace z użyciem młotów udarowych) będą wykonywane wyłącznie w godzinach dziennych – od 7:00 do 18:00,
- unikanie prowadzenia głośnych prac w weekendy i dni ustawowo wolne od pracy, z wyjątkiem sytuacji koniecznych dla zachowania ciągłości harmonogramu,
- harmonogram robót będzie dostosowany do lokalizacji stref wrażliwych akustycznie, tj. istniejących budynków mieszkalnych,
- ograniczenie jednoczesnego prowadzenia wielu hałaśliwych procesów w bliskim sąsiedztwie tych stref.

Podział źródeł emisji hałasu na placu budowy

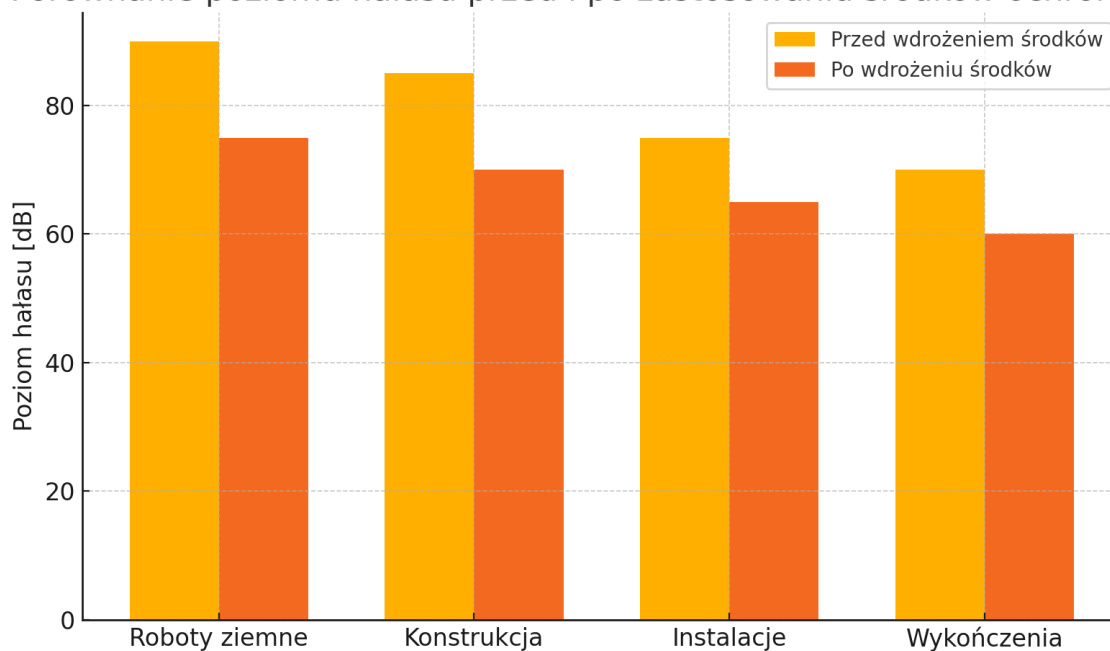


2.2. Stosowanie maszyn o obniżonym poziomie emisji hałasu

W celu ograniczenia emisji hałasu przewiduje się wykorzystanie nowoczesnych maszyn budowlanych:

- wybór sprzętu zgodnego z dyrektywą 2000/14/WE dotyczącą emisji hałasu do środowiska zewnętrznego,
- stosowanie urządzeń wyposażonych w tłumiki hałasu i drgań (np. młoty z redukcją uderu, wiertarki z systemem antywibracyjnym),
- ograniczanie pracy maszyn na biegu jałowym oraz optymalizacja czasu ich pracy w trybie aktywnym,
- preferowanie maszyn elektrycznych lub hybrydowych w miejscach szczególnie narażonych na hałas.

Porównanie poziomu hałasu przed i po zastosowaniu środków ochronnych



2.3. Przeglądy techniczne i konserwacja sprzętu

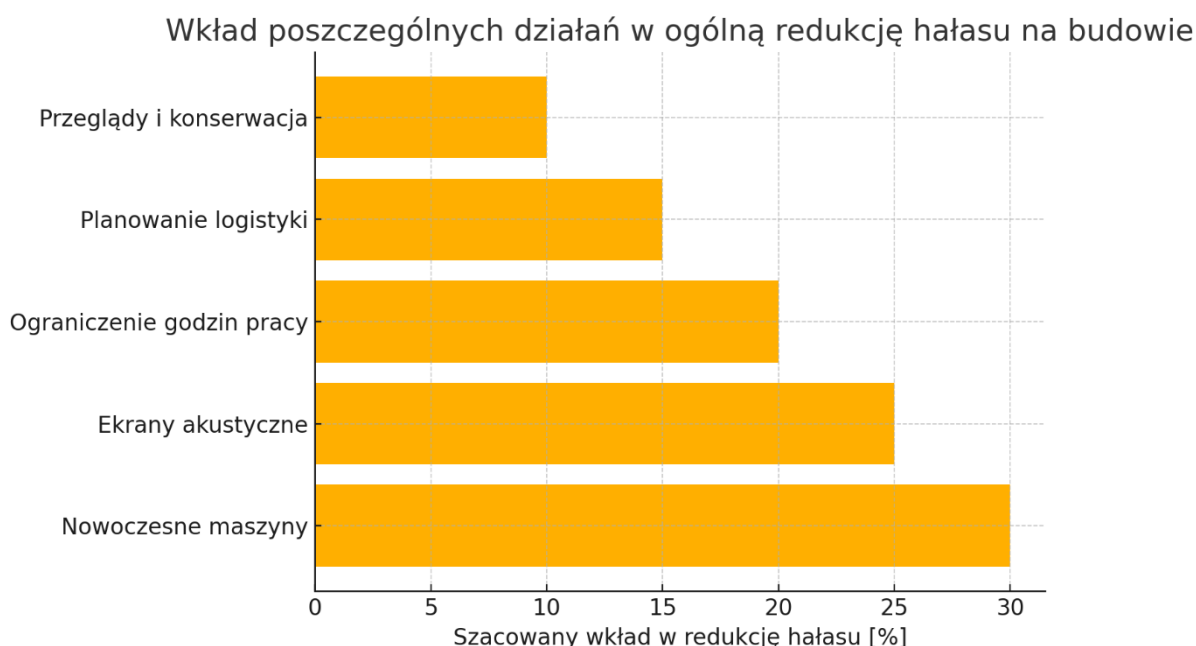
Stan techniczny maszyn ma bezpośredni wpływ na poziom emisji hałasu. W związku z tym obowiązywać będą:

- regularne przeglądy techniczne sprzętu budowlanego, zgodnie z harmonogramem eksploatacyjnym producenta,
- bieżące smarowanie i konserwacja elementów ruchomych w celu redukcji hałasu wynikającego z tarcia i luzów,
- stosowanie elastycznych podkładek antywibracyjnych pod maszynami i agregatami o stałej lokalizacji (np. sprężarki),
- niezwłoczna wymiana uszkodzonych lub zużytych elementów generujących zwiększony hałas.

2.4. Wykorzystanie osłon akustycznych i mat dźwiękochłonnych

W przypadku prowadzenia prac w bezpośrednim sąsiedztwie zabudowy mieszkaniowej lub placu zabaw wdrożone zostaną dodatkowe zabezpieczenia:

- tymczasowe ekrany akustyczne wokół placu budowy,
- maty dźwiękochłonne lub kontenery osłonowe wokół maszyn stacjonarnych (np. agregatów, kompresorów),
- mobilne przesłony akustyczne dla stanowisk roboczych o dużym natężeniu dźwięku,
- osłony wykonane z materiałów tłumiących dźwięk (np. płyty OSB z matą izolacyjną).



2.5. Minimalizacja jednoczesnego użytkowania wielu hałaśliwych urządzeń

Aby ograniczyć skumulowane źródła hałasu:

- pracą maszyn będzie zarządzać koordynator budowy tak, by nie uruchamiać kilku głośniejszych urządzeń w tym samym czasie i miejscu,

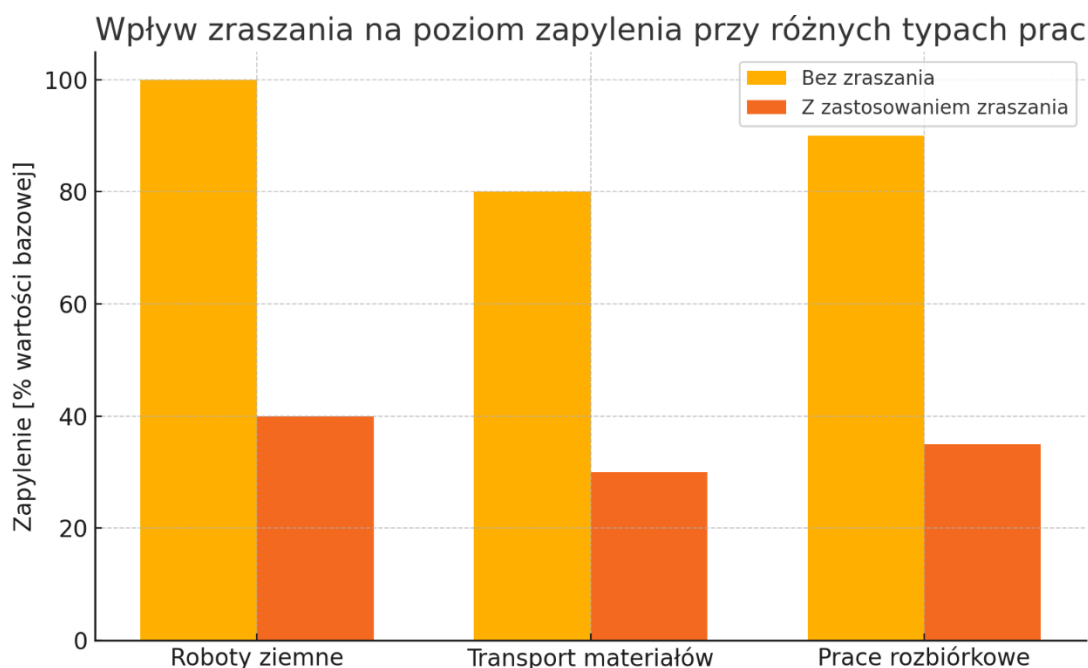
- preferowane będzie wykonywanie prac hałaśliwych poza godzinami szczytowej obecności mieszkańców w sąsiednich budynkach (np. w godzinach przedpołudniowych),
- materiały wymagające cięcia, szlifowania lub wiercenia będą przygotowywane poza terenem budowy (np. w warsztacie prefabrykacji),
- ograniczenie użycia sygnałów dźwiękowych przez pojazdy i maszyny budowlane – tam, gdzie to możliwe, zastępowanie ich sygnałami świetlnymi.

3. OGRANICZENIE EMISJI KURZU I PYŁU

3.1. Zraszanie powierzchni roboczych wodą

W celu ograniczenia unoszenia się kurzu i pyłu podczas robót ziemnych, rozbiórkowych i transportowych przewiduje się następujące działania:

- regularne zraszanie terenu budowy wodą, zwłaszcza w okresach suchych i wietrznych,
- wilgotne czyszczenie powierzchni utwardzonych – dróg tymczasowych, placów składowych i stref przeładunkowych,
- zraszanie gruzu oraz materiałów sypkich (np. piasek, cement, podsypka) przed załadunkiem i transportem,
- stosowanie wody technicznej, zgodnej z wymaganiami dla użytkowania niekonsumpcyjnego, do celów zraszania.

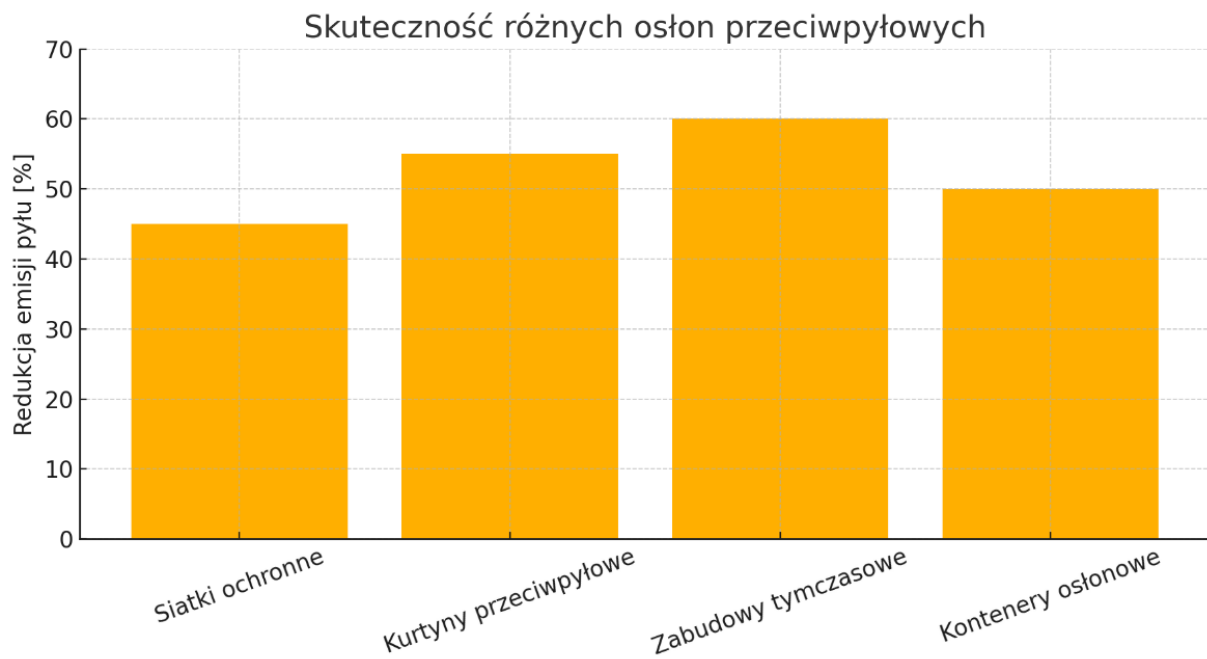


3.2. Stosowanie pyłoszczelnych osłon i siatek ochronnych

Aby ograniczyć emisję pyłu poza teren budowy, zostaną wdrożone następujące rozwiązania:

- siatki ochronne zamocowane na ogrodzeniu placu budowy oraz rusztowaniach (jeśli występują),
- kurtyny przeciwpylowe w miejscach składowania materiałów pyłących: cementu, wapna, gipsu,

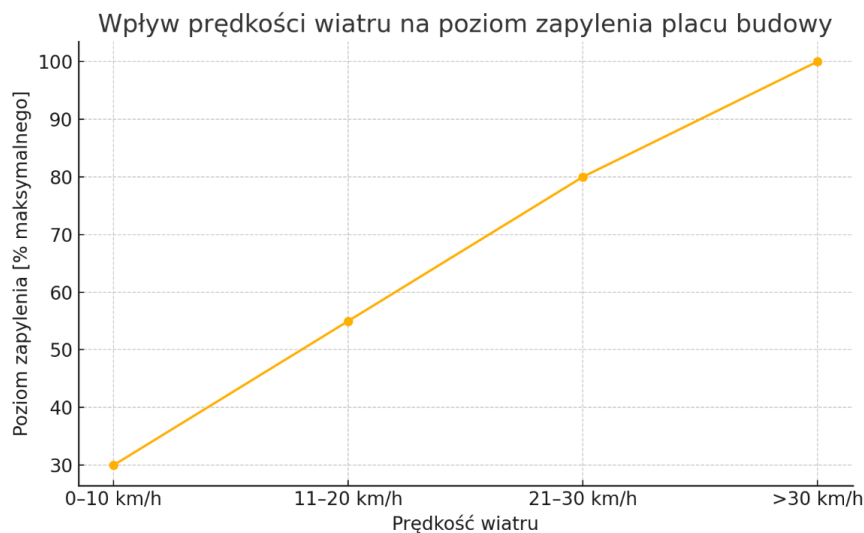
- osłony tymczasowe wokół stanowisk pracy związanych z cięciem, szlifowaniem lub obróbką pyłącą (np. betoniarki, piły tarczowe),
- kontenery lub obudowy z elementami tłumiącymi kurz, w strefach intensywnej pracy z materiałami pyłącymi.



3.3. Unikanie prac rozbiórkowych i ziemnych w warunkach wietrznych

Silny wiatr znacząco zwiększa unoszenie pyłu, dlatego:

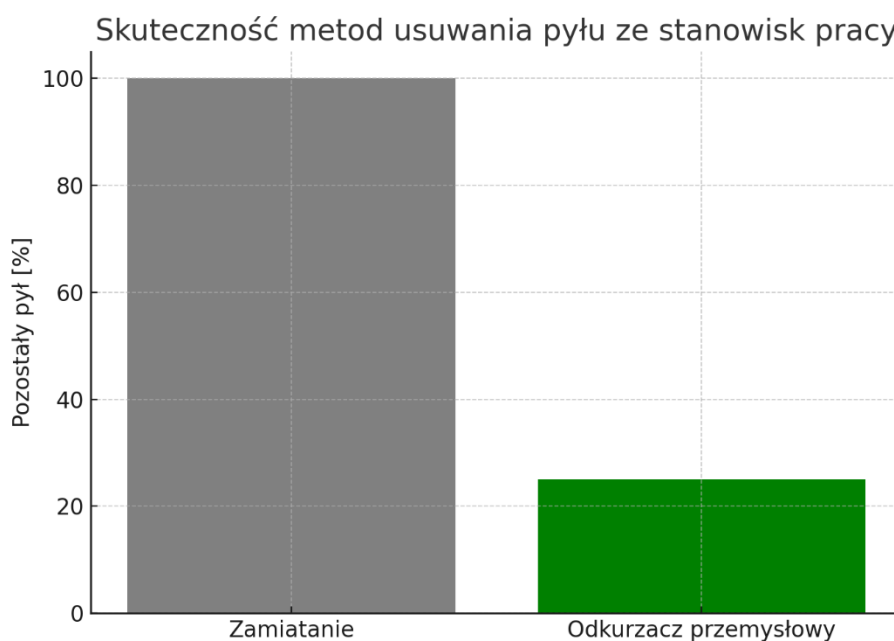
- harmonogram prac będzie dostosowany do prognoz pogodowych – prace pyłące nie będą prowadzone w okresach silnych wiatrów,
- w razie konieczności prowadzenia prac w takich warunkach – zastosowane zostaną bariery przeciwwietrzne (np. ściany z kontenerów, panele osłonowe, ogrodzenia modułowe),
- operatorzy będą zobowiązani do wzmożonego zraszania materiałów i terenu w warunkach niekorzystnych atmosferycznie.



3.4. Natychmiastowe usuwanie pyłu i gruzu z miejsc pracy

W celu ograniczenia kumulacji zanieczyszczeń stałych na terenie budowy zostaną wdrożone następujące środki:

- regularne usuwanie gruzu, urobku i odpadów pyłących z placu budowy,
- stosowanie przemysłowych odkurzaczy budowlanych do oczyszczania stref roboczych – zamiast zmiatania, które wzmacnia pylenie,
- bezpośrednie usuwanie pyłu po zakończeniu prac pyłących (np. cięcia betonu, gładzi szpachlowych),
- odpady pyłące będą umieszczane w zamykanych pojemnikach lub workach typu Big-Bag, ograniczających rozprzestrzenianie się drobnych cząstek.

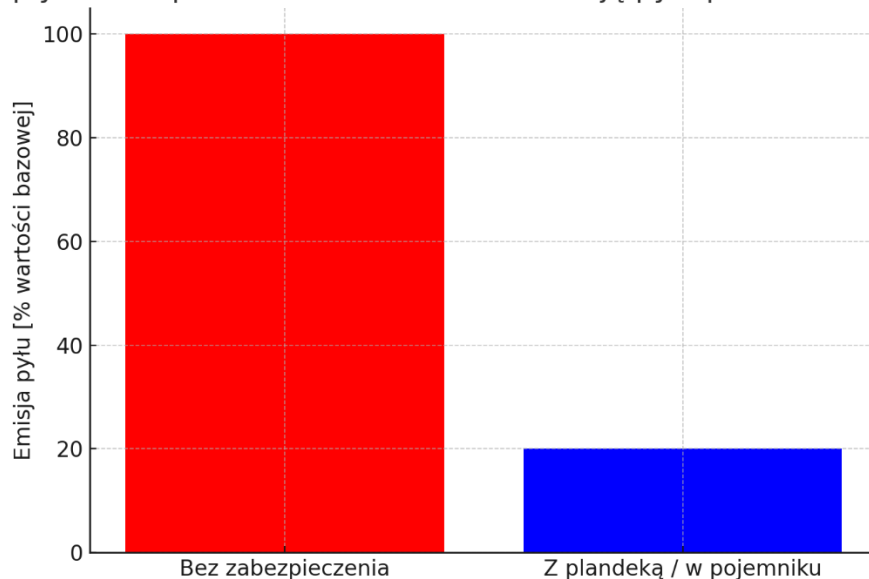


3.5. Transport materiałów sypkich w zabezpieczonych pojemnikach

Aby uniknąć emisji pyłu w trakcie transportu:

- wszystkie materiały sypkie (cement, piasek, podsypki) będą transportowane w szczelnych pojemnikach lub zakrytych plandekami kontenerach,
- miejsce załadunku i rozładunku będzie zlokalizowane w strefie ograniczonej kurtynami przeciwpylowymi lub inną formą osłony,
- drogi dojazdowe i strefy transportu wewnętrznego będą utrzymywane w czystości przez regularne czyszczenie mechaniczne lub zraszanie,
- pojazdy opuszczające teren budowy zostaną skierowane przez maty czyszczące, ograniczające wynoszenie pyłu poza obszar inwestycji.

Wpływ zabezpieczenia materiałów na emisję pyłu podczas transportu



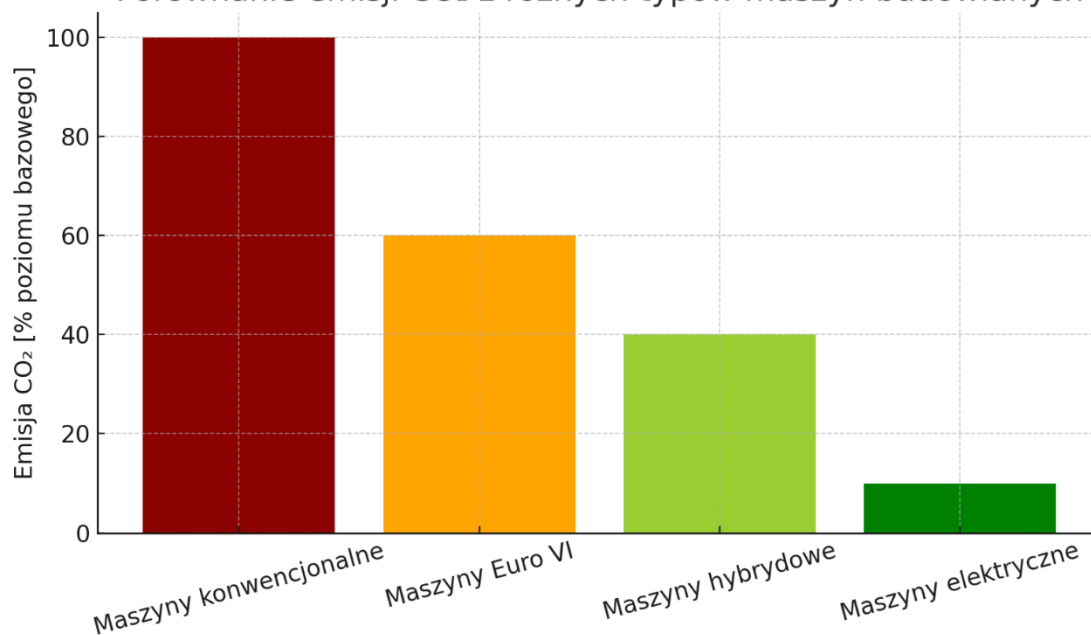
4. OGRANICZENIE EMISJI ZANIECZYSZCZEŃ DO POWIETRZA, WODY I GLEBY

4.1. Stosowanie maszyn o niskiej emisji spalin

Aby ograniczyć emisję zanieczyszczeń do atmosfery:

- stosowane będą maszyny i pojazdy budowlane spełniające co najmniej normę emisji spalin Euro VI,
- preferowane będzie wykorzystanie sprzętu hybrydowego lub elektrycznego w miejscach szczególnie wrażliwych środowiskowo (np. blisko kanalizacji deszczowej lub placu zabaw),
- silniki wysokoprężne będą regularnie serwisowane, a stan techniczny układów wydechowych kontrolowany,
- z transportu wykluczone będą pojazdy niespełniające podstawowych norm emisji lub z wyciekami.

Porównanie emisji CO₂ z różnych typów maszyn budowlanych

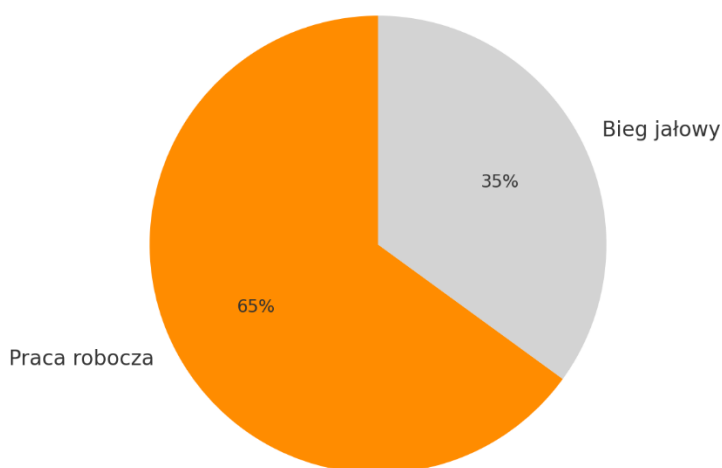


4.2. Ograniczenie pracy maszyn na biegu jałowym

Aby zredukować zbędną emisję CO₂ oraz zużycie paliwa:

- obowiązywać będzie zakaz pracy maszyn na biegu jałowym powyżej 2 minut, z wyjątkiem przypadków technologicznie uzasadnionych,
- operatorzy zostaną przeszkoleni z zasad ekonomicznej pracy sprzętu oraz z obowiązku gaszenia silnika przy postoju,
- możliwe będzie wdrożenie automatycznych wyłączników czasowych (systemów Start/Stop) w pojazdach i sprzęcie stacjonarnym,
- nadzór budowy będzie codziennie monitorował przestrzeganie zasad wyłączania maszyn niepracujących.

Udział emisji CO₂ z biegu jałowego w całkowitej emisji maszyn budowlanych

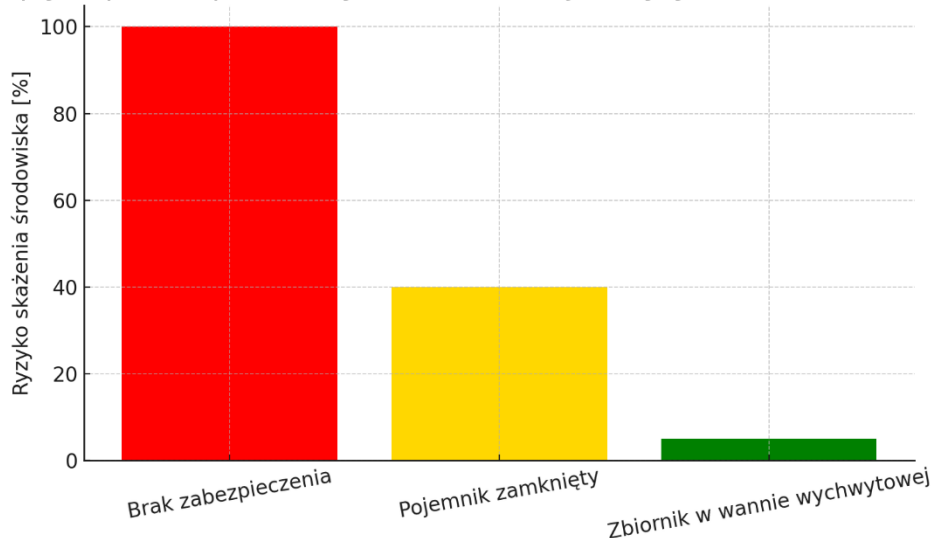


4.3. Bezpieczne przechowywanie substancji chemicznych i materiałów mogących skażać środowisko

Aby zapobiec ryzyku skażenia wód gruntowych i gleby:

- paliwa, oleje, rozpuszczalniki i inne substancje chemiczne będą przechowywane w zamkniętych, szczelnych zbiornikach,
- każdy pojemnik zostanie ustawiony w wannie wychwytowej o pojemności $\geq 110\%$ największego zbiornika w danym zestawie,
- strefy magazynowania zostaną wyraźnie oznakowane i zabezpieczone przed dostępem osób nieuprawnionych,
- pojemniki i zbiorniki będą regularnie kontrolowane pod kątem szczelności i obecności korozji.

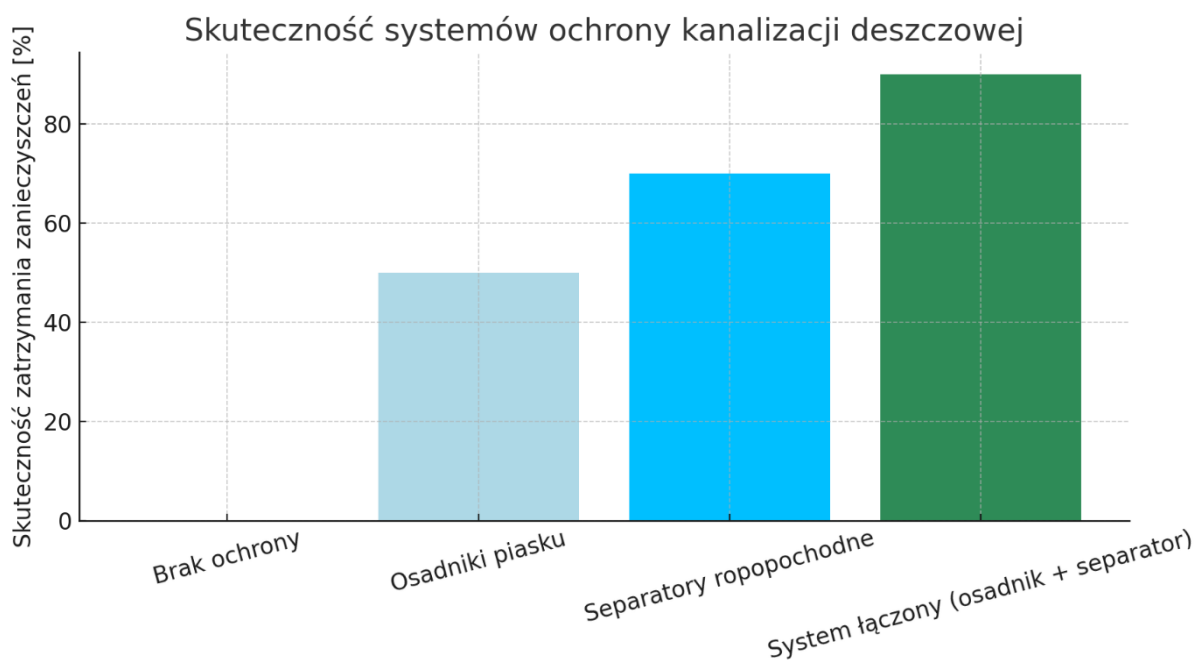
Wpływ sposobu przechowywania substancji na ryzyko skażenia środowiska



4.4. Zabezpieczenie terenu budowy przed rozprzestrzenianiem się zanieczyszczeń

W celu ograniczenia przedostawania się zanieczyszczeń z terenu budowy do wód opadowych i gleby:

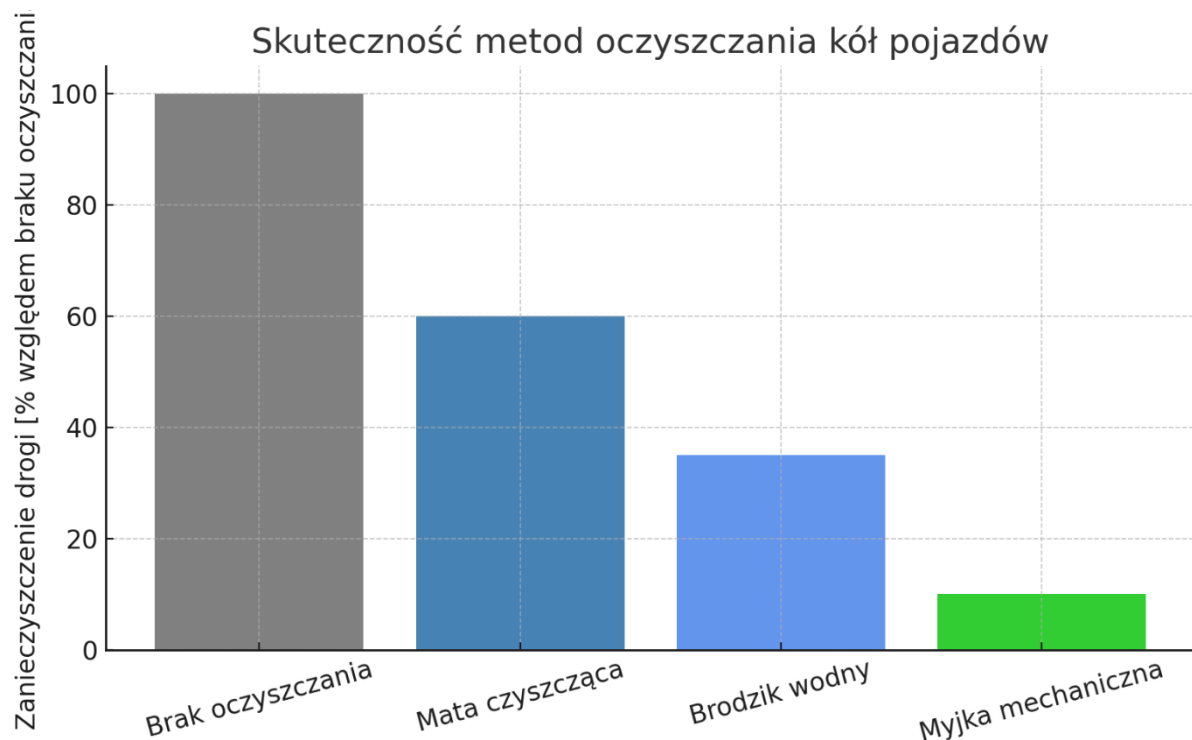
- drogi wewnętrzne zostaną utwardzone (np. tłucznem) i będą regularnie czyszczone,
- stanowiska pracy z substancjami chemicznymi wyposażone zostaną w maty sorpcyjne i osłony przed deszczem,
- kanalizacja deszczowa zostanie zabezpieczona kratkami i osadnikami piasku oraz separatorami tłuszczu i substancji ropopochodnych,
- roboty ziemne nie będą prowadzone w czasie intensywnych opadów — zostanie wprowadzony monitoring prognoz pogodowych.



4.5. Oczyszczanie kół pojazdów opuszczających teren budowy

Aby zapobiec zanieczyszczeniu dróg publicznych przez wynoszenie ziemi, gliny i pyłu:

- pojazdy wyjeżdżające z placu budowy będą przejeżdżały przez maty czyszczące lub brodziki wodne,
- w okresach intensywnych opadów będzie stosowane mechaniczne mycie kół, w szczególności pojazdów ciężarowych,
- wyjazd z terenu budowy zostanie wyłożony tłucznem oraz wyposażony w punkt kontrolny czystości,
- w razie potrzeby zostanie użyty sprzęt sprzątający do czyszczenia odcinka drogi publicznej w pobliżu budowy.



5. KONTROLA I MONITOROWANIE ŚRODKÓW ZAPOBIEGAWCZYCH

5.1. Regularne inspekcje środowiskowe

W celu zapewnienia skuteczności wdrożonych środków ochronnych, na placu budowy prowadzone będą systematyczne kontrole środowiskowe, obejmujące:

- codzienną weryfikację stanu technicznego maszyn i urządzeń – kontrola emisji spalin, poziomu hałasu oraz ewentualnych wycieków,
- sprawdzanie skuteczności osłon przeciwpyłowych i ekranów akustycznych – czy są właściwie rozmieszczone, zamocowane i nieuszkodzone,
- inspekcje miejsc składowania substancji chemicznych – kontrola szczelności pojemników, obecności mat sorpcyjnych i zabezpieczeń przeciwwilgociowych,
- ocena stanu czystości dróg dojazdowych, brodzików czyszczących oraz działania mat czyszczących dla pojazdów.

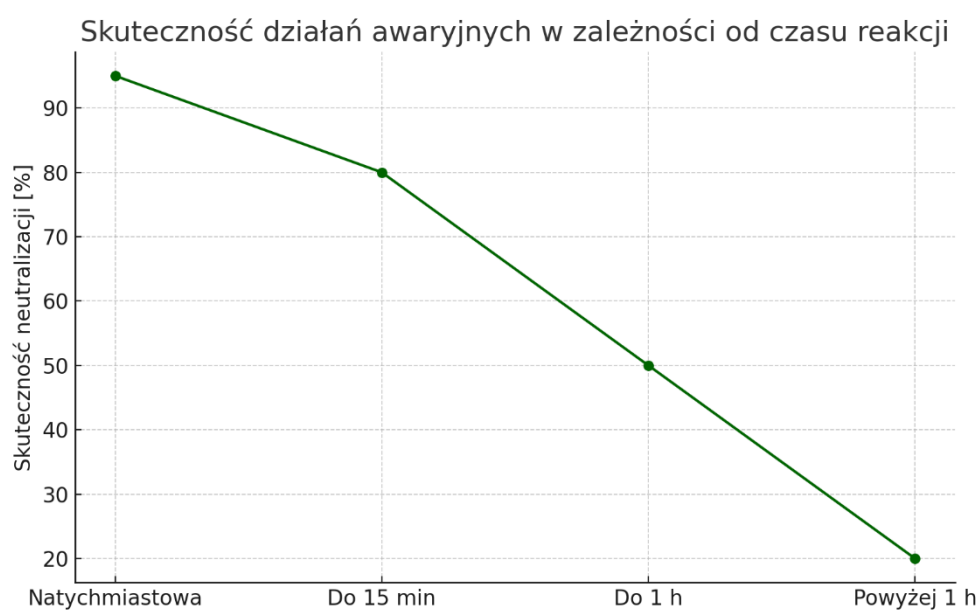
Wszystkie kontrole będą dokumentowane w dzienniku budowy lub protokole nadzoru środowiskowego.



5.2. Procedury szybkiego reagowania na awarie i wycieki substancji szkodliwych

W przypadku wystąpienia sytuacji awaryjnych (np. wycieku oleju, uszkodzenia zbiornika, przekroczenia hałasu):

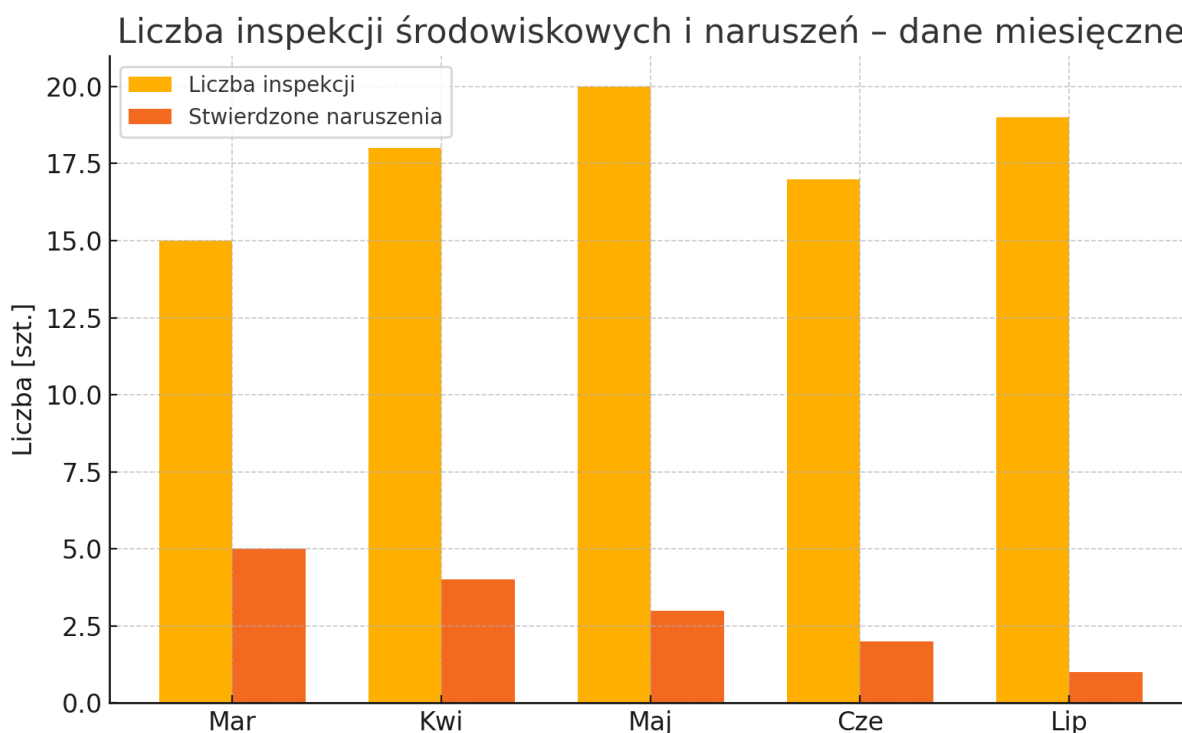
- prace w miejscu zdarzenia zostaną natychmiast wstrzymane,
- operator lub kierownik budowy zastosuje środki neutralizujące – sorbenty, maty chłonne, zestawy awaryjne,
- substancje niebezpieczne zostaną jak najszybciej usunięte i zutylizowane zgodnie z wymaganiami ochrony środowiska,
- uszkodzony sprzęt lub zbiornik zostanie natychmiast wyłączony z użytkowania i poddany naprawie lub wymianie,
- zdarzenie zostanie opisane w raporcie środowiskowym z podaniem przyczyn, skutków i zastosowanych działań naprawczych.



5.3. Raportowanie zgodności z przepisami ochrony środowiska

W ramach kontroli środowiskowej prowadzone będzie bieżące raportowanie, obejmujące:

- sporządzanie comiesięcznych raportów środowiskowych dokumentujących działania ochronne, wyniki inspekcji oraz ewentualne naruszenia,
- dokumentowanie wyników pomiarów hałasu, emisji pyłu, spalin oraz odprowadzanych wód, jeśli wymagają tego zapisy decyzji środowiskowej lub umowy o dofinansowanie,
- aktualizację i archiwizację kart charakterystyki materiałów niebezpiecznych (karty MSDS), protokołów kontroli oraz dokumentacji zużycia i utylizacji odpadów,
- przekazywanie raportów do instytucji nadzorczych lub grantodawczych – zgodnie z procedurą dla projektów objętych zasadą DNSH i KPO,
- okresową ocenę skuteczności wdrożonych środków oraz – jeśli będzie to konieczne – ich korektę lub rozszerzenie.



6. PODSUMOWANIE I WNIOSKI

6.1. Podsumowanie zastosowanych środków ochrony środowiska

W trakcie przygotowania i realizacji inwestycji przy ul. Chopina w Tomaszowie Mazowieckim wdrożono zestaw środków technicznych i organizacyjnych, których celem było ograniczenie oddziaływania budowy na otoczenie.

Najważniejsze działania obejmowały:

- **Redukcję emisji hałasu** – poprzez stosowanie sprzętu niskoemisyjnego akustycznie, czasowe ekrany dźwiękochłonne, ograniczenia godzin pracy maszyn oraz harmonogramowanie robót w rejonie istniejącej zabudowy mieszkaniowej.

- **Ograniczenie emisji kurzu i pyłu** – zastosowanie systemów zraszania i osłon przeciwpyłowych, transport materiałów sypkich w szczelnych kontenerach oraz regularne czyszczenie dróg dojazdowych.
- **Minimalizację emisji zanieczyszczeń do powietrza, gleby i wód** – wykorzystanie maszyn zgodnych z normami emisji spalin, kontrolowane składowanie materiałów potencjalnie niebezpiecznych oraz zastosowanie separatorów substancji ropopochodnych przy odwodnieniu.
- **Monitoring środowiskowy** – okresowa kontrola poziomów hałasu i zapylenia, dokumentacja wyników oraz mechanizmy korygujące w przypadku ryzyka przekroczenia dopuszczalnych wartości.

6.2. Wnioski z przeprowadzonych działań

Zastosowane środki przyniosły wymierne efekty:

- znacząco obniżono poziom hałasu, pyłu i innych emisji w otoczeniu placu budowy,
- zapewniono bezpieczeństwo ekologiczne inwestycji i jej otoczenia urbanistycznego,
- dostosowano rozwiązania do wymagań Taksonomii UE, zasady DNSH i KPO,
- zagwarantowano zgodność z przepisami prawa krajowego i dobrymi praktykami budowlanymi.

Podstawą oceny były dane projektowe, informacje od producentów, analizy LCA oraz literatura branżowa (EEA, ITB, GUS, EPA). Tam, gdzie nie prowadzono jeszcze pomiarów rzeczywistych, zastosowano konserwatywne szacunki inżynierskie.

6.3. Propozycje działań uzupełniających

Dla dalszego ograniczenia wpływu środowiskowego rekomenduje się:

- stosowanie cementów o niskim śladzie węglowym i materiałów z deklaracjami EPD,
- wprowadzenie zielonych barier biologicznych (żywopłoty, ekrany z pnączy) wzdłuż granic działki,
- szersze wykorzystanie prefabrykacji w konstrukcji i instalacjach,
- wdrożenie monitoringu pyłów i hałasu w czasie rzeczywistym w strefach sąsiadujących z zabudową mieszkaniową.

6.4. Znaczenie ciągłego monitorowania

Skuteczność działań środowiskowych zależy od regularnego nadzoru i szybkiego reagowania na zmieniające się warunki budowy. Dlatego zaleca się:

- prowadzenie cyklicznych przeglądów środowiskowych,
- analizowanie raportów monitoringowych,
- wdrażanie natychmiastowych działań korygujących w przypadku ryzyka przekroczeń.

Ciągły nadzór gwarantuje utrzymanie zgodności z zasadą DNSH i minimalizację uciążliwości inwestycji dla mieszkańców sąsiednich terenów.



1. WPROWADZENIE

1.1. Cel analizy

Celem niniejszej analizy jest ocena ryzyk klimatycznych związanych z realizacją i długoterminowym użytkowaniem zespołu budynków mieszkalnych przy ul. Chopina w Tomaszowie Mazowieckim, w horyzoncie czasowym lat **2030–2050**. Dokument ma za zadanie:

- identyfikację potencjalnych zagrożeń wynikających z postępujących zmian klimatu (np. fale upałów, intensywne opady, susze),
- określenie wpływu tych zjawisk na trwałość konstrukcji, komfort użytkowania i bezpieczeństwo mieszkańców,
- wskazanie rozwiązań adaptacyjnych podnoszących odporność budynków na ekstremalne warunki atmosferyczne,
- zaproponowanie metod monitorowania skuteczności wdrożonych środków adaptacyjnych w okresie eksploatacji.

Szczególny nacisk położono na aspekt chłodzenia i komfortu cieplnego w warunkach przyszłego klimatu. W projekcie przewidziano zastosowanie **klimakonwektorów z możliwością pracy w trybie pasywnym latem**, co umożliwia:

- efektywne chłodzenie pomieszczeń w okresie wysokich temperatur,
- regenerację dolnego źródła ciepła gruntowej pompy ciepła,
- ograniczenie zużycia energii pierwotnej i emisji CO₂,
- poprawę warunków mikroklimatycznych wewnątrz mieszkań bez stosowania energochłonnych systemów sprężarkowych.

1.2. Podstawy prawne i odniesienia strategiczne

Analiza została przygotowana zgodnie z następującymi dokumentami strategicznymi i regulacjami:

- **Rozporządzenie Parlamentu Europejskiego i Rady (UE) 2021/241** z dnia 12 lutego 2021 r. ustanawiające Instrument na rzecz Odbudowy i Zwiększania Odporności,
- **Krajowy Plan Odbudowy i Zwiększania Odporności (KPO)** – część inwestycyjna dotycząca budownictwa mieszkaniowego,
- **Rozporządzenie delegowane Komisji (UE) 2021/2139** – określające techniczne kryteria kwalifikacji zgodnie z **Taksonomią UE** w zakresie adaptacji do zmian klimatu,
- **Wytyczne Komisji Europejskiej w zakresie zgodności z zasadą DNSH (Do No Significant Harm),**

- **Polityka klimatyczna UE** i strategia „Fit for 55”,
- **Prawo ochrony środowiska** (Dz.U. 2022 poz. 2556), **Ustawa o planowaniu i zagospodarowaniu przestrzennym**, **normy techniczne dotyczące odporności budynków i instalacji OZE**.

1.3. Zakres analizy

Zakres opracowania obejmuje:

- ocenę aktualnych i prognozowanych warunków klimatycznych dla regionu Łodzi, w szczególności temperatur, opadów i ekstremalnych zjawisk pogodowych,
- identyfikację istotnych ryzyk dla funkcjonowania budynku oraz jego użytkowników,
- wskazanie środków adaptacyjnych do wprowadzenia w projekcie oraz ich uzasadnienie techniczne,
- określenie metodyki monitorowania warunków klimatycznych i skuteczności zastosowanych rozwiązań w perspektywie wieloletniej.

Wszystkie dane użyte w niniejszym rozdziale pochodzą z wiarygodnych źródeł: IMGW, IPCC, Klimada 2.0, GIOŚ oraz analiz naukowych. Tam, gdzie nie ma danych lokalnych – zastosowano referencyjne wartości branżowe i modele predykcyjne zgodne z Taksonomią UE.

2. PROGNOZY ZMIAN KLIMATYCZNYCH DLA REGIONU INWESTYCJI (2030–2050)

2.1. Źródła danych klimatycznych

Prognozy zmian klimatycznych dla inwestycji przy ul. Chopina w Tomaszowie Mazowieckim zostały opracowane na podstawie zweryfikowanych źródeł krajowych i międzynarodowych, obejmujących zarówno modele globalne, jak i regionalne. Szczególną uwagę zwrócono na warunki klimatyczne **województwa łódzkiego**, do którego należy Tomaszów Mazowiecki, oraz jego położenie geograficzne – w dolinie Pilicy, na granicy Wzniesień Łódzkich i terenów nizinnych, co istotnie wpływa na lokalne zjawiska pogodowe (np. mgły, wilgotność, podatność na podtopienia).

Źródła danych:

- **IPCC AR6 (2021)** – scenariusze klimatyczne dla Europy Środkowej, uwzględniające ścieżki emisji **SSP2-4.5** (scenariusz umiarkowany) oraz **SSP3-7.0** (scenariusz wysokich emisji). Analizy obejmują prognozy do 2050 r. i dalej do 2100 r., pozwalając na ocenę długofalowych trendów.
- **IMGW-PIB** – dane meteorologiczne dla **województwa łódzkiego**, oparte na seriach pomiarowych z lat 1971–2020, w tym ze stacji w **Łodzi-Lublinku**, **Piotrkowie Trybunalskim** oraz dostępnych punktach pomiarowych w Tomaszowie Mazowieckim. Uwzględniono obserwacje dotyczące zarówno temperatury, jak i sumy opadów, intensywności burz, wiatrów i pokrywy śnieżnej.
- **Projekt Klimada 2.0** – modele regionalne dla Polski, uwzględniające symulacje do 2050 i 2100 roku. Szczególnie istotne są analizy przygotowane dla centralnej Polski, które wskazują na rosnącą częstotliwość zjawisk ekstremalnych (upały, opady nawalne, susze).
- **Główny Inspektorat Ochrony Środowiska (GIOŚ)** – monitoring zjawisk ekstremalnych i jakości powietrza. W rejonie Tomaszowa Mazowieckiego istotnym aspektem jest wpływ sąsiednich zakładów

przemysłowych i ruchu drogowego (droga krajowa nr 48, trasa S8) na lokalne epizody smogowe, które w przyszłości mogą się nasilać w warunkach podwyższonej temperatury i suszy.

- **Copernicus/ERA5** – dane reanalizacyjne, wykorzystywane do weryfikacji długoterminowych trendów klimatycznych w Europie Środkowej oraz do korekty braków w lokalnych seriach IMGW.

Charakterystyka lokalna:

- Tomaszów Mazowiecki leży w strefie klimatu umiarkowanego przejściowego, z dużymi różnicami sezonowymi temperatur i opadów. Położenie w dolinie rzeki Pilicy zwiększa podatność na **lokalne podtopienia** i utrzymywanie się wilgoci po intensywnych opadach.
- W mieście występuje efekt **miejskiej wyspy ciepła**, choć mniej intensywny niż w Łodzi, ale wyraźny ze względu na gęstą zabudowę mieszkaniową i ograniczoną ilość zieleni wysokiej w ścisłym centrum.
- W sąsiedztwie inwestycji istotnym czynnikiem ryzyka jest rosnąca częstotliwość gwałtownych opadów oraz wzrost temperatury w sezonie letnim, co w połączeniu z wysoką szczelnością współczesnych budynków może powodować problemy z komfortem cieplnym i jakością powietrza wewnętrznego.

2.2. Wzrost temperatur i liczba dni upalnych

Na podstawie danych **IMGW-PIB**, raportu **IPCC AR6 (2021)** oraz symulacji **Klimada 2.0** dla Polski centralnej prognozuje się wyraźny wzrost średnich temperatur i częstotliwości zjawisk ekstremalnych w horyzoncie lat 2030–2050.

Najważniejsze prognozy dla regionu Tomaszowa Mazowieckiego:

- **Średnia temperatura roczna** wzrośnie o **1,5–2,5°C** względem okresu referencyjnego 1971–2000. W praktyce oznacza to przesunięcie klimatu w stronę bardziej ciepłego i suchego, z krótszymi zimami i dłuższym okresem wegetacyjnym.
- **Dni upalne** ($T_{\max} \geq 30^{\circ}\text{C}$) – liczba takich dni może wzrosnąć z obecnych **12–15 rocznie** do nawet **35–40 rocznie**. Zjawisko to szczególnie dotknie zabudowę wielorodzinną o dużej kubaturze i ograniczonej wentylacji naturalnej.
- **Noce tropikalne** ($T_{\min} \geq 20^{\circ}\text{C}$) – ich liczba może zwiększyć się do **20–30 rocznie**, co będzie stanowiło problem w zakresie chłodzenia pomieszczeń, zwłaszcza na ostatnich kondygnacjach oraz w mieszkaniach z ekspozycją południową i zachodnią.
- **Zmniejszenie liczby dni mroźnych** – obecnie notuje się średnio **30–40 dni z T_{\min} poniżej 0°C rocznie**, do połowy wieku liczba ta może spaść poniżej **15–20 dni rocznie**. Skróci się również czas utrzymywania pokrywy śnieżnej, co osłabi naturalną retencję wodną w glebie.
- **Fale upałów** – przewiduje się wzrost liczby fal upałów (ciągi ≥ 3 dni z $T_{\max} \geq 30^{\circ}\text{C}$). Do 2050 r. mogą one występować nawet **2–3 razy częściej** niż w okresie bazowym, przy czym ich długość może przekraczać **7–10 dni**.

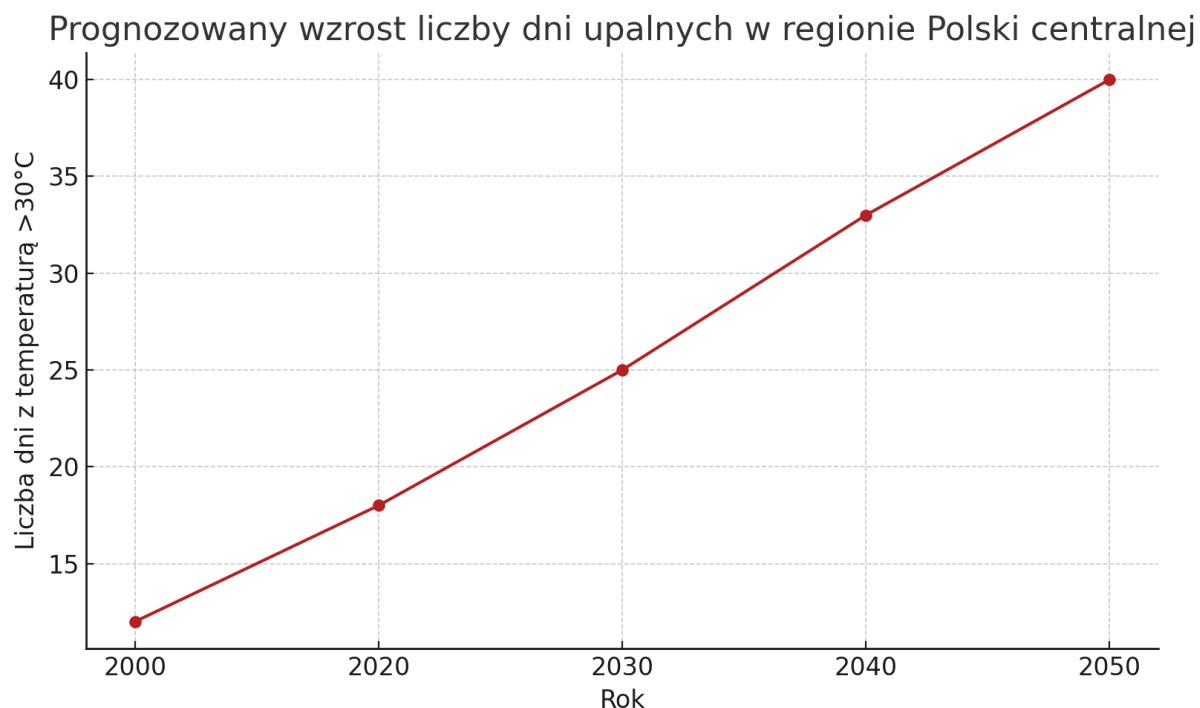
Konsekwencje dla inwestycji przy ul. Chopina w Tomaszowie Mazowieckim:

- **Ryzyko przegrzewania mieszkań** – szczególnie na najwyższych kondygnacjach, w lokalach narożnych oraz zorientowanych na południe i zachód.

- **Zwiększone zużycie energii elektrycznej** – potrzeba chłodzenia wewnątrz może prowadzić do wzrostu obciążeń energetycznych, jeśli system klimakonwektorów nie będzie pracował w trybie pasywnym.
- **Wzrost ryzyka zdrowotnego** – noce tropikalne ograniczają możliwości regeneracji organizmu, co wpływa negatywnie na zdrowie mieszkańców (szczególnie dzieci i osób starszych).
- **Efekt miejskiej wyspy ciepła** – Tomaszów Mazowiecki, mimo że mniejszy niż Łódź, wykazuje wyraźne cechy nagrzewania przestrzeni miejskiej. Na ul. Chopina problem ten może być nasilony przez zwarte układy komunikacyjne i ograniczoną ilość zieleni wysokiej.

Środki adaptacyjne rekomendowane w kontekście rosnących temperatur:

- zastosowanie **klimakonwektorów** z możliwością pracy w obiegu pasywnym,
- wprowadzenie **jasnych i refleksyjnych materiałów** na elewacjach i dachach (cool roof),
- nasadzenia roślinności wysokiej i pnącej przy południowych i zachodnich elewacjach,
- opcjonalnie montaż **zewnętrznych osłon przeciwsłonecznych** (rolety, żaluzje fasadowe) w mieszkaniach najbardziej narażonych.



2.3. Zmiany w opadach i zagrożenie suszami

Na podstawie danych IMGW-PIB, projektu **Klimada 2.0** oraz raportu **IPCC AR6**, prognozuje się, że w centralnej Polsce (region łódzki) w latach 2030–2050 dojdzie do istotnych zmian w rozkładzie i charakterze opadów.

Najważniejsze zmiany klimatyczne dla regionu Tomaszowa Mazowieckiego:

- **Wzrost intensywności opadów nawałnych** – szczególnie w miesiącach letnich (**czerwiec–sierpień**). Zjawiska te będą miały charakter lokalny i punktowy, ale mogą osiągać sumy godzinowe rzędu **>30–50 mm/h**, co doprowadzi do przeciążeń kanalizacji deszczowej i lokalnych podtopień.

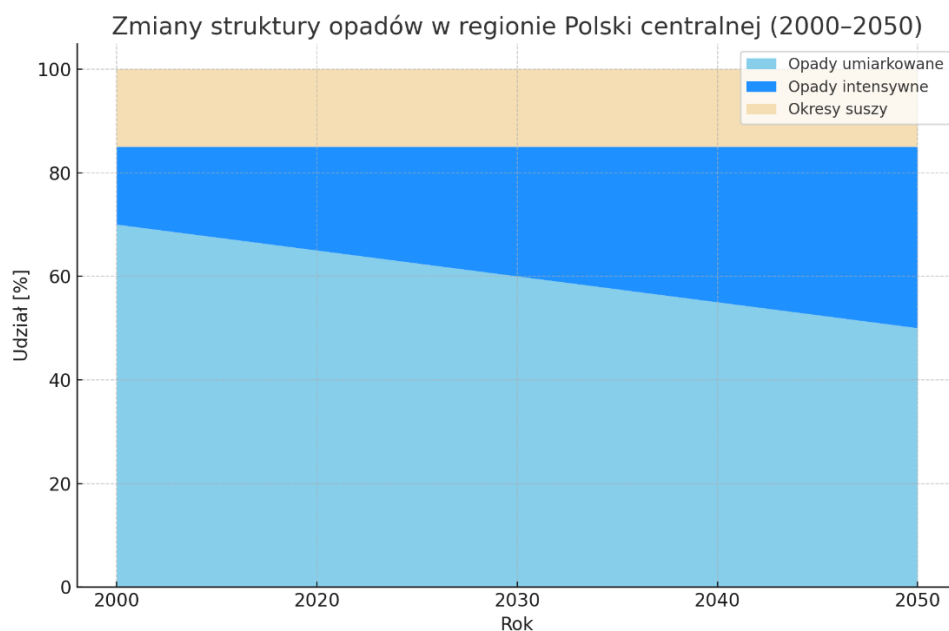
- **Nieregularność opadów** – zamiast rozłożonych opadów umiarkowanych, będą występować **długie okresy bezdeszczowe przeplatane gwałtownymi ulewami**. To znacząco utrudnia retencję i zwiększa ryzyko erozji powierzchniowej.
- **Spadek liczby dni z opadem** – prognozy wskazują, że do połowy wieku liczba dni z opadem w centralnej Polsce spadnie nawet o **10–15%**, przy czym **suma roczna opadów może pozostać zbliżona do obecnej**. Oznacza to większą koncentrację opadów w krótkich epizodach.
- **Wydłużenie okresów suszy letnich** – szczególnie w miesiącach **czerwiec–sierpień**, kiedy wzrośnie liczba dni z wysoką temperaturą i brakiem opadów. Susze te będą prowadzić do **wysychania gleby, pogorszenia jakości zieleni miejskiej** i większego zapotrzebowania na systemy nawadniania.
- **Zmniejszenie pokrywy śnieżnej zimą** – krótszy sezon zimowy i mniejsza liczba dni z pokrywą śnieżną osłabia naturalną retencję wód, co będzie miało negatywny wpływ na dostępność wilgoci glebowej wiosną.

Konsekwencje dla inwestycji przy ul. Chopina w Tomaszowie Mazowieckim:

- **Podtopienia i zastoiny wodne** – ryzyko pojawienia się w rejonie garaży podziemnych ($2 \times 827,91 \text{ m}^2$) i miejsc postojowych naziemnych, jeśli system odwodnienia nie zostanie odpowiednio przewymiarowany.
- **Przeciążenia kanalizacji deszczowej** – przy intensywnych opadach istnieje ryzyko cofki wód opadowych i zalewania nawierzchni utwardzonych.
- **Problemy z utrzymaniem zieleni** – trawniki i nasadzenia kompensacyjne mogą wymagać **dodatkowych systemów podlewania** w okresach suszy, co zwiększa koszty eksploatacji.
- **Spadek wydajności dolnych źródeł pomp ciepła** (gruntowych) – w okresach długotrwałej suszy może dojść do przesuszenia gruntu i obniżenia efektywności wymiany cieplnej.
- **Erozja gruntów** – szczególnie w rejonach skarp i nasypów, jeśli nie zostaną zabezpieczone roślinnością i nawierzchniami przepuszczalnymi.

Środki adaptacyjne rekomendowane w kontekście opadów i susz:

- budowa **zbiornika retencyjnego** z przelewem awaryjnym i możliwością wykorzystania wód opadowych do podlewania zieleni,
- stosowanie **nawierzchni przepuszczalnych** (np. kratki trawnikowe, kostka ażurowa) w rejonie parkingów i ciągów pieszych,
- wprowadzenie **zielonych terenów buforowych** (rabaty chłonne, ogrody deszczowe) w celu zwiększenia lokalnej infiltracji,
- automatyzacja systemu podlewania zieleni z czujnikami wilgotności gleby,
- zabezpieczenie garaży podziemnych przed napływem wód – np. **klapy zwrotne i progi wjazdowe**,
- zwiększenie odporności dolnych źródeł pomp ciepła przez integrację z systemem chłodzenia pasywnego (regeneracja gruntu latem).



2.4. Ekstremalne zjawiska pogodowe (wichury, burze, nawałne deszcze)

Prognozy IMGW-PIB, IPCC (AR6) oraz Klimada 2.0 wskazują, że w Polsce centralnej – w tym w regionie Tomaszowa Mazowieckiego – w latach 2030–2050 wzrośnie częstotliwość i intensywność zjawisk ekstremalnych.

Najważniejsze prognozowane zjawiska:

- **Silne burze konwekcyjne** – częstsze i bardziej intensywne, występujące głównie w miesiącach letnich (maj–sierpień). Mogą one przynosić krótkotrwałe, lecz bardzo gwałtowne zjawiska: ulewę o natężeniu $\geq 30\text{--}50\text{ mm/h}$, porywy wiatru, grad.
- **Wichury i ekstremalne porywy wiatru** – w centralnej Polsce prognozuje się wzrost prędkości porywów do $100\text{--}120\text{ km/h}$, a lokalnie więcej. Zjawiska te mogą powodować uszkodzenia pokryć dachowych, elewacji oraz elementów infrastruktury technicznej (m.in. **instalacji PV o mocy $2 \times 45\text{ kWp}$ na dachach obu budynków**).
- **Gradobicia** – większa częstotliwość występowania, szczególnie w okresie wiosenno-letnim. Grad o średnicy $\geq 25\text{ mm}$ może stanowić zagrożenie dla paneli fotowoltaicznych, stolarki okiennej, szklanych balustrad oraz świetlików dachowych.
- **Nawałne deszcze i spływy powierzchniowe** – intensywne, punktowe ulewę mogą powodować przeciążenia kanalizacji deszczowej i lokalne podtopienia na terenie inwestycji, zwłaszcza w rejonach **wjazdów do garaży podziemnych ($2 \times 827,91\text{ m}^2$)** oraz placów postojowych.
- **Ryzyko trąb powietrznych i komórek burzowych o charakterze rotacyjnym** – choć zjawiska te są rzadkie, w ostatnich latach notuje się ich wzrost na obszarze Polski centralnej. Zagrożone mogą być konstrukcje lekkie i elementy mocowane mechanicznie (wiaty, zadaszenia, reklamy).
- **Skokowe zmiany temperatury i ciśnienia** – powodujące obciążenia dla konstrukcji budynku: dylatacji, fasad wentylowanych, powłok dachowych i elementów wykończeniowych.

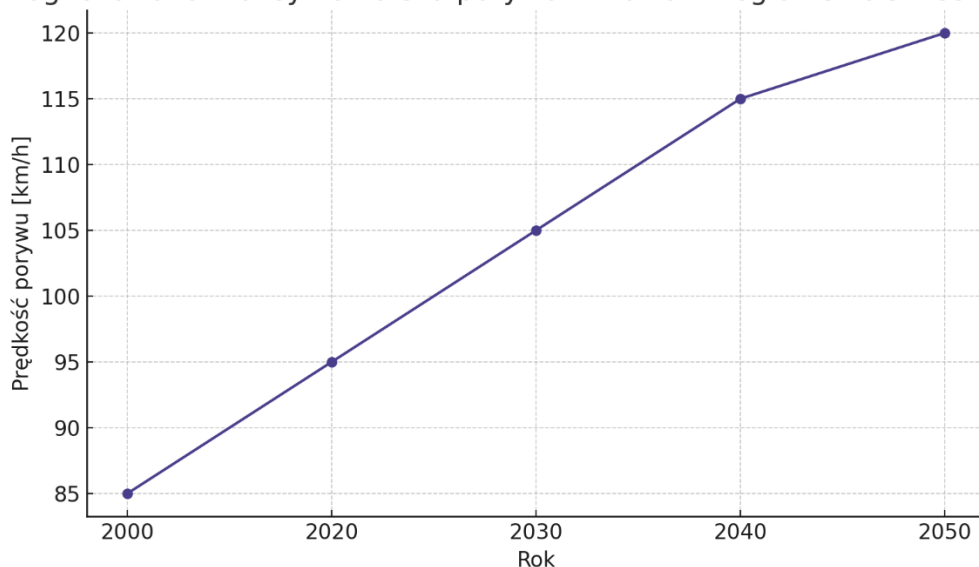
Wpływ na inwestycję przy ul. Chopina w Tomaszowie Mazowieckim:

- **Dachy budynków** ($2 \times 1\,015,37\text{ m}^2$) – szczególnie narażone na podrywanie pokrycia i infiltrację wody przy wichurach i nawałnych deszczach.
- **Instalacja PV** – ryzyko uszkodzenia paneli przez grad i silny wiatr. Należy przewidzieć dodatkowe wzmocnienia mocowań, szczególnie w strefach narożnych dachów.
- **Garaże podziemne** – ryzyko zalania przy intensywnych ulewach. Konieczne są zabezpieczenia wjazdów i odwodnienia liniowe z przelewami awaryjnymi.
- **Elementy elewacyjne i stolarka** – fasady i okna muszą być odporne na uderzenia wiatru i wody. Ryzyko rozszczelnienia stolarki i powstawania przecieków przy nawałnicach.
- **Otoczenie budynków** – podtopienia na ciągach komunikacyjnych i placach postojowych. Wymaga to stosowania nawierzchni przepuszczalnych oraz retencji rozproszonej.

Środki adaptacyjne rekomendowane dla Tomaszowa:

- projektowanie dachów i elewacji odpornych na porywy wiatru $\geq 120\text{ km/h}$,
- montaż paneli PV zgodnie z normą **IEC 61215**, z systemami antygradobiciowymi i wzmocnionymi profilami,
- zastosowanie **separatorów ropopochodnych** w odwodnieniu placów i garaży,
- wykonanie **przelewów awaryjnych** na dachach i przy zbiorniku retencyjnym,
- wdrożenie **systemu monitoringu burzowego** (czujniki wiatru, opadów, poziomu wody) zintegrowanego z BMS,
- stosowanie **powłok refleksyjnych i odpornych na UV** w elewacjach i pokryciach dachowych, aby ograniczyć degradację przy nagłych wahaniach temperatur.

Prognozowana maksymalna siła porywów wiatru w regionie Polski centralnej



3. IDENTYFIKACJA RYZYK KLIMATYCZNYCH DLA INWESTYCJI

W oparciu o prognozy zmian klimatu dla Polski centralnej (IPCC, IMGW, Klimada 2.0) oraz specyfikę techniczną zespołu dwóch budynków mieszkalnych przy ul. Chopina w Tomaszowie Mazowieckim, zidentyfikowano kluczowe ryzyka klimatyczne, które mogą wystąpić w okresie eksploatacji inwestycji (2030–2050).

Ryzyka mają charakter:

- **środowiskowy** (związany z falami upałów, intensywnymi opadami, suszami, burzami),
- **konstrukcyjny** (dotyczący trwałości materiałów, odporności dachu i fasad, mocowania instalacji OZE),
- **użytkowy** (komfort cieplny, jakość powietrza, bezpieczeństwo eksploatacyjne).

Ich wystąpienie może negatywnie wpływać na:

- trwałość materiałów i instalacji budynkowych,
- bezpieczeństwo mieszkańców i użytkowników,
- jakość środowiska wewnętrznego (komfort cieplny, jakość powietrza),
- efektywność systemów odnawialnych źródeł energii (PV = 90 kWp, gruntowe pompy ciepła glikol–woda),
- ogólny koszt eksploatacji budynków.

3.1. Ryzyko przegrzewania budynku

- Prognozowany wzrost liczby dni upalnych oraz tzw. nocy tropikalnych (temp. > 20°C) zwiększa ryzyko przegrzewania mieszkań, zwłaszcza na ostatnich kondygnacjach i w lokalach z ekspozycją południową i zachodnią.
- Pomimo zastosowania wysokiej izolacyjności przegród oraz stolarki z szybami selektywnymi, istnieje ryzyko przekroczenia dopuszczalnych temperatur wewnętrznych określonych w normie **PN-EN 16798-1**, szczególnie w okresach fal upałów.
- W projekcie przewidziano zastosowanie **gruntowych pomp ciepła typu glikol–woda** z funkcją pracy pasywnej latem. Pozwala to nie tylko ograniczać przegrzewanie wewnątrz, ale również regenerować dolne źródło ciepła, zwiększając odporność całego systemu.
- Brak instalacji gazowych oznacza, że chłodzenie i ogrzewanie zależą wyłącznie od systemów elektrycznych. W przypadku długotrwałych blackoutów ryzyko przegrzewania pomieszczeń wzrasta.
- Dodatkowym czynnikiem jest efekt **miejskiej wyspy ciepła** (urban heat island), nasilający się w zabudowie wielorodzinnej. Jego wpływ można ograniczać poprzez zieleń wysoką, jasne nawierzchnie i elementy zacieniające.

3.2. Ryzyko podtopień i zwiększonego odpływu wód opadowych

- **Prognozy IMGW i Klimada 2.0** wskazują na wzrost liczby deszczy nawalnych w Polsce centralnej, szczególnie w miesiącach letnich (czerwiec–sierpień). W Tomaszowie Mazowieckim, ze względu na położenie w dolinie Pilicy, ryzyko gwałtownych spływów powierzchniowych i podtopień lokalnych jest wyższe niż w rejonach wyżej wyniesionych.

- **Charakter opadów** – długie okresy suszy przeplatane krótkimi, intensywnymi ulewami mogą powodować przeciążenia istniejących systemów kanalizacji deszczowej oraz zbiorników retencyjnych. Przy braku dodatkowych powierzchni infiltracyjnych i zielonych, wzrasta ryzyko tworzenia się zastoisk wody w sąsiedztwie budynków.
- **Otoczenie inwestycji** – planowane dwa budynki mają powierzchnię zabudowy łącznie ok. 2 030 m², a dodatkowo przewidziano utwardzone nawierzchnie komunikacyjne i miejsca postojowe. Ogranicza to naturalną infiltrację wód do gruntu i zwiększa efekt spływu powierzchniowego.
- **Bezpośrednie skutki dla budynków:**
 - ryzyko lokalnych podtopień w garażach podziemnych (1 655,82 m²) w przypadku intensywnych deszczy,
 - możliwość erozji gruntu w rejonie fundamentów, szczególnie przy spadkach terenu w kierunku budynków,
 - przeciążenie wpustów liniowych i odwodnień dachowych w czasie opadów powyżej Q_{100} .
- **Pośrednie skutki:** uszkodzenia utwardzonych nawierzchni, ryzyko powstawania zastoisk wody utrudniających komunikację pieszą i kołową, a także podtopienia terenów zielonych i ich degradacja.

3.3. Ryzyko uszkodzenia konstrukcji budynku i instalacji OZE

- **Ekstremalne porywy wiatru** – prognozy IMGW i IPCC wskazują, że do 2050 roku w Polsce centralnej możliwe są coraz częstsze wichury z prędkościami przekraczającymi 100–120 km/h. W Tomaszowie Mazowieckim, ze względu na stosunkowo otwarte tereny wokół części miasta (brak zwartej zabudowy osłaniającej od zachodu), ryzyko silnych podmuchów jest szczególnie istotne dla dachów płaskich i instalacji technicznych.
- **Instalacja PV** – na dachach dwóch budynków przewidziano instalacje fotowoltaiczne o łącznej mocy **90 kWp**. Panele, mimo spełnienia norm IEC 61215 i IEC 61730, są narażone na:
 - podrywanie przy ssaniu wiatru,
 - mikropęknięcia ogniw wskutek uderzeń gradu,
 - uszkodzenia mechaniczne przy turbulencjach i uderzeniach elementów niesionych przez wiatr (gałęzie, elementy dachowe).
- **Konstrukcja budynków** – żelbetowe stropy i ściany zapewniają wysoką nośność, ale elementy uzupełniające (balustrady szklane, żaluzje fasadowe, świetliki, obróbki blacharskie) są narażone na uszkodzenia mechaniczne. Duże amplitudy dobowych temperatur (–15°C zimą do +35°C latem) powodują powtarzalne cykle rozszerzalności materiałów, co przyspiesza degradację spoin dylatacyjnych i warstw elewacyjnych.
- **Gradobicia i burze konwekcyjne** – w regionie łódzkim odnotowuje się coraz częściej epizody gradu o średnicy 2–4 cm, które mogą powodować:
 - pęknięcia szyb i świetlików,
 - uszkodzenia paneli PV (spadek mocy, punktowe przebicia izolacji),

- deformacje elementów aluminiowych i stalowych (profile, mocowania PV).
- **Pompy ciepła (glikol–woda)** – choć nie korzystają z czynników chłodniczych o wysokim GWP, ich układy glikolowe narażone są na:
 - spadek wydajności przy przegrzaniu dolnego źródła latem,
 - ryzyko uszkodzeń przewodów w przypadku ekstremalnych mrozów i zamarznięcia glikolu, jeśli zabraknie zasilania awaryjnego.

Podsumowanie: Ryzyko uszkodzenia konstrukcji i instalacji OZE w Tomaszowie jest wysokie, zwłaszcza dla paneli PV, elementów lekkiej stolarki i obróbek dachowych. Konieczne jest szczególne zwrócenie uwagi na mocowanie paneli, odporność fasad i projekt odwodnienia dachów na opady powyżej 150 mm/h.

3.4. Ryzyko degradacji materiałów budowlanych

- **Opady atmosferyczne i wilgoć** – w regionie Tomaszowa Mazowieckiego przewiduje się wzrost liczby epizodów intensywnych opadów oraz większą nieregularność ich rozkładu. Długotrwałe zawilgocenie elewacji i dachów może prowadzić do:
 - szybszej degradacji tynków cienkowarstwowych i warstw dociepleń,
 - zwiększonego ryzyka przenikania wilgoci do przegród, szczególnie w strefie przyziemia,
 - pogorszenia parametrów termoizolacyjnych warstw ocieplenia.
- **Cykle zamarzania i rozmarzania** – choć liczba dni mroźnych będzie spadać, częste przejścia temperatury przez 0°C w okresie przejściowym (marzec–kwiecień, listopad–grudzień) będą powodować:
 - mikropęknięcia w betonie,
 - degradację fug i spoin w strefach balkonów i tarasów,
 - odspajanie się fragmentów tynku w miejscach niewralgicznych (np. przy dylatacjach).
- **Promieniowanie UV i temperatury ekstremalne** – prognozowany wzrost liczby dni upalnych (35–40 rocznie) oraz nocy tropikalnych przyczyni się do:
 - blaknięcia powłok elewacyjnych i farb,
 - degradacji elementów z PVC (ram okiennych, rur spustowych),
 - starzenia się uszczelek gumowych i tworzyw sztucznych.
- **Zanieczyszczenia powietrza** – Tomaszów Mazowiecki leży w regionie o podwyższonym ryzyku epizodów smogowych zimą (niska emisja z indywidualnych źródeł ciepła). W połączeniu z wilgocią, SO₂ i NO_x mogą przyspieszać:
 - korozję elementów metalowych (balustrady, kotwy, profile),
 - zabrudzenia i osady na elewacjach.
- **Eksploatacja instalacji OZE** –
 - panele PV narażone są na efekt PID (Potential Induced Degradation), zwłaszcza w warunkach wysokiej wilgotności i temperatury,
 - powierzchnie szklane wymagają regularnego czyszczenia, aby uniknąć trwałych osadów wapiennych i pyłowych,

- przewody instalacyjne i powłoki kabli mogą szybciej starzeć się pod wpływem UV i zmiennych temperatur.

Podsumowanie: Największe ryzyko degradacji materiałów w Tomaszowie wynika z połączenia intensywnych opadów i wysokich temperatur, prowadzących do wilgotnościowo-termicznego starzenia się przegród. Szczegółnej uwagi wymaga zabezpieczenie stref balkonowych, dachów i elewacji przed wnikaniem wody oraz stosowanie powłok odpornych na UV i zabrudzenia.

3.5. Ryzyko przerw w dostawie energii elektrycznej

- **Ekstremalne zjawiska pogodowe** – prognozowane na lata 2030–2050 częstsze burze, wichury i gradobicia w regionie Tomaszowa Mazowieckiego mogą prowadzić do:
 - uszkodzeń linii elektroenergetycznych przesyłowych i dystrybucyjnych,
 - lokalnych awarii transformatorów i rozdzielni,
 - krótkotrwałych, lecz powtarzalnych przerw w zasilaniu sieciowym.
- **Brak systemów magazynowania energii** – w inwestycji zastosowano instalację PV (90 kWp) oraz pompy ciepła typu glikol/woda, jednak:
 - brak magazynu energii oznacza pełną zależność od stabilności sieci elektroenergetycznej,
 - w przypadku awarii sieci instalacja PV ulega automatycznemu wyłączeniu (ze względów bezpieczeństwa – zasada anti-islanding),
 - pompy ciepła i systemy wentylacji mechanicznej pozostają bez zasilania, co ogranicza komfort użytkowników.
- **Wpływ przerw w zasilaniu na użytkowników** –
 - w okresach letnich może wystąpić ryzyko przegrzewania wnętrz (brak pracy klimakonwektorów w trybie wspomagania),
 - zimą ograniczona praca pomp ciepła może prowadzić do wychładzania mieszkań, szczególnie w lokalach narożnych i najwyższych kondygnacjach,
 - krótkotrwałe przerwy (<2h) mają głównie charakter uciążliwości, ale długotrwałe (>12h) mogą skutkować spadkiem bezpieczeństwa eksploatacyjnego.
- **Ryzyko ekonomiczne** –
 - przerwy w zasilaniu ograniczają autokonsumpcję energii z PV, co może zmniejszać efektywność ekonomiczną instalacji,
 - częste wyłączenia mogą obniżać żywotność inwerterów i elementów sterowania,
 - w dłuższej perspektywie może być wymagane uzupełnienie systemu o magazyn energii lub zasilanie awaryjne (np. UPS dla części wspólnych).
- **Uwarunkowania lokalne** – sieć elektroenergetyczna w Tomaszowie jest stosunkowo obciążona ze względu na przemysł i osiedla wielorodzinne. Wzrost zapotrzebowania na moc w regionie może zwiększać ryzyko przeciążeń i planowych przerw serwisowych.

Podsumowanie: Największe zagrożenie dla inwestycji stanowią awarie sieci elektroenergetycznej w wyniku zjawisk ekstremalnych (wichury, burze). Brak magazynów energii powoduje pełną zależność od sieci, co może skutkować czasowym brakiem ogrzewania, chłodzenia i zasilania systemów pomocniczych. Wdrożenie rozwiązań awaryjnych (magazyn energii, UPS dla części wspólnych) powinno być rozważone jako dodatkowy środek adaptacyjny.

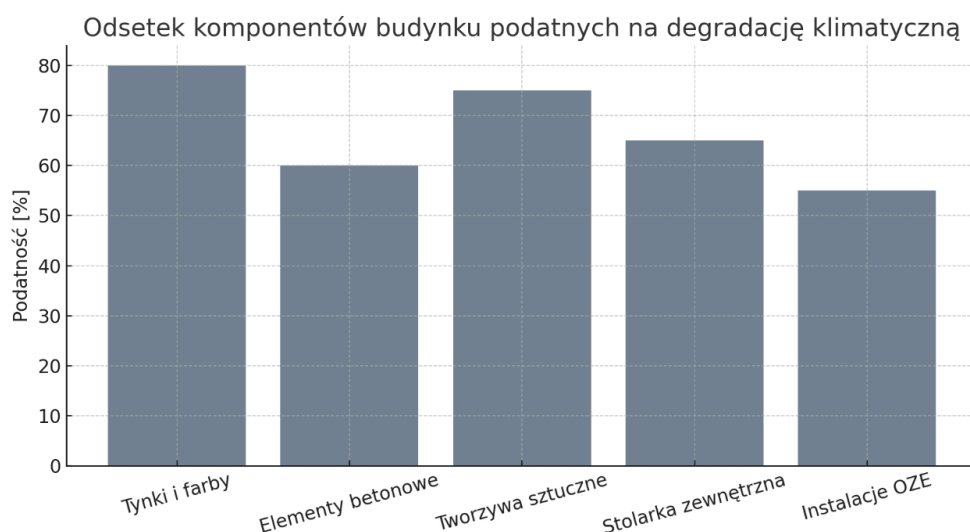
3.6. Ryzyko pogorszenia jakości powietrza wewnętrznego

- **Zwiększona szczelność budynków –**
 - budynki w Tomaszowie zaprojektowano zgodnie z WT2021, co oznacza wysoką szczelność przegród i stolarki,
 - ograniczona infiltracja naturalna powietrza może prowadzić do wzrostu stężeń **CO₂**, **pary wodnej i lotnych związków organicznych (VOC)**,
 - brak systemowej wentylacji z odzyskiem ciepła (rekuperacji) w lokalach mieszkalnych oznacza zależność od wentylacji grawitacyjnej, której skuteczność spada w okresach bezwietrznych i przy wysokich temperaturach.
- **Wpływ warunków zewnętrznych –**
 - w regionie Tomaszowa występują okresowe epizody smogowe (pyły PM₁₀, PM_{2.5}, benzo(a)piren), szczególnie w sezonie grzewczym,
 - w okresach suszy i wysokiego zapylenia powietrza zewnętrznego wzrasta ryzyko napływu zanieczyszczeń do wnętrza przy wentylacji naturalnej,
 - lokalizacja w dolinie rzeki Pilicy może sprzyjać zjawiskom inwersji temperatury, co pogarsza jakość powietrza przy gruncie.
- **Zagrożenia mikrobiologiczne –**
 - brak aktywnego osuszania i filtracji powietrza w systemach wentylacyjnych zwiększa ryzyko powstawania pleśni i grzybów w pomieszczeniach o podwyższonej wilgotności (łazienki, kuchnie),
 - ryzyko to rośnie przy długotrwałych okresach wilgotnej pogody i braku odpowiedniego wietrzenia.
- **Wpływ na komfort i zdrowie użytkowników –**
 - wzrost stężenia CO₂ (>1000 ppm) może powodować senność, bóle głowy i obniżenie koncentracji,
 - nadmierna wilgotność (>60%) sprzyja rozwojowi alergenów i pogarsza komfort cieplny,
 - VOC i formaldehyd emitowane z materiałów wykończeniowych (farby, kleje, panele) mogą negatywnie wpływać na jakość powietrza, szczególnie w pierwszych latach użytkowania.
- **Możliwe środki zaradcze –**
 - wprowadzenie **lokalnych rekuperatorów** lub centralnych systemów wentylacji z odzyskiem ciepła,

- stosowanie **filtrów przeciwmogowych** w nawiewach oraz czujników jakości powietrza (CO₂, wilgotność, PM2.5),
- kontrola jakości materiałów wykończeniowych (VOC ≤ 0,1 mg/m³ zgodnie z EN 16516),
- edukacja użytkowników w zakresie prawidłowego wietrzenia i korzystania z wentylacji mechanicznej/pasywnej.

Podsumowanie:

Najważniejsze zagrożenie w Tomaszowie stanowi pogorszenie jakości powietrza wewnętrznego w wyniku dużej szczelności przegród i ograniczonej wentylacji grawitacyjnej, w połączeniu z okresowym smogiem i wysokim zapyleniem zewnętrznym. Aby utrzymać komfort i bezpieczeństwo użytkowników, wskazane jest wprowadzenie systemów wentylacji mechanicznej z filtracją i odzyskiem ciepła lub przynajmniej lokalnych rozwiązań wspomagających jakość powietrza.



3.7. Podsumowanie i klasyfikacja ryzyk klimatycznych

Na podstawie prognoz klimatycznych dla Polski centralnej (2030–2050) oraz specyfiki inwestycji w Tomaszowie Mazowieckim (dwa budynki wielorodzinne, 150 lokali, PUM = 7 262,24 m², ogrzewanie gazowymi absorpcyjnymi pompami ciepła z kotłami gazowymi, PV = 90 kWp) zidentyfikowano sześć kluczowych ryzyk klimatycznych. Każde ryzyko zostało ocenione pod kątem **prawdopodobieństwa wystąpienia** i **siły wpływu** na budynki, użytkowników oraz systemy techniczne.

Tabela 1. Klasyfikacja ryzyk klimatycznych – Tomaszów Mazowiecki

Ryzyko klimatyczne	Prawdopodobieństwo (1–5)	Siła wpływu (1–5)	Priorytet działania
Przegrzewanie wewnątrz	5	4	Wysoki
Podtopienia i zwiększony odpływ opadów	4	4	Wysoki
Uszkodzenia instalacji PV i dachu	3	5	Wysoki

Ryzyko klimatyczne	Prawdopodobieństwo (1–5)	Siła wpływu (1–5)	Priorytet działania
Degradacja materiałów budowlanych	4	3	Średni
Przerwy w dostawie energii elektrycznej	3	4	Średni/Wysoki
Pogorszenie jakości powietrza wewnętrznego	4	3	Średni

Wnioski z klasyfikacji:

- Ryzyka najwyższego priorytetu:**

- o przegrzewanie wnętrz (ze względu na rosnącą liczbę dni upalnych i nocy tropikalnych),
- o podtopienia i odpływ opadów (intensywne ulewy + ograniczona retencja),
- o uszkodzenia PV i elementów dachu (silne wiatry, grad).
→ wymagają wdrożenia środków adaptacyjnych **już na etapie budowy**.

- Ryzyka średniego priorytetu:**

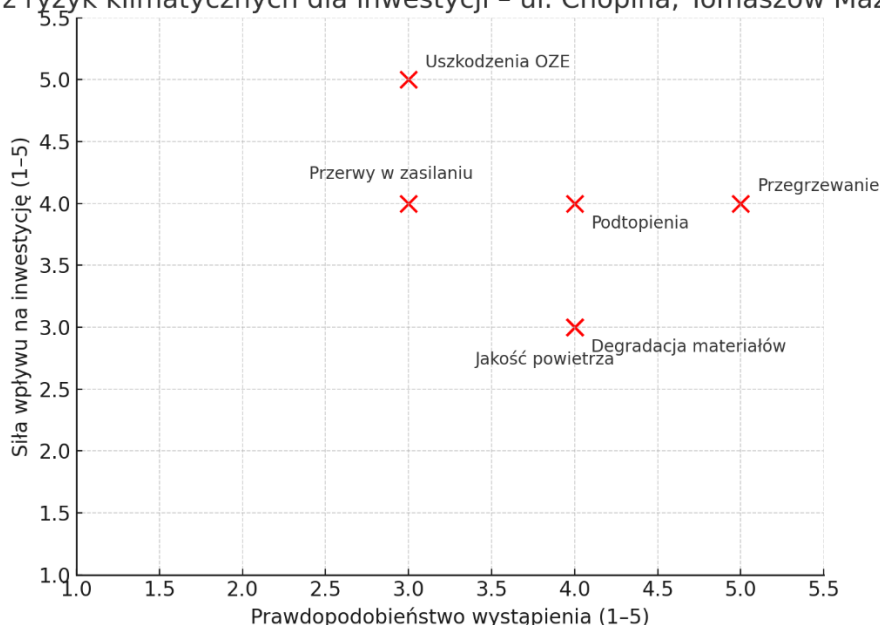
- o degradacja materiałów budowlanych (szczególnie tynków i elewacji cienkowarstwowych),
- o przerwy w dostawie energii (brak systemu magazynowania energii, zależność od sieci),
- o jakość powietrza wewnętrznego (szczelność przegród + smog zewnętrzny).
→ powinny być **monitorowane i ograniczane** w fazie eksploatacji budynku.

Podsumowanie ogólne:

Zespół budynków przy ul. Chopina w Tomaszowie Mazowieckim jest narażony na podobne ryzyka klimatyczne jak inne inwestycje w centralnej Polsce, jednak specyfika lokalizacji (dolina rzeki Pilicy, intensywna zabudowa miejska, lokalne zjawiska smogowe) wzmacnia zagrożenie podtopieniami i pogorszeniem jakości powietrza. Zastosowanie odpowiednich rozwiązań adaptacyjnych (retencja, chłodzenie pasywne, wzmocnienie instalacji PV) pozwoli utrzymać wysoki poziom odporności inwestycji na skutki zmian klimatu w perspektywie do 2050 roku.

Na tej podstawie opracowano graficzną reprezentację ryzyk klimatycznych:

Macierz ryzyk klimatycznych dla inwestycji – ul. Chopina, Tomaszów Mazowiecki



4. ŚRODKI ADAPTACYJNE DLA INWESTYCJI

Na podstawie zidentyfikowanych ryzyk klimatycznych w horyzoncie 2030–2050 (fale upałów, nawalne opady, wichury, gradobicia, susze oraz ryzyko przerw w dostawie energii) opracowano zestaw środków adaptacyjnych zwiększających odporność zespołu dwóch budynków mieszkalnych wielorodzinnych przy ul. Chopina w Tomaszowie Mazowieckim.

Przyjęto podejście zintegrowane, obejmujące:

- **rozwiązania konstrukcyjne i materiałowe** (odporność dachu, elewacji, systemów mocowań),
- **instalacje techniczne** (pompy ciepła glikol–woda, instalacja PV 90 kWp),
- **systemy zarządzania wodą i retencją** (zbiorniki, nawierzchnie przepuszczalne),
- **rozwiązania ograniczające przegrzewanie** (pasywne chłodzenie, zieleń, nawierzchnie jasne),
- **system monitorowania i reagowania adaptacyjnego** (czujniki, BMS, inspekcje okresowe).

Środki te mają zapewnić:

- ochronę konstrukcji i instalacji OZE przed zjawiskami ekstremalnymi,
- utrzymanie komfortu cieplnego mieszkańców,
- ograniczenie ryzyka podtopień i przeciążeń kanalizacji,
- wydłużenie trwałości materiałów i elementów technicznych,
- zgodność inwestycji z Taksonomią UE, zasadą DNSH oraz wymogami KPO.

4.1. Konstrukcja budynku odporna na ekstremalne warunki atmosferyczne

Aby zminimalizować ryzyko uszkodzeń konstrukcyjnych oraz utraty integralności instalacji OZE podczas zjawisk ekstremalnych (silne wiatry, nawalne deszcze, grad), w projekcie przewidziano następujące środki adaptacyjne:

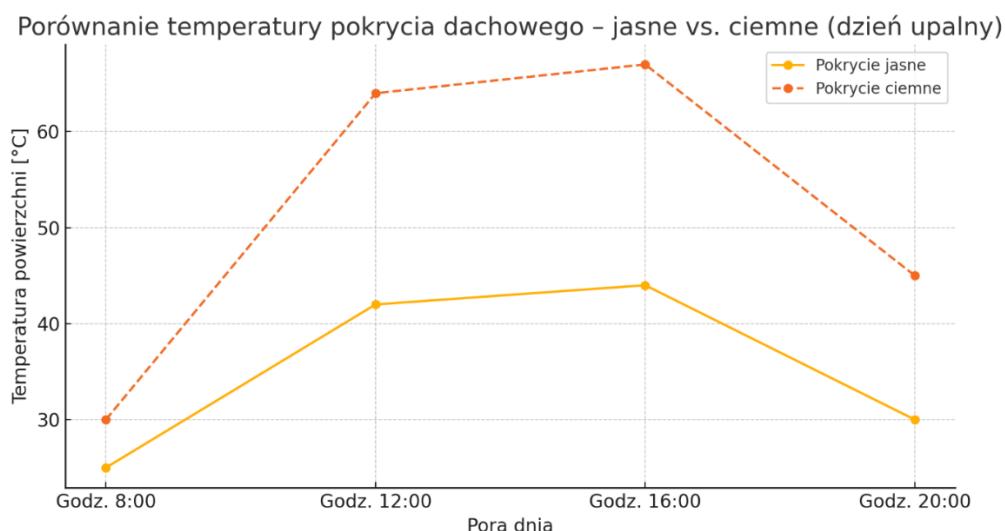
- **Dachy i elewacje**
 - zaprojektowane z uwzględnieniem odporności na prędkości wiatru ≥ 120 km/h (PN-EN 1991-1-4),
 - pokrycia dachowe mocowane mechanicznie, z dodatkowymi zakładkami i wzmocnionymi punktami kotwienia,
 - zastosowanie hydroizolacji bitumiczno-polimerowej o podwyższonej odporności na UV i grad,
 - projekt spadków dachowych $\geq 3\%$ oraz odwodnienia liniowego z przelewami awaryjnymi.
- **System odwodnienia**
 - rynny i wpusty dachowe dobrane na intensywność opadów ≥ 150 mm/h,
 - osadniki i kratki zabezpieczające przed zatykaniem wlotów,
 - lokalne przelewy awaryjne odprowadzające wodę poza obrys budynków.
- **Konstrukcja nośna i obudowa**
 - żelbetowe stropy i ściany zbrojone zwiększające odporność na działanie wiatru i naprężenia dynamiczne,
 - dylatacje zaprojektowane z uwzględnieniem dużych amplitud temperatur,
 - elewacje wentylowane mocowane w systemach odpornych na ssanie wiatru i uderzenia gradu.

- **Instalacje OZE**
 - panele fotowoltaiczne (90 kWp) zamocowane w systemach spełniających normę IEC 61215 – odporność na grad o średnicy ≥ 25 mm oraz obciążenie wiatrem,
 - konstrukcje wsporcze ze stali nierdzewnej z tłumieniem drgań i zabezpieczeniem antykorozyjnym,
 - moduły PV montowane w bezpiecznej odległości od krawędzi dachów (min. 1,5 m).
- **Elementy zewnętrzne**
 - balustrady balkonowe, rolety i żaluzje fasadowe zaprojektowane z dodatkowym wzmocnieniem w strefach narożnych,
 - szklenia fasadowe i świetliki odporne na uderzenia (klasa min. P4A wg EN 356).

4.2. Zastosowanie technologii ograniczających efekt miejskiej wyspy ciepła

Dla ograniczenia ryzyka przegrzewania wnętrz budynków oraz poprawy mikroklimatu w otoczeniu inwestycji zastosowano rozwiązania zmniejszające efekt miejskiej wyspy ciepła:

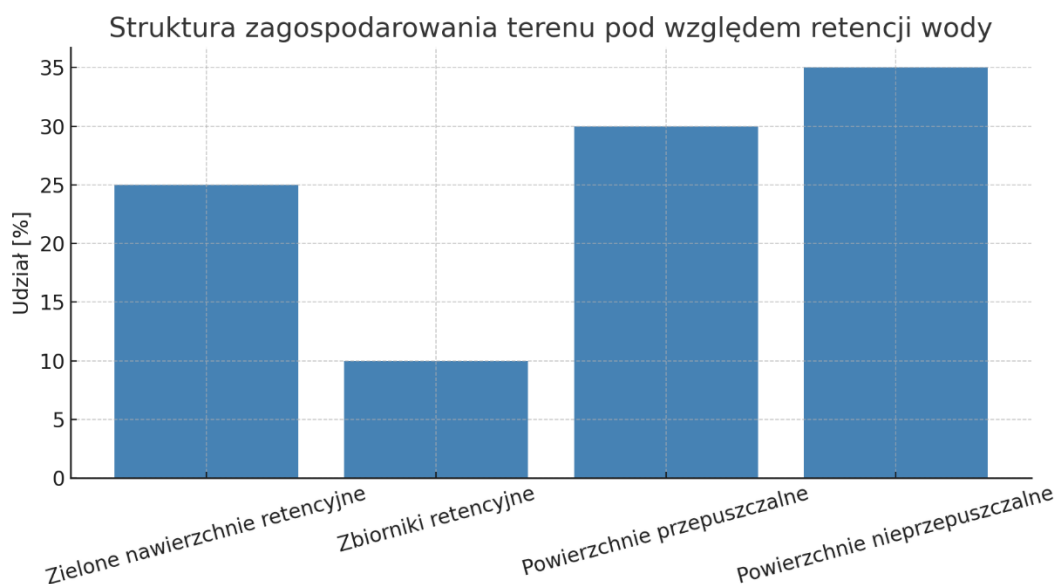
- **Kształtowanie otoczenia terenu**
 - nasadzenia zieleni wysokiej i pnącej wzdłuż elewacji południowych i zachodnich, tworzące naturalną warstwę cienia,
 - wykorzystanie nawierzchni przepuszczalnych (kratki trawnikowe, płyty ażurowe, mineralne podbudowy) na parkingach i ciągach pieszych,
 - ograniczenie stosowania nawierzchni asfaltowych – preferowane jasne i refleksyjne powierzchnie betonowe lub mineralne,
 - rabaty retencyjne i ogrody deszczowe pełniące funkcję biologicznie czynnych obszarów chłodzących.
- **Materiały pokryć dachowych i elewacyjnych**
 - jasne kolory fasad o wysokim współczynniku odbicia światła (albedo), ograniczające nagrzewanie powierzchni,
 - dachy płaskie z powłokami refleksyjnymi typu *cool roof*, redukującymi absorpcję promieniowania słonecznego,
 - możliwość zastosowania fragmentów zielonych dachów ekstensywnych (np. na częściach niższych budynków).
- **Rozwiązania wspierające komfort cieplny mieszkańców**
 - klimakonwektory w trybie pasywnego chłodzenia latem (bez sprężarki), które obniżają temperaturę wewnętrzną,
 - możliwość montażu zewnętrznych rolet i żaluzji fasadowych sterowanych automatycznie w zależności od nasłonecznienia,
 - stolarka okienna z szybami selektywnymi o współczynniku g (przepuszczalności energii słonecznej) $\leq 0,35$.



4.3. Systemy zarządzania wodą deszczową i retencji

Dla ograniczenia ryzyka podtopień, przeciążenia kanalizacji deszczowej oraz poprawy bilansu wodnego inwestycji wdrożono zintegrowane rozwiązania retencyjno-odwadniające:

- **System retencji na terenie inwestycji**
 - zbiorniki retencyjne na wody opadowe z regulowanym odpływem,
 - separatory substancji ropopochodnych zabezpieczające wody opadowe przed zanieczyszczeniem,
 - skrzynki rozszczepiające i studnie chłonne wspomagające infiltrację wód do gruntu.
- **Zagospodarowanie terenu**
 - projektowane spadki powierzchni kierujące odpływ w stronę terenów zielonych zamiast bezpośrednio do kanalizacji,
 - zastosowanie nawierzchni o wysokiej przepuszczalności (geokraty, nawierzchnie żwirowe, płyty ażurowe),
 - lokalne ogrody deszczowe i rabaty retencyjne pełniące funkcję buforową.
- **Redukcja efektu spływu powierzchniowego**
 - przezroczyste zadaszenia przepuszczające wodę deszczową na tereny zielone,
 - minimalizowanie barier hydraulicznych wokół budynków (np. wysokich krawężników),
 - system przelewów awaryjnych z dachów w celu kontrolowanego odprowadzania nadmiaru wody w czasie ulew.



4.4. Zabezpieczenie instalacji fotowoltaicznej i pomp ciepła przed czynnikami klimatycznymi

Aby zapewnić niezawodność i trwałość systemów OZE oraz źródeł ciepła w obliczu prognozowanych zjawisk ekstremalnych, wprowadzono rozwiązania techniczne zwiększające odporność instalacji PV i gazowych pomp ciepła.

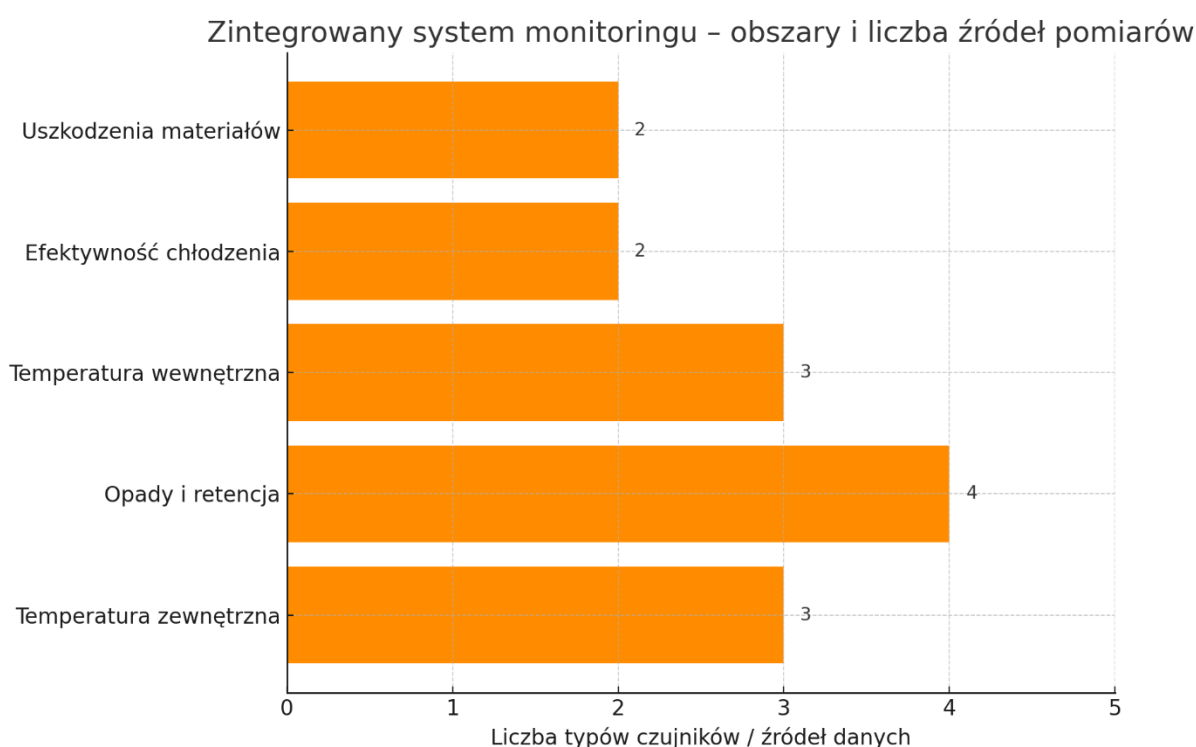
- **Moduły fotowoltaiczne**
 - panele klasy A, odporne na grad o średnicy do 25 mm (zgodnie z normą IEC 61215),
 - montaż z zachowaniem minimalnych odległości od krawędzi dachu w celu ograniczenia sił podrywających,
 - mocowanie na stalowych ramach z zabezpieczeniem antykorozyjnym i tłumieniem drgań,
 - system monitoringu pracy PV z funkcją alertów awaryjnych (napięcie, temperatura, zacienienie).
- **Gazowe absorpcyjne pompy ciepła i kotły gazowe**
 - urządzenia zlokalizowane w wydzielonych pomieszczeniach technicznych, zabezpieczonych przed zalaniem i przegrzewaniem,
 - zapewnienie odpowiedniej wentylacji pomieszczeń maszynowni oraz zabezpieczeń przeciwpożarowych,
 - instalacje projektowane z uwzględnieniem odporności na skrajne warunki pogodowe (niskie temperatury, wahania wilgotności),
 - możliwość pracy w trybie awaryjnym w przypadku przerw w dostawie energii elektrycznej.
- **System zarządzania energią**
 - automatyzacja pracy źródeł ciepła w zależności od temperatury zewnętrznej i zapotrzebowania,
 - bilansowanie produkcji i zużycia energii z PV oraz układów grzewczych z preferencją zużycia lokalnego (autokonsumpcja),
 - integracja z systemem monitoringu budynku (BMS) dla bieżącej kontroli i optymalizacji efektywności energetycznej.

5. MONITORING I RAPORTOWANIE WPŁYWU ZMIAN KLIMATYCZNYCH

Dla zapewnienia ciągłości adaptacji do zmieniających się warunków klimatycznych, inwestycja w Tomaszowie Mazowieckim zostanie wyposażona w system monitorowania kluczowych parametrów środowiskowych i eksploatacyjnych. Celem jest zarówno bieżące zarządzanie ryzykami, jak i raportowanie zgodności z wytycznymi klimatycznymi UE i KPO.

5.1. System monitorowania temperatury i opadów

- Regularne pozyskiwanie danych meteorologicznych z lokalnych stacji IMGW oraz systemów on-site (np. stacja pogodowa na dachu budynku).
- Monitoring temperatury zewnętrznej, intensywności opadów i nasłonecznienia w czasie rzeczywistym — dane zintegrowane z systemem zarządzania budynkiem (BMS).
- Czujniki temperatury i wilgotności wewnętrznej w częściach wspólnych oraz wybranych lokalach testowych – umożliwiające ocenę komfortu cieplnego w warunkach fal upałów i mrozów.
- Czujniki w systemie odwodnienia dachowego i przy zbiornikach retencyjnych – kontrola poziomu wody, przeciążeń kanalizacji i czasów odpływu.



5.2. Ocena skuteczności środków adaptacyjnych

- Pomiar efektywności energetycznej źródeł ciepła – rejestracja parametrów pracy gazowych absorpcyjnych pomp ciepła, kotłów gazowych oraz instalacji PV w warunkach wysokiego obciążenia.
- Kontrola trwałości materiałów elewacyjnych i pokryć dachowych – inspekcje wizualne oraz pomiary odkształceń i odbarwień, szczególnie po epizodach ekstremalnych (upały, grad, silny wiatr).

- Monitoring pracy systemu retencji i odpływu – pomiary objętości wód opadowych, kontrola czasu retencji i wykrywanie przeciążeń hydraulicznych.
- Audyt cykliczny (co 2–3 lata) z raportem skuteczności przyjętych środków adaptacyjnych – porównanie z danymi referencyjnymi oraz aktualizacjami IPCC i Klimada 2.0.

5.3. Możliwość aktualizacji strategii adaptacyjnej

- Wdrożenie systemu rewaluacji strategii co 5 lat, z możliwością uzupełnienia o nowe rozwiązania technologiczne lub organizacyjne (np. rozbudowa retencji, dodatkowe systemy ochrony przeciwsłonecznej).
- Bieżąca analiza danych z monitoringu i porównanie z prognozami klimatycznymi – możliwość dostosowania działania instalacji w czasie rzeczywistym.
- Zgodność z polityką ciągłego doskonalenia adaptacyjnego zgodnie z Taksonomią UE – projekt nie jest statyczny, lecz rozwijany w oparciu o nową wiedzę i zmieniające się warunki klimatyczne.
- Uwzględnienie zmian w przepisach prawa krajowego i unijnego (np. nowe rozporządzenia dot. efektywności energetycznej, odporności infrastruktury lub ochrony zasobów wodnych).

6. PODSUMOWANIE I ZGODNOŚĆ Z WYMOGAMI KPO

Realizowana inwestycja w Tomaszowie Mazowieckim została zaprojektowana z uwzględnieniem prognozowanych zmian klimatycznych w latach 2030–2050. Analiza ryzyk wykazała konieczność dostosowania budynków do wzrostu temperatur, ekstremalnych zjawisk pogodowych, zmian w opadach oraz ich wpływu na infrastrukturę i bezpieczeństwo mieszkańców.

6.1. Przyjęte środki adaptacyjne obejmują:

W odpowiedzi na zidentyfikowane zagrożenia klimatyczne w latach 2030–2050, inwestycja została wyposażona w pakiet działań adaptacyjnych, obejmujący:

- **Zwiększenie odporności konstrukcyjnej** – dachy i elewacje zaprojektowane zgodnie z normami odporności na obciążenia wiatrem $\geq 100\text{--}120\text{ km/h}$ oraz intensywne opady deszczu; wzmocnione mocowania elementów technicznych (PV, anteny, obróbki dachowe).
- **Redukcję ryzyka przegrzewania** – zastosowanie materiałów elewacyjnych o jasnej barwie i wysokim współczynniku odbicia promieniowania słonecznego (albedo), izolacyjność przegród zgodna z WT2021, projektowane zacienienie części terenów utwardzonych zielenią wysoką i niską.
- **Zarządzanie wodą opadową i retencją** – zbiorniki retencyjne, system rozsączania, nawierzchnie przepuszczalne (np. geokraty, ażurowe płyty parkingowe) oraz odwodnienia liniowe, co ogranicza ryzyko podtopień.
- **Zabezpieczenie instalacji technicznych** – panele PV o podwyższonej odporności na grad (do 25 mm średnicy), stabilne systemy montażu; pompy ciepła typu glikol–woda zabezpieczone przed wahaniami temperatur i zamarzaniem.

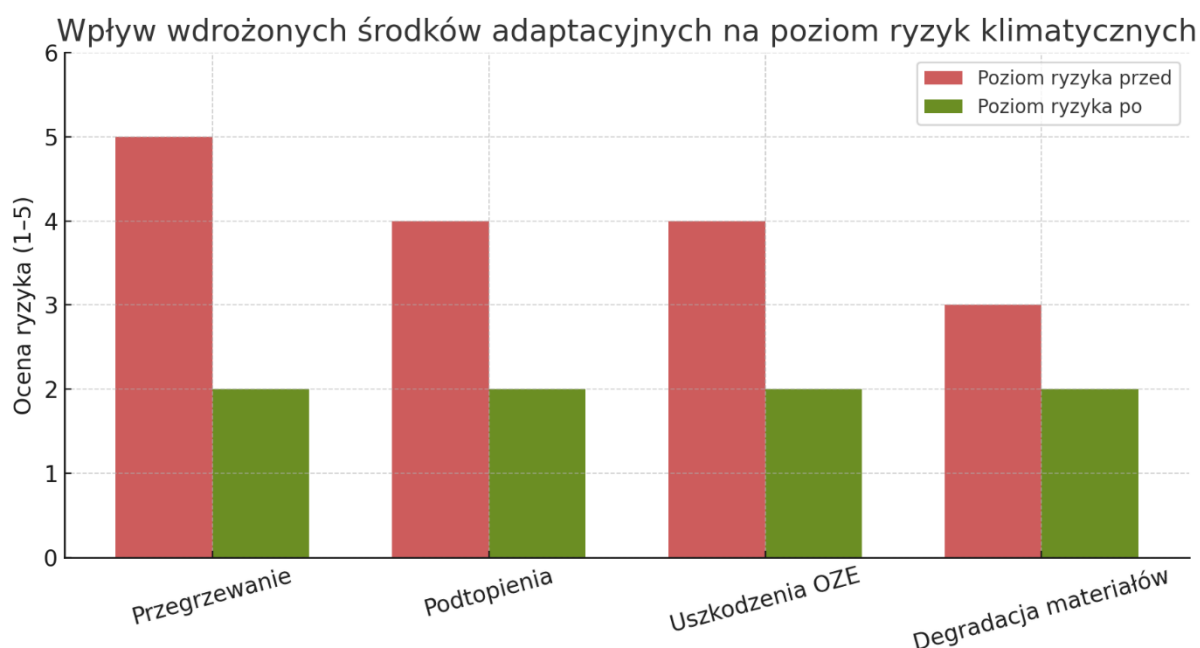
- **System monitorowania i kontroli** – czujniki pogodowe i środowiskowe (temperatura, wilgotność, opady, poziom wody w zbiorniku retencyjnym), okresowa ocena skuteczności środków adaptacyjnych.

Te rozwiązania minimalizują wpływ zmian klimatu na budynki, podnoszą bezpieczeństwo użytkowników i zwiększają trwałość infrastruktury przy jednoczesnym ograniczeniu zużycia zasobów.

6.2. Zgodność z wymogami Krajowego Planu Odbudowy (KPO)

Analiza ryzyk klimatycznych i przyjęte środki adaptacyjne są w pełni zgodne z wymogami:

- **Krajowego Planu Odbudowy i Zwiększania Odporności (KPO)** – działania odpowiadają filarowi „Zielona, inteligentna mobilność i środowisko”, w tym komponentowi „odporność infrastruktury na zmiany klimatu”.
- **Rozporządzenia Parlamentu Europejskiego i Rady (UE) 2021/241** – spełniają wymagania dotyczące uwzględniania odporności inwestycji na zmiany klimatyczne w całym cyklu życia.
- **Taksonomii UE (Rozporządzenie 2020/852)** – rozwiązania odpowiadają celowi klimatycznemu „adaptacja do zmian klimatu”, poprzez ograniczanie ryzyka przegrzewania, ochronę przed podtopieniami oraz systematyczny monitoring.
- **Zasady „Do No Significant Harm” (DNSH)** – wdrożone środki nie powodują istotnych szkód w żadnym z sześciu obszarów środowiskowych, zgodnie z Rozporządzeniem Delegowanym 2021/2139.



7. WNIOSKI

Realizacja inwestycji w Tomaszowie Mazowieckim w jej obecnym kształcie gwarantuje wysoką odporność zespołu budynków na skutki zmian klimatycznych przewidywane w latach 2030–2050. Przeprowadzona analiza ryzyk oraz zastosowane środki adaptacyjne potwierdzają, że projekt spełnia wymagania w zakresie bezpieczeństwa, trwałości oraz komfortu użytkowania w warunkach coraz bardziej ekstremalnego klimatu.


Kluczowe efekty wdrożonych rozwiązań:

- **Minimalizacja ryzyka przegrzewania** – dzięki wysokiej izolacyjności przegród, zastosowaniu materiałów o jasnych barwach (wysokie albedo) oraz planowanemu zacienieniu terenów utwardzonych zielenią wysoką i niską.
- **Zabezpieczenie przed podtopieniami i przeciążeniem kanalizacji** – poprzez zbiorniki retencyjne, nawierzchnie przepuszczalne i systemy rozsączające, które ograniczają spływ powierzchniowy.
- **Ochrona instalacji OZE i systemów technicznych** – dzięki zastosowaniu paneli PV odpornych na grad i wiatr, stabilnym systemom montażu oraz zabezpieczeniu układów pomp ciepła typu glikol–woda przed zamarzaniem i przegrzewaniem.
- **Zwiększenie trwałości materiałów i infrastruktury** – poprzez zastosowanie rozwiązań odpornych na wilgoć, skrajne temperatury, promieniowanie UV i cykle zamarzania/rozmarzania.
- **Efektywny system monitoringu** – pozwalający na bieżące reagowanie na zmieniające się warunki pogodowe (temperatura, opady, retencja) i skuteczne zarządzanie eksploatacją budynków.

Zgodność z polityką klimatyczną UE i KPO:

- Projekt w pełni spełnia wymogi **Taksonomii UE** i zasady „*Do No Significant Harm*” (DNSH).
- Wpisuje się w cele klimatyczne **Krajowego Planu Odbudowy (KPO)**.
- Został przygotowany z myślą o odporności długoterminowej – z możliwością aktualizacji strategii adaptacyjnej w cyklu 5-letnim.
- Stanowi **przykład dobrych praktyk** w zakresie projektowania budynków zgodnych z nowymi warunkami środowiskowymi i wymaganiami przyszłości.

Dzięki kompleksowemu podejściu do oceny i zarządzania ryzykiem klimatycznym, inwestycja przy ul. Chopina może zostać uznana za w pełni odporną na przewidywane zmiany klimatyczne i zgodną z aktualnymi europejskimi standardami środowiskowymi.

V	PLAN ZARZĄDZANIA ODPADAMI BUDOWLANYMI	
---	---------------------------------------	---

1. INFORMACJE OGÓLNE

Plan zarządzania odpadami budowlanymi został opracowany na podstawie dokumentacji projektowej oraz analizy środowiskowej (DNSH), z uwzględnieniem wymogów **Krajowego Planu Odbudowy (KPO)**, **Taksonomii UE** oraz **Protokołu UE** dotyczącego gospodarowania odpadami budowlanymi i rozbiórkowymi. Dokument określa zasady postępowania z odpadami na wszystkich etapach realizacji inwestycji – od przygotowania terenu po zakończenie prac wykończeniowych.

Celem planu jest:

- minimalizacja ilości wytwarzanych odpadów poprzez projektowanie w duchu **DfE (Design for Environment)**,
- zwiększenie udziału **recyklingu i ponownego użycia** materiałów (**min. 70% masy**, docelowo wyżej, o ile to technicznie uzasadnione),
- spełnienie obowiązków wynikających z **ustawy o odpadach i systemu BDO**,
- ochrona środowiska i zdrowia ludzi w toku realizacji prac budowlanych.

1.1. Podstawowe informacje o inwestycji

- **Nazwa inwestycji:** Budowa zespołu **dwóch** budynków mieszkalnych wielorodzinnych z infrastrukturą techniczną.
- **Lokalizacja:** Tomaszów Mazowiecki, ul. Chopina, działki **2/2, 3/1, 1, 3/2, 5** (obręb 0007).
- **Inwestor:** **SIM KZN Łódzkie Centrum sp. z o.o.**, ul. Prezydenta I. Mościckiego 12 lok. B, 97-200 Tomaszów Mazowiecki.
- **Jednostka projektująca (sanitarne):** **PRACOWNIA PROJEKTOWANIA I REALIZACJI ABRAMSKI-ŻUREK S.C.**, ul. Smoluchowskiego 10/10, 80-214 Gdańsk.
- **Autor projektu (sanitarne):** mgr inż. **Daniel Wiśniewski**, upr. **KUP/0152/PWOS/13**.
- **Sprawdzający (sanitarne):** mgr inż. **Jan Wiśniewski**, upr. **KUP/0053/POOS/11**.
- **Rodzaj budynków:** dwa budynki mieszkalne wielorodzinne, standard „pod klucz”.
- **Technologia wykonania:** **prefabrykacja żelbetowa** + prace wykończeniowe.
- **Zasilanie budynków (źródła energii/instalacje):** **gruntowe pompy ciepła oraz instalacja fotowoltaiczna ~90 kWp**.
- **Zakres prac:** stan surowy zamknięty, instalacje wewnętrzne i zewnętrzne (wod.-kan., kanalizacja deszczowa z retencją i podczyszczaniem), pełne wykończenie mieszkań i części wspólnych.

Uwaga: w ramach infrastruktury deszczowej przewidziano m.in. kanalizację PVC160/200 SDR34 SN8, **zbiornik retencyjny DN1000 (ok. 40 m)**, **ogranicznik przepływu 10 l/s** (studnia D2) oraz osadniki/separatory – co wymaga na placu budowy podwyższonej dyscypliny w zakresie segregacji i zabezpieczenia frakcji drobnych przed spływem do wpustów.

1.2. Kluczowe parametry techniczne inwestycji

Parametry kubaturowe i użytkowe przyjmuje się **zgodnie z zatwierdzonym projektem budowlanym (luty 2024)**.

Konstrukcja: żelbetowa prefabrykowana.

Instalacje zewnętrzne: wodociąg **PE100**; kanalizacja sanitarna **PVC160/200 SDR34 SN8**; kanalizacja deszczowa **PVC160/200 SDR34 SN8** z podczyszczaniem i retencją.

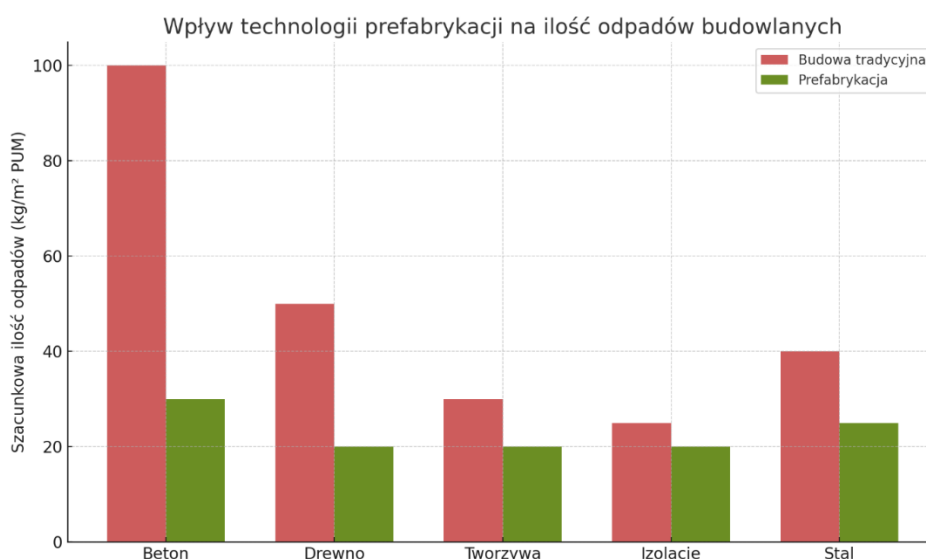
OZE/źródła: pompy ciepła **glikol–woda**; **PV ok. 90 kWp** (bez „gazu”/czynników HFC w źródle dolnym).

Miejsca postojowe i układ drogowy: zgodnie z projektem zagospodarowania terenu; nawierzchnie utwardzone ujęte w bilansie wód opadowych (retencja + ograniczenie odpływu do **10 l/s**).

1.3. Zasady opracowania planu

Plan opiera się na założeniu, że:

- całość konstrukcji żelbetowej realizowana jest w **technologii prefabrykowanej** – co ogranicza ilość odpadów „mokrych” (beton, szalunki) i straty materiałowe,
- instalacje wewnętrzne w miarę możliwości montowane są jako **prefabrykaty/moduły**,
- dostawy materiałów realizowane są w systemie „**just-in-time**” – w celu minimalizacji strat magazynowych i ryzyka uszkodzeń,
- plac budowy jest wyposażony w **system segregacji** zgodnie z frakcjami odpadowymi określonymi w **Katalogu odpadów** (Dz.U. 2020 poz. 10, załącznik), z wyodrębnieniem strumieni niebezpiecznych i infrastruktury retencyjno-podczyszczającej chronionej przed zanieczyszczeniem,
- całość ewidencji odpadowej prowadzona jest w **BDO** (KPO, karty ewidencji odpadu), a poziomy odzysku/recyklingu są raportowane **miesięcznie** i w raporcie końcowym GOZ/PZOB.



2. RODZAJE I ILOŚCI ODPADÓW BUDOWLANYCH

Analiza odpadów budowlanych dla inwestycji zespołu dwóch budynków mieszkalnych wielorodzinnych przy ul. Chopina w Tomaszowie Mazowieckim została przeprowadzona na podstawie dokumentacji projektowej, bilansu materiałowego inwestycji (masa całkowita 16 141,73 t) oraz referencyjnych wskaźników intensywności odpadów dla technologii żelbetowej z elementami prefabrykacji.

Odpady powstają głównie w trakcie:

- prac żelbetowych (deskowania, zbrojenia, betonowanie),
- docinania i montażu materiałów izolacyjnych,
- prac murowych i wykończeniowych,
- pakowania, transportu i składowania materiałów.

2.1. Metodologia szacowania odpadów

- Przyjęto łączną powierzchnię użytkową całkowitą (PU) zespołu budynków: **8 918,06 m²**.
- Szacunki oparto na proporcjach wynikających z bilansu materiałowego (tabela 2.2. w scenariuszu LCA) oraz typowych wskaźnikach strat materiałowych (2–3% w stanie surowym, 1–2% w robotach wykończeniowych).
- Klasyfikacja odpadów zgodnie z katalogiem odpadów (Dz.U. 2020 poz. 10).

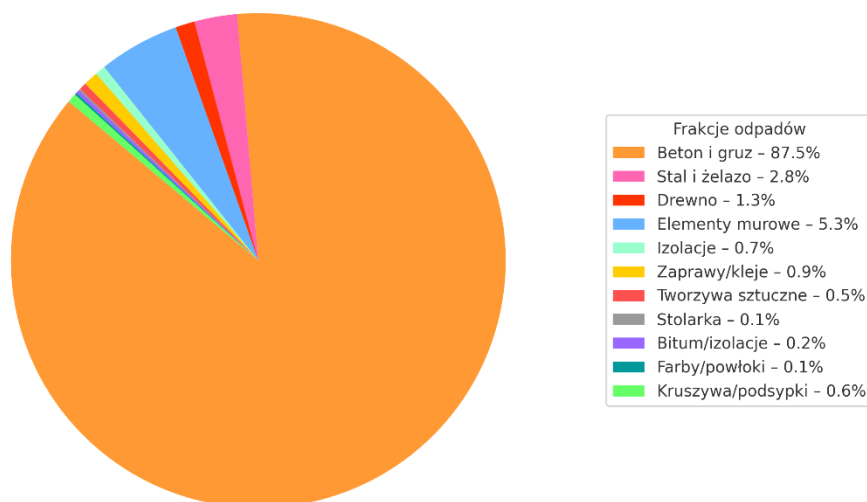
2.2. Szacunkowe zestawienie odpadów budowlanych

Kod odpadu	Rodzaj odpadu	Szacunkowa masa odpadu [Mg]	Źródło powstawania	Zalecany sposób zagospodarowania
17 01 01	Beton i gruz betonowy	403,54	Straty materiałowe, rozformowania, docinki	Recykling na kruszywo budowlane
17 04 05	Żelazo i stal	12,90	Odpady zbrojeniowe, mocowania, elementy montażowe	Oddanie do skupu złomu
17 02 01	Drewno (szalunki, opakowania)	5,80	Palety, deskowania, pomocnicze konstrukcje drewniane	Spalanie z odzyskiem energii
17 01 07	Elementy murowe (błoczek, cegła, pustak)	24,35	Docinki bloczków, roboty działowe	Recykling lub składowanie
17 06 04	Izolacje termiczne (styropian)	3,14	Docinki materiałów ociepleniowych	Przetwarzanie w zakładzie odzysku
17 09 04	Mieszane odpady z zapraw, klejów	4,38	Zaprawy, kleje, fugi	Składowanie lub odzysk materiałowy
17 02 03	Tworzywa sztuczne (folie, opakowania)	2,20	Folie ochronne i opakowania materiałów	Recykling materiałowy

Kod odpadu	Rodzaj odpadu	Szacunkowa masa odpadu [Mg]	Źródło powstawania	Zalecany sposób zagospodarowania
17 06 05	Stolarka budowlana (uszkodzona)	0,50	Ewentualne uszkodzenia podczas montażu	Recykling lub ponowne użycie
17 05 04	Gleba i ziemia z wykopów	wg dokumentacji PZT	Wykopy pod fundamenty i instalacje	Rekultywacja, formowanie terenu
17 03 02	Bitum (izolacje przeciwwodne)	1,10	Papa, izolacje balkonów i fundamentów	Przetwarzanie specjalistyczne
17 06 01	Materiały przeciwwilgociowe	0,25	Folie, izolacje fundamentowe	Recykling lub unieszkodliwienie
17 09 02	Farby i powłoki malarskie	0,65	Malowanie, wykończenia	Przekazanie do utylizacji
17 05 08	Kruszywa, podsypki, piasek	2,75	Roboty drogowe, chodniki, place	Recykling lub ponowne użycie

Łączna masa odpadów szacunkowych: ok. 459 Mg (ok. 2,8% całkowitej masy budynków).

Procentowy udział frakcji odpadów budowlanych (Mg) – ul. Chopina, Tomaszów Mazowiecki



3. SPOSÓB ZAPOBIEGANIA POWSTAWANIU ODPADÓW

W ramach inwestycji przy ul. Chopina w Tomaszowie Mazowieckim przyjęto zasadę **minimalizacji ilości odpadów na każdym etapie realizacji i eksploatacji budynków**, zgodnie z:

- protokołem UE w sprawie gospodarowania odpadami budowlanymi (Construction and Demolition Waste Management Protocol),
- zasadą Design for Environment (DfE) oraz
- wytycznymi gospodarki o obiegu zamkniętym (GOZ).

Celem jest ograniczenie masy i różnorodności materiałowej odpadów, redukcja kosztów ich unieszkodliwiania, a także maksymalizacja potencjału ponownego wykorzystania i recyklingu.

3.1. Optymalizacja projektu budowlanego

- **Technologia żelbetowa prefabrykowana i monolityczna** ogranicza ilość docinek i strat materiałowych (szalunki, zbrojenia, nadlewki betonu).
- **Elementy modułowe (ściany, stropy, schody)** produkowane w kontrolowanych warunkach fabrycznych redukują błędy wykonawcze, co zmniejsza ilość odpadów niewymiarowych i poprawek na placu budowy.
- **Minimalizacja mokrych robót** obniża ryzyko powstawania odpadów wskutek wad technologicznych (pęknięcia, wykwyty, konieczność rozbiórek).
- **Projektowanie pod demontaż (Design for Disassembly – DfD):** zastosowano racjonalny układ funkcjonalny, prostą konstrukcję i powtarzalne moduły, co w przyszłości ułatwi ewentualny demontaż z odzyskiem wartościowych materiałów (stal, beton, stolarka).
- **Redukcja odpadów eksploatacyjnych** – dobór trwałych materiałów wykończeniowych (posadzki, tynki, izolacje) o wydłużonej żywotności zmniejsza częstotliwość wymian w cyklu życia budynków.

3.2. Optymalizacja dostaw materiałów

- **Dostawy just-in-time** – powiązanie dostaw z harmonogramem robót ogranicza składowanie i ryzyko uszkodzeń materiałów.
- **Opakowania zwrotne i wielokrotnego użytku** – szczególnie dla stolarki okiennej, drzwiowej oraz wyposażenia sanitarnego, co zmniejsza wolumen odpadów opakowaniowych.
- **Minimalizacja odpadów transportowych** – zastosowanie opakowań zbiorczych i zabezpieczeń wielorazowych (np. palety metalowe, kosze siatkowe).
- **Standaryzacja długości i wymiarów materiałów** – zamówienia zoptymalizowane pod kątem projektu redukują konieczność docinek na budowie.

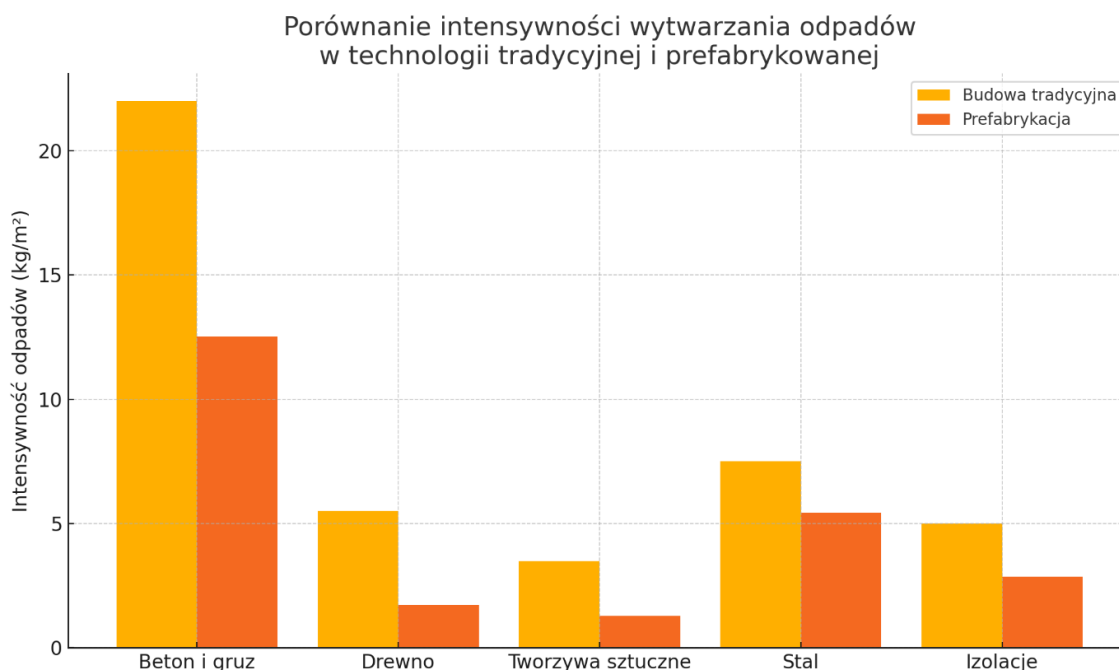
3.3. Organizacja placu budowy

- **Strefy selektywnego składowania odpadów** – wydzielone miejsca dla betonu, stali, drewna, izolacji, opakowań i odpadów niebezpiecznych zapobiegają mieszaniu się frakcji i ułatwiają recykling.
- **Zabezpieczenie materiałów przed wilgocią i uszkodzeniami mechanicznymi** – stosowanie plandek, kontenerów magazynowych oraz odpowiednich podkładów ogranicza straty materiałowe.
- **Monitoring w systemie BDO** – rejestrowanie ilości i rodzajów odpadów pozwala na bieżące korekty zamówień materiałowych oraz efektywne zarządzanie strumieniami odpadów.
- **Umowy z certyfikowanymi odbiorcami odpadów** – zapewniają zgodność z ustawą o odpadach i minimalizują ryzyko nielegalnego składowania.

3.4. Minimalizacja odpadów w cyklu życia budynku

- **Trwałe materiały konstrukcyjne i wykończeniowe** – żelbet, prefabrykaty i izolacje o niskiej emisyjności ograniczają konieczność częstych remontów i wymian.
- **Systemy energooszczędne i OZE (pompy ciepła, fotowoltaika 90 kWp)** – redukują zapotrzebowanie na materiały eksploatacyjne w długim okresie.

- **Łatwy demontaż elementów wyposażenia** – systemy suchej zabudowy, stolarka i instalacje modułowe mogą być wymieniane lub ponownie wykorzystane bez konieczności utylizacji całych fragmentów konstrukcji.
- **Przygotowanie do GOZ** – zastosowane rozwiązania wpisują się w gospodarkę o obiegu zamkniętym (możliwość odzysku stali, kruszywa z betonu, recyklingu tworzyw).



4. SYSTEM SEGREGACJI I SKŁADOWANIA ODPADÓW

Aby zapewnić zgodność z zasadami **gospodarki o obiegu zamkniętym (GOZ)** i zminimalizować wpływ na środowisko, na placu budowy przy ul. Chopina w Tomaszowie Mazowieckim wdrożony zostanie **zintegrowany system selektywnej segregacji i kontrolowanego składowania odpadów budowlanych**. Rozwiązania oparto na wymaganiach:

- **Protokołu UE dotyczącego gospodarowania odpadami budowlanymi,**
- **ustawy o odpadach (Dz.U. 2022 poz. 699 z późn. zm.),**
- **systemu BDO (Baza danych o produktach i opakowaniach oraz o gospodarce odpadami),**
- **celów Taksonomii UE i zasady DNSH („Do No Significant Harm”).**

4.1. Organizacja miejsc składowania odpadów

- Na placu budowy wyznaczone zostaną **strefy dedykowane dla każdej frakcji odpadu**, oznakowane i zabezpieczone przed warunkami atmosferycznymi (zadaszenia, plandeki, kontenery zamykane).
- Odpady będą gromadzone w **kontenerach, boksach lub workach Big-Bag**, oznaczonych kodami odpadów zgodnie z katalogiem i widocznymi tablicami informacyjnymi.
- Strefy składowania zostaną rozmieszczone w **bezpiecznej odległości od ciągów pieszo-jezdných, stref dostaw i placów manewrowych**, co zminimalizuje ryzyko wtórnego rozprzestrzenienia odpadów.

- **Materiały pyłące** (np. styropian, resztki betonowe, izolacje) będą składowane w kontenerach zamykanych lub z dodatkowym zadaszeniem, aby ograniczyć emisję pyłów i strat materiałowych.
- Wydzielone zostaną **osobne boksy dla frakcji mineralnych (beton, cegła, pustaki), metalowych, drewnianych, tworzyw sztucznych i opakowaniowych**.

4.2. Metody segregacji odpadów

- Segregacja prowadzona będzie **już w miejscu powstawania odpadów** – każdy pracownik zobowiązany będzie do natychmiastowego odkładania odpadów do właściwych pojemników.
- Wdrożony zostanie **czytelny system kolorystyczny i opisowy** (kolory kontenerów + tablice z kodami i opisem w języku polskim).
- **Odpady izolacyjne i opakowaniowe** będą zbierane w worki Big-Bag i okresowo transportowane do głównych kontenerów zbiorczych poza strefami roboczymi.
- **Odpady niebezpieczne** (np. opakowania po farbach i żywicach, kleje, świetlówki) będą składowane w osobnym, oznakowanym i zamykanym boksie, zgodnie z wymaganiami ADR i systemem BDO.
- Odpady nadające się do recyklingu (stal, kruszywa betonowe, drewno, tworzywa) będą **przekazywane do wyspecjalizowanych instalacji odzysku** w celu osiągnięcia minimalnego poziomu odzysku GOZ = 70% masy odpadów.

4.3. System kontroli i dokumentacji

- Wykonawca wyznaczy **kierownika gospodarki odpadami**, odpowiedzialnego za prowadzenie ewidencji w systemie BDO (ilości, rodzaje, daty przekazania do odbiorców).
- Przewidziane są **miesięczne raporty wewnętrzne** podsumowujące ilości i rodzaje odpadów, poziom segregacji i ilość przekazanych do odzysku surowców.
- Każdy transport odpadów będzie dokumentowany w systemie BDO poprzez **Kartę Przekazania Odpadu (KPO)**.
- System zostanie poddany **audytowi wewnętrznemu** w trakcie realizacji inwestycji – przy 50% i 100% zaawansowania robót – w celu weryfikacji zgodności z wymogami GOZ i zasadą DNSH.
- Celem jest osiągnięcie **min. 70% odzysku odpadów budowlanych i rozbiórkowych** (zgodnie z dyrektywą ramową o odpadach i przepisami krajowymi).

Schemat segregacji i zagospodarowania frakcji odpadów budowlanych



5. TRANSPORT I UTYLIZACJA ODPADÓW

Proces transportu i zagospodarowania odpadów budowlanych z inwestycji przy ul. Chopina w Tomaszowie Mazowieckim będzie prowadzony w sposób zgodny z:

- przepisami krajowymi i unijnymi (ustawa o odpadach, ADR, katalog odpadów),
- wymogami systemu **BDO**,
- zasadą **DNSH (Do No Significant Harm)** oraz celami gospodarki o obiegu zamkniętym (GOZ).

Celem jest zapewnienie maksymalnego poziomu odzysku i recyklingu odpadów oraz pełna transparentność dokumentacyjna.

5.1. Organizacja transportu odpadów

- Transport będzie prowadzony **w rytmie harmonogramu robót**, w systemie ciągłego usuwania odpadów, aby ograniczyć ich zaleganie i ryzyko wtórnego zanieczyszczenia.
- Do przewozu zostaną dopuszczone wyłącznie **podmioty posiadające aktualne zezwolenia** na transport odpadów i wpisane do rejestru **BDO**.
- Każdy transport będzie oznakowany etykietami zawierającymi: **kod odpadu, masę, dane przewoźnika i identyfikator BDO**.
- **Odpady niebezpieczne** (np. opakowania po żywicach, farbach, klejach) będą transportowane w szczelnych, atestowanych pojemnikach zgodnie z przepisami **ADR**, z pełną dokumentacją przewozową.
- **Harmonogram odbiorów** będzie uzgadniany z odbiorcami tak, aby uniknąć przeciążenia instalacji i zapewnić maksymalizację recyklingu (np. kierowanie gruzu do zakładów kruszenia poza okresami szczytu).

5.2. Docelowe miejsca zagospodarowania odpadów

Rodzaj odpadu	Sposób zagospodarowania	Przykładowy odbiorca
Gruz betonowy, elementy murowe	Recykling na kruszywo budowlane	Zakład recyklingu betonu / kruszyw
Stal i żelazo	100% recykling w hutach i skupach złomu	Skład złomu, huta recyklingowa
Drewno (palety, szalunki)	Spalanie z odzyskiem energii	Instalacja biomasy / ciepłownia
Tworzywa sztuczne (folie, EPS/XPS)	Recykling materiałowy lub odzysk energetyczny	Zakład recyklingu PVC/PE
Izolacje (papa, styropian, folie)	Przetwarzanie w zakładach specjalistycznych	Zakład odzysku odpadów izolacyjnych
Farby, powłoki, kleje (odpady niebezpieczne)	Utylizacja w instalacjach z pozwoleniem zintegrowanym	Instalacja termiczna lub RIPOK
Gleba i ziemia z wykopów	Rekultywacja i zasypki technologiczne	Zakład zagospodarowania gruntu / inwestycje rekultywacyjne

Wybór odbiorców będzie każdorazowo poprzedzony weryfikacją:

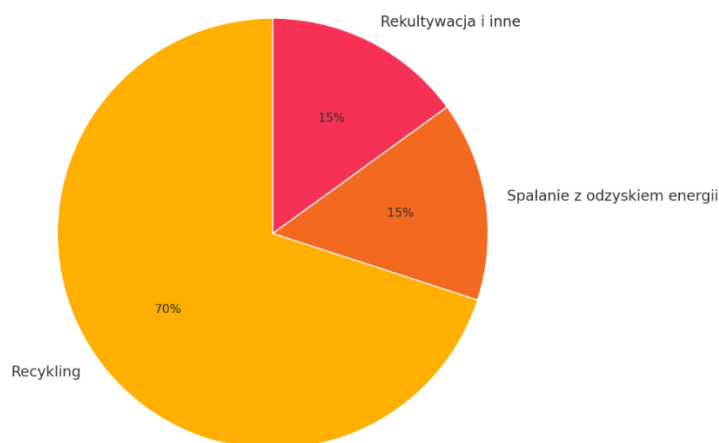
- decyzji administracyjnych (zezwolenia, pozwolenia zintegrowane, wpis do BDO),
- zdolności instalacji do zapewnienia wysokiego poziomu odzysku (min. 70%),
- zgodności z wymaganiami zasady DNSH.

5.3. Dokumentacja transportowa i kontrola utylizacji

- Każdy transport odpadów będzie zarejestrowany w systemie **BDO** i potwierdzony **Kartą Przekazania Odpadu (KPO)**.
- Wykonawca zobowiązany jest do:
 - dokumentowania ilości i rodzaju odpadów przekazanych do recyklingu lub odzysku,
 - gromadzenia dowodów rzeczywistego zagospodarowania frakcji (np. potwierdzenia przyjęcia do instalacji),
 - prowadzenia miesięcznych zestawień zgodnie z formatem uzgodnionym z Inwestorem.
- **Kierownik gospodarki odpadami** będzie prowadził wewnętrzny nadzór nad procesem, w tym kontrolował:
 - częstotliwość odbiorów i terminowość transportów,
 - stan techniczny pojemników, oznakowania i etykiet,
 - poprawność wpisów do systemu BDO,
 - przestrzeganie przepisów ADR w przypadku odpadów niebezpiecznych.

Dzięki powyższemu systemowi zapewniona zostanie **zgodność prawna i środowiskowa**, a także możliwość prześledzenia każdego strumienia odpadowego – od momentu jego powstania na budowie aż po finalne zagospodarowanie.

Udział procentowy sposobów zagospodarowania odpadów budowlanych



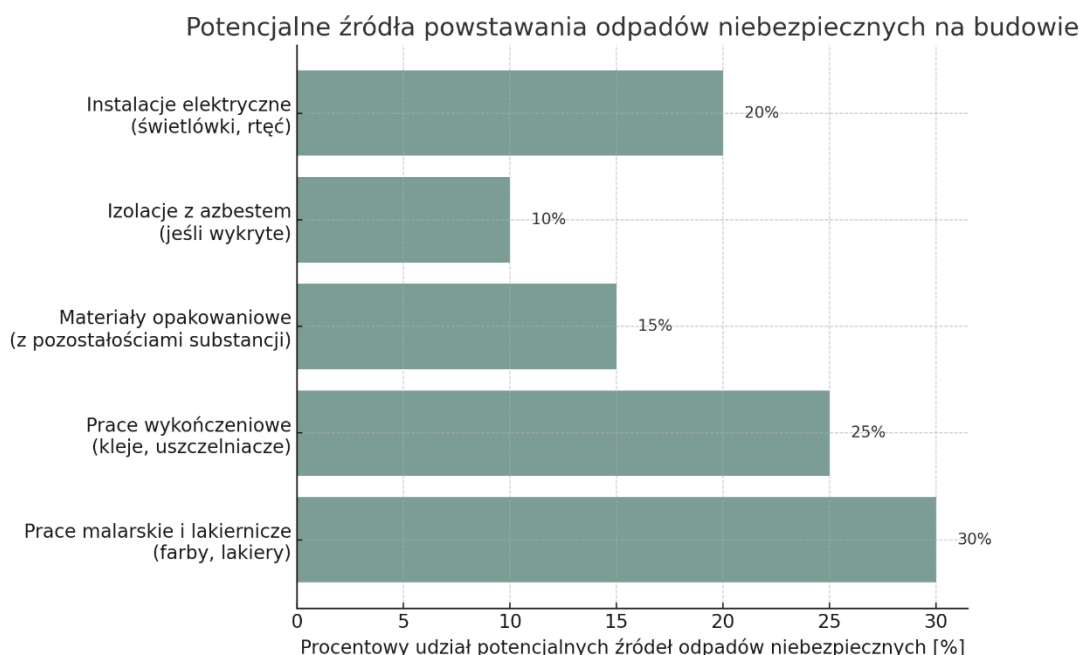
6. POSTĘPOWANIE Z ODPADAMI NIEBEZPIECZNYMI

Na etapie planowania inwestycji przy ul. Chopina nie przewiduje się powstania znacznej ilości odpadów niebezpiecznych. Jednak z uwagi na charakter prac wykończeniowych i instalacyjnych, istnieje ryzyko pojawienia się tego rodzaju frakcji. Dlatego wdrożono rygorystyczne procedury identyfikacji, segregacji i postępowania z odpadami niebezpiecznymi, aby ograniczyć potencjalne zagrożenia dla środowiska i zdrowia ludzi oraz zapewnić zgodność z zasadą **DNSH (Do No Significant Harm)**.

6.1. Rodzaje potencjalnych odpadów niebezpiecznych

Kod odpadu	Rodzaj odpadu	Źródło powstawania	Metoda zagospodarowania
08 01 11*	Odpady farb i lakierów zawierających substancje niebezpieczne	Prace malarskie, powłoki ochronne	Przekazanie do specjalistycznej instalacji unieszkodliwiania
08 04 09*	Kleje i uszczelniacze zawierające substancje niebezpieczne	Prace wykończeniowe (posadzki, stolarka, uszczelnienia)	Utylizacja zgodnie z normami ochrony środowiska
15 01 10*	Opakowania z pozostałościami substancji niebezpiecznych	Farby, kleje, żywice, środki chemiczne	Odbiór przez firmę posiadającą stosowne zezwolenia
17 06 01*	Odpady izolacyjne zawierające azbest (jeśli ujawnione)	Potencjalnie w istniejących elementach podziemnych, np. rury, płyty	Usuwanie zgodnie z procedurami dla azbestu, przez wyspecjalizowaną firmę
20 01 21*	Świetlówki i inne odpady zawierające rtęć	Montaż i wymiana instalacji elektrycznych	Przekazanie do zakładu przetwarzania odpadów niebezpiecznych

Oznaczenie „” wskazuje na odpady niebezpieczne w rozumieniu ustawy o odpadach, wymagające specjalnych procedur.



6.2. Zasady postępowania z odpadami niebezpiecznymi

1. Magazynowanie:

- Odpady niebezpieczne będą przechowywane w **wydzielonych, zamykanych i szczelnych pojemnikach**, wyraźnie oznakowanych kodem odpadu i symbolem zagrożenia.
- Miejsca magazynowania będą zlokalizowane w **bezpiecznej odległości od dróg komunikacyjnych, ciągów piesznych i materiałów budowlanych**, co ograniczy ryzyko skażenia krzyżowego.
- Podłoże w strefie magazynowania zostanie zabezpieczone nieprzepuszczalną powierzchnią (płyta betonowa lub folia HDPE).

2. Oznakowanie i rejestracja:

- Każda partia odpadów niebezpiecznych zostanie **zarejestrowana w systemie BDO**, a ich transport będzie potwierdzany **Kartą Przekazania Odpadu (KPO)**.
- Transport będzie realizowany wyłącznie przez podmioty z wpisem do rejestru BDO oraz – w przypadku substancji szczególnie szkodliwych – zgodnie z przepisami **ADR** (opakowania atestowane, dokumentacja przewozowa, oznakowanie pojazdu).

3. Przekazanie do utylizacji:

- Odpady niebezpieczne będą przekazywane **wyłącznie do instalacji posiadających decyzje administracyjne** (pozwolenie zintegrowane, zezwolenie na unieszkodliwianie odpadów).
- Priorytetem jest **odzysk energetyczny** (np. spalanie w cementowniach) lub specjalistyczna neutralizacja chemiczna, w zależności od rodzaju odpadu.

4. Kontrola i monitoring:

- W trakcie realizacji inwestycji prowadzone będą **regularne kontrole ilości i rodzaju powstających odpadów niebezpiecznych**.

- Kierownik gospodarki odpadami będzie monitorował zgodność z procedurami BDO, ADR oraz wewnętrznymi regulacjami wykonawcy.
- W przypadku wykrycia odpadów szczególnie szkodliwych (np. azbestu), prace zostaną natychmiast wstrzymane do czasu podjęcia działań zgodnych z ustawą o zakazie stosowania wyrobów azbestowych.

5. Szkolenia personelu:

- Cały personel budowy będzie objęty **szkoleniami z zakresu identyfikacji i obsługi odpadów niebezpiecznych**.
- Szkolenia będą obejmować: rozpoznawanie odpadów, zasady ich bezpiecznego składowania i transportu, stosowanie środków ochrony indywidualnej oraz procedury reagowania w sytuacjach awaryjnych (wyciek, rozlanie substancji, pożar).
- Pracownicy zostaną zapoznani z **kartami charakterystyki substancji (MSDS)** używanych na budowie.

6. Zasady reagowania awaryjnego:

- W przypadku niekontrolowanego wycieku substancji chemicznej zostanie wdrożony **plan awaryjny** – użycie sorbentów, neutralizatorów, odizolowanie miejsca zdarzenia i wezwanie wyspecjalizowanej jednostki.
- Awaria będzie dokumentowana w **raporcie środowiskowym** i zgłaszana do odpowiednich organów administracji (WIOŚ, BDO).

Dzięki temu systemowi, nawet przy niewielkiej ilości powstałych odpadów niebezpiecznych, inwestycja pozostanie w pełni zgodna z wymogami prawa i zasadą DNSH, a ryzyko dla środowiska i zdrowia ludzi zostanie zminimalizowane.

Procedura postępowania z odpadami niebezpiecznymi na budowie



7. WSKAŹNIKI RECYKLINGU I RAPORTOWANIE

Efektywne gospodarowanie odpadami w inwestycji przy ul. Chopina w Tomaszowie Mazowieckim wymaga wdrożenia systemu monitorowania, oceny i raportowania procesów, które zapewnią:

- zgodność z **ustawą o odpadach** i systemem **BDO**,
- realizację celów **Taksonomii UE** i **KPO**,
- przejrzystość działań i możliwość weryfikacji przez organy nadzoru i instytucje finansujące.

Dzięki temu możliwe będzie wykazanie zgodności inwestycji z zasadą **DNSH (Do No Significant Harm)** oraz dokumentowanie redukcji śladu środowiskowego w cyklu życia budynku.

7.1. Metody monitorowania i kontroli

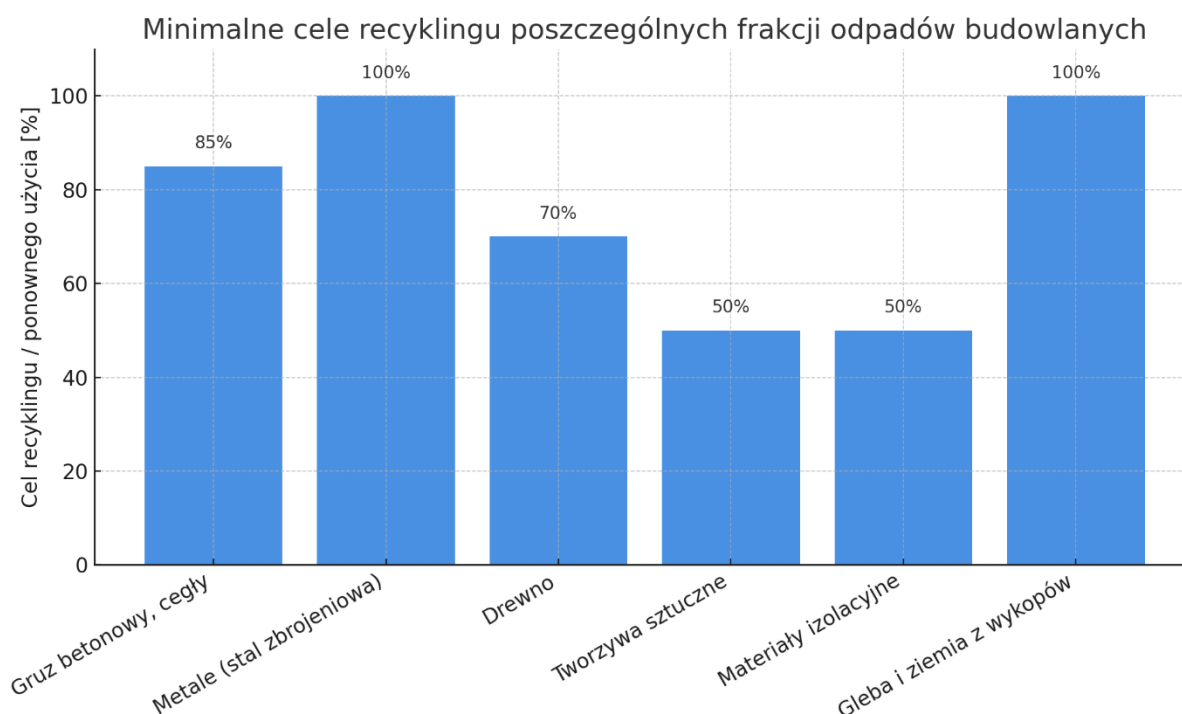
- **Rejestracja w BDO** – każda partia odpadów będzie raportowana elektronicznie (rodzaj, masa, kod, metoda zagospodarowania), co zapewnia pełną identyfikowalność.
- **Miesięczne raporty środowiskowe** – wykonawca przygotowuje zestawienia z podziałem na frakcje odpadów oraz wskaźnikami recyklingu, odzysku i unieszkodliwienia.
- **Audyt zgodności** – inwestor lub niezależny podmiot przeprowadzi kontrole: wizyty na budowie, przegląd raportów BDO, weryfikację umów i decyzji odbiorców.
- **Analiza odchyień i działania korygujące** – w przypadku nieosiągnięcia zakładanych poziomów recyklingu zostaną wdrożone korekty (np. dodatkowa segregacja, zmiana odbiorcy frakcji).

7.2. Kluczowe wskaźniki recyklingu

Dla inwestycji przyjęto następujące cele minimalnego poziomu odzysku i recyklingu:

Rodzaj odpadu	Cel recyklingu / ponownego użycia (%)	Uwagi praktyczne
Gruz betonowy, cegły	min. 85% – recykling na kruszywo	kierowanie do zakładów kruszenia
Metale (stal zbrojeniowa)	100% – recykling	pełny odzysk w skupach złomu
Drewno (palety, szalunki)	min. 70% – biomasa / ponowne użycie	spalanie z odzyskiem energii
Tworzywa sztuczne (folie, EPS)	min. 50% – recykling materiałowy	preferowany mechaniczny, ewentualnie odzysk energetyczny
Materiały izolacyjne	min. 50% – recykling w zakładach odzysku	np. EPS/XPS, papa bitumiczna
Gleba i ziemia z wykopów	100% – rekultywacja i zasypki	lokalne wykorzystanie w robotach ziemnych

Te wartości odpowiadają najlepszym praktykom branżowym i są zgodne z **Protokołem UE w sprawie gospodarowania odpadami budowlanymi**, a ich osiągnięcie pozwoli na potwierdzenie spełnienia kryteriów środowiskowych KPO.



7.3. Procedury raportowania i kontroli

- Raporty będą sporządzane w cyklu miesięcznym i przekazywane inwestorowi w formacie tabelarycznym i graficznym (udział frakcji, wskaźniki odzysku).
- Po zakończeniu robót wykonawca opracuje **końcowy raport podsumowujący**, zawierający:
 - masę wszystkich odpadów,
 - procentowy udział recyklingu, odzysku i unieszkodliwienia,
 - porównanie z celami minimalnymi.
- Dokumentacja końcowa będzie podstawą do:
 - oceny zgodności z zasadą **DNSH**,
 - potwierdzenia osiągnięcia wskaźników **GOZ** i celów klimatycznych,
 - rozliczenia finansowania w ramach **KPO / funduszy UE**.
- W razie potrzeby raporty zostaną udostępnione instytucjom finansującym i organom nadzoru (np. WIOŚ, NFOŚiGW).

8. PODSUMOWANIE

Plan Zarządzania Odpadami Budowlanymi (PZOB) dla inwestycji polegającej na budowie dwóch budynków mieszkalnych wielorodzinnych przy ul. Chopina w Tomaszowie Mazowieckim został opracowany w oparciu o dokumentację projektową, bilans materiałowy (16 141,73 t masy wbudowanej) oraz analizy środowiskowe przeprowadzone zgodnie z normą **PN-EN 15978**, zasadą **DNSH (Do No Significant Harm)** i wymogami **Krajowego Planu Odbudowy (KPO)**.

Kluczowe wnioski i założenia:

1. Minimalizacja odpadów na etapie realizacji:

- Zastosowanie prefabrykowanej konstrukcji żelbetowej oraz modułowych elementów (ściany, stropy, schody) ograniczyło powstawanie odpadów mokrych i docinek materiałowych.
- Organizacja dostaw w systemie *just-in-time* zmniejsza ryzyko uszkodzeń i strat magazynowych.
- Ograniczono udział prac mokrych na budowie, co przełożyło się na mniejszy strumień odpadów cementowych i izolacyjnych.

2. System selektywnej segregacji i składowania:

- Na placu budowy wdrożono wydzielone strefy z kontenerami i big-bagami dla każdej frakcji odpadu.
- System segregacji spełnia wymagania **ustawy o odpadach (Dz.U. 2022 poz. 699)** oraz jest w pełni zintegrowany z rejestrem **BDO**.
- Odpady pyłące (styropian, wełna mineralna) są składowane w zamykanych, zabezpieczonych pojemnikach.

3. Transport i utylizacja zgodne z prawem i zasadą GOZ:

- Odpady przekazywane są wyłącznie podmiotom posiadającym wpis do BDO oraz stosowne zezwolenia.
- Proces zagospodarowania został oparty o gospodarkę o obiegu zamkniętym (GOZ), obejmującą recykling kruszyw, odzysk stali i drewna oraz ponowne wykorzystanie gleby z wykopów.
- Dla każdej frakcji wskazano docelową ścieżkę zagospodarowania (np. kruszywa → recykling, stal → 100% odzysk, drewno → biomasa).

4. Odpady niebezpieczne – pełna kontrola i procedury:

- Opracowano katalog potencjalnych odpadów niebezpiecznych (farby, kleje, opakowania chemiczne, świetlówki, azbest – jeśli ujawniony).
- Zapewniono procedury magazynowania w wydzielonych, oznakowanych strefach, transport zgodnie z ADR oraz przekazywanie wyłącznie do wyspecjalizowanych instalacji.
- Wdrożono system szkoleń pracowników i plan reagowania awaryjnego.

5. Wskaźniki recyklingu i raportowanie:

- Przyjęto minimalny cel **70% odzysku masy odpadów budowlanych**, z wyszczególnieniem: 85% dla gruzu, 100% dla stali, 70% dla drewna, 50% dla tworzyw i izolacji, 100% dla gleby.
- Dokumentacja prowadzona w systemie BDO umożliwia pełne śledzenie strumienia odpadów.
- Przewidziano **miesięczne raporty i audyt zgodności** (50% i 100% realizacji inwestycji) w celu oceny skuteczności wdrożonego systemu.

6. Zgodność z zasadami DNSH i KPO:

- Plan wpisuje się w unijne cele klimatyczne i środowiskowe poprzez redukcję śladu węglowego, ograniczenie ilości odpadów trafiających na składowiska oraz maksymalizację odzysku.
- Dokument stanowi podstawę do potwierdzenia spełnienia kryteriów **Taksonomii UE**, co umożliwia rozliczenie inwestycji w ramach **Krajowego Planu Odbudowy**.

Podsumowanie końcowe

Plan gospodarki odpadami dla inwestycji w Tomaszowie:

- gwarantuje **wysoką efektywność środowiskową** poprzez redukcję, segregację i recykling odpadów,
- zapewnia pełną zgodność z prawem (BDO, ustawa o odpadach, ADR),
- umożliwia **osiągnięcie i udokumentowanie wskaźników GOZ**, wymaganych przez KPO i instytucje unijne,
- ogranicza koszty utylizacji i wspiera gospodarkę cyrkularną poprzez odzysk wartościowych surowców,
- minimalizuje ryzyko środowiskowe i zdrowotne związane z odpadami niebezpiecznymi.

Wdrożenie powyższych procedur pozwoli zakończyć realizację inwestycji z zachowaniem najwyższych standardów środowiskowych, zgodnie z zasadą „**Nie czynić znaczącej szkody**” (DNSH) oraz w pełnej zgodności z europejską polityką klimatyczną i gospodarczą.