

# BEZPIECZNE STOSOWANIE CYRKULARNYCH WYROBÓW BUDOWLANYCH

Pakiet informacyjny dla producentów

Autorzy:

Mateusz Kozicki

Anna Goljan

Katarzyna Komorowska

Katarzyna Naperty-Kowal

Michał Chwedaczuk

Filip Chyliński



Grudzień 2023



Niniejsza publikacja została opracowana jako jedno z działań w ramach projektu CirCon4Climate. Projekt ten jest częścią Europejskiej Inicjatywy Klimatycznej (EUKI) niemieckiego Federalnego Ministerstwa Gospodarki i Klimatu (BMWK).

Supported by:



Federal Ministry  
for Economic Affairs  
and Climate Action



European  
Climate Initiative  
EUKI

on the basis of a decision  
by the German Bundestag

Tytuł:	Bezpieczne stosowanie cyrkularnych wyrobów budowlanych
Podtytuł:	Pakiet informacyjny dla producentów
Wersja:	1.1
Data:	8 grudnia 2023
Autorzy:	Mateusz Kozicki, Anna Goljan, Katarzyna Komorowska, Katarzyna Naperty-Kowal, Michał Chwedaczuk, Filip Chyliński
Osoba kontaktowa:	Mateusz Kozicki m.kozicki@itb.pl
Instytucja:	Instytut Techniki Budowlanej   Filtrowa 1, 00-611 Warszawa   www.itb.pl

## Spis treści

<b>1.</b>	<b>Wstęp</b>	<b>4</b>
<b>2.</b>	<b>Cel przewodnika</b>	<b>6</b>
<b>3.</b>	<b>Gospodarka odpadami budowlanymi (UE i Polska)</b>	<b>7</b>
3.1.	Hierarchia postępowania z odpadami budowlanymi	9
3.2.	Rozbiórka budynków	11
3.3.	Postępowanie z odpadami rozbiórkowymi	13
3.3.1.	Segregacja odpadów na frakcje	13
3.3.2.	Segregacja na odpady bezpieczne i niebezpieczne	13
<b>4.</b>	<b>Wyroby budowlane a gospodarka cyrkularna</b>	<b>17</b>
4.1.	Wprowadzenie wyrobów budowlanych do obrotu	17
4.2.	Wymagania środowiskowe stawiane wyrobom budowlanym	20
4.2.1.	Deklarowanie obciążeń środowiska naturalnego	20
4.2.2.	Uwalnianie substancji niebezpiecznych z wyrobów budowlanych	21
4.3.	Wymagania techniczne stawiane wyrobom budowlanym	25
<b>5.</b>	<b>Studium przypadków ponownego wykorzystania odpadów z budowy, renowacji i rozbiórki (CRD)</b>	<b>27</b>
5.1.	Drewno konstrukcyjne	27
5.2.	Stal, stal zbrojeniowa, kompozyty żelazobetonowe	28
5.3.	Szkło	29
5.4.	Tworzywa sztuczne	31
5.5.	Gips (płyty kartonowo-gipsowe)	33
5.6.	Odpady mineralne (beton, cegły, cement, płytki ceramiczne)	34
<b>6.</b>	<b>Podsumowanie i wnioski - perspektywy i kierunki rozwoju gospodarki o obiegu zamkniętym w sektorze budowlanym</b>	<b>37</b>
<b>7.</b>	<b>Bibliografia</b>	<b>38</b>
<b>8.</b>	<b>Lista rysunków</b>	<b>43</b>

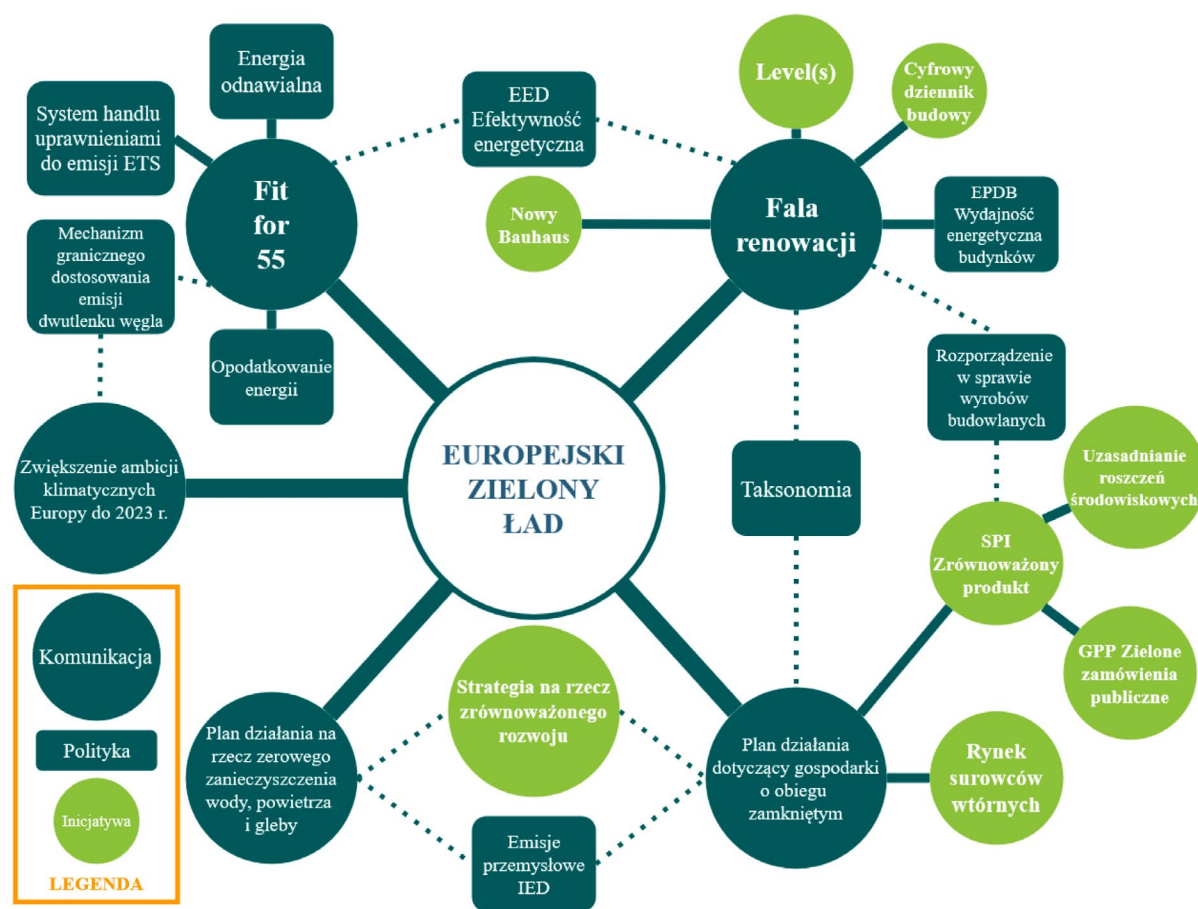
# 1. Wstęp

Budownictwo ma znaczący wpływ na zasoby i środowisko naturalne, głównie ze względu na zużycie dużych ilości surowców (takich jak drewno, stal, cement, gleba) czy wysokoenergetycznych procesów produkcji, transportu oraz ogrzewania i chłodzenia budynków. Ponadto, generuje ono ogromne ilości trudnych do utylizacji i recyklingu odpadów, zarówno na etapie produkcji, jak i podczas rozbiórki i remontów. To właśnie w odpowiedzi na te wyzwania, rozwijają się koncepcje zrównoważonego budownictwa, które starają się minimalizować negatywny wpływ budownictwa na zasoby naturalne poprzez gospodarkę cyrkularną, czyli wprowadzenie zasad recyklingu i ponownego wykorzystania materiałów budowlanych oraz minimalizowanie ilości odpadów poprzez projektowanie trwałych i modularnych konstrukcji.

Emisje dwutlenku węgla (CO<sub>2</sub>) związane z budownictwem są znaczącym czynnikiem w globalnych emisjach, chociaż dokładny procent może różnić się w zależności od regionu i źródła danych. Według raportu Global Alliance for Buildings and Construction [1] z 2019 roku, budownictwo i eksploatacja budynków były odpowiedzialne za około 39% globalnych emisji CO<sub>2</sub> związanych z energią w 2018 roku. Dotychczasowy model gospodarki, oparty na liniowym podejściu, w którym produkujemy, używamy i wyrzucamy, nie jest zrównoważony z punktu widzenia naszej planety. Konieczne jest wprowadzenie nowych sposobów myślenia i działania, aby zastąpić liniowy model gospodarki modelem obiegu zamkniętego (GOZ), w którym odpady i surowce są ponownie wykorzystywane. GOZ polega na zmniejszeniu zużycia surowców pierwotnych i energii oraz minimalizowaniu ilości odpadów poprzez zamknięcie ich w pętli procesów *użyj - przetwórz ponownie*.

Europejski Zielony Ład (ang. *European Green Deal*) [2] to pakiet inicjatyw politycznych, którego celem jest skierowanie UE na drogę transformacji ekologicznej, a ostatecznie – osiągnięcie neutralności klimatycznej do 2050 r. Ma on na celu walkę ze zmianami klimatycznymi, ochronę bioróżnorodności, poprawę jakości powietrza oraz zwiększenie efektywności zasobów. Obejmuje on szereg strategii komunikacyjnych, inicjatyw i polityk, który w obrazowy sposób przedstawione są na Rysunku 1 [3]. Aby UE mogła osiągnąć swój cel na 2030 r., w 2021 r. Komisja Europejska zaproponowała pakiet nowych i zaktualizowanych przepisów pod nazwą „Gotowi na 55” (ang. *Fit for 55*). W pierwszej połowie 2023 r. zatwierdzono następujące przepisy: rewizję systemu handlu emisjami (EU ETS), wdrożenie instrumentu do walki z ucieczką emisji (opłata za emisję gazów cieplarnianych dla importowanych towarów), projekt gwarantujący, że nowe samochody osobowe i dostawcze w UE będą generować zerową emisję netto w 2035 r. czy zmiany uprawnień do emisji dla lotnictwa [4].

Rysunek 1. Przegląd polityk, inicjatyw i komunikacji w obszarze Europejskiego Zielonego Ładu dla budownictwa (opracowane na podstawie [3]).



Jedną z inicjatyw Zielonego Ładu jest „Plan Działania na rzecz Gospodarki Opartej na Zasadach Cyklu Życia” (ang. „*Circular Economy Action Plan*”) [5] mający na celu promowanie gospodarki cyrkularnej w Unii Europejskiej. Główne założenia Planu Działania na rzecz Gospodarki Cyklicznej obejmują zapobieganie marnowaniu surowców, promowanie recyklingu i odzysku, rozwój rynku wtórnego czy promowanie ekoinnowacji. W ramach wymiernego wsparcia gospodarki o obiegu zamkniętym w marcu 2023 r. KE przedstawiła np. nowy projekt dotyczący wspierania naprawy i ponownego wykorzystania towarów (w ramach gwarancji prawnej wymagałoby to od producentów naprawy produktów, chyba że ich wymiana byłaby tańsza), nowe ogólnounijne przepisy dotyczące opakowań (eliminacja zbędnych opakowań, ograniczenie pakowania w zbyt wiele opakowań) czy kompleksową strategię UE dotyczącą surowców krytycznych [6].

Zmiany klimatyczne skłoniły kraje UE do wdrożenia polityk i dyrektyw, które mają na celu również poprawę wydajności energetycznej budynków w państwach członkowskich, aby zmniejszyć zużycie energii i emisji gazów cieplarnianych. Jedną z nich jest dyrektywa EPBD (ang. *Energy Performance of Buildings Directive*) [7], której głównymi celami są: poprawa wydajności energetycznej budynków, promowanie stosowania odnawialnych źródeł energii czy wprowadzenie certyfikacji energetycznej budynków. Państwa członkowskie mają obowiązek dostosowania swoich przepisów krajowych do wymogów tej dyrektywy i regularnie raportować o postępach w osiągnięciu celów z nią związanych.

## 2. Cel przewodnika

Kluczowym celem niniejszego przewodnika jest zwiększenie świadomości w zakresie praktyk GOZ, które skupią się na wzmocnieniu działań rynkowych mających na celu maksymalizację wykorzystania surowców wtórnych, ograniczenie odpadów oraz tworzenie nowych produktów przyjaznych dla środowiska i zaprojektowanych z uwzględnieniem perspektyw cyklu życia wyrobów budowlanych. Opracowanie ma dostarczyć usystematyzowaną wiedzę i wskazać praktyczne rozwiązania dla producentów i konsumentów, którzy w celu poprawy gospodarki odpadami oraz ochrony środowiska będą chcieli zastosować materiały budowlane pochodzące z odzysku oraz zawierające materiały porecyklingowe bez obawy o swoje bezpieczeństwo.

Treść przewodnika zawiera wytyczne i wymagania dla stosowania surowców wtórnych, wyrobów budowlanych zawierających te surowce oraz materiałów odzyskiwanych i ponownie wprowadzanych do obrotu w odniesieniu do oceny właściwości technicznych oraz ich wpływu na zdrowie i środowisko. W przewodniku znajduje się przegląd przepisów prawnych, norm i wymagań krajowych i europejskich ułatwiających interesariuszom z branży budowlanej poszerzenie wiedzy z zakresu wprowadzania do obrotu wyrobów budowlanych w obiegu zamkniętym, ich bezpieczne stosowanie oraz wskazuje obszary, które wymagają doprecyzowania przepisów.

Celem przewodnika jest również dostarczenie ważnych i istotnych informacji na temat wykorzystania materiałów wtórnych pochodzących z placów budów, remontów i rozbiórek. Przewodnik dostarcza szczegółowej wiedzy oraz ukierunkuje osoby i podmioty zainteresowane skutecznym wykorzystywaniem odpadów budowlanych pochodzącym z placów budów, remontów i wyburzeń tzw. odpadów CRD (ang. *construction, renovation, and demolition wastes*).

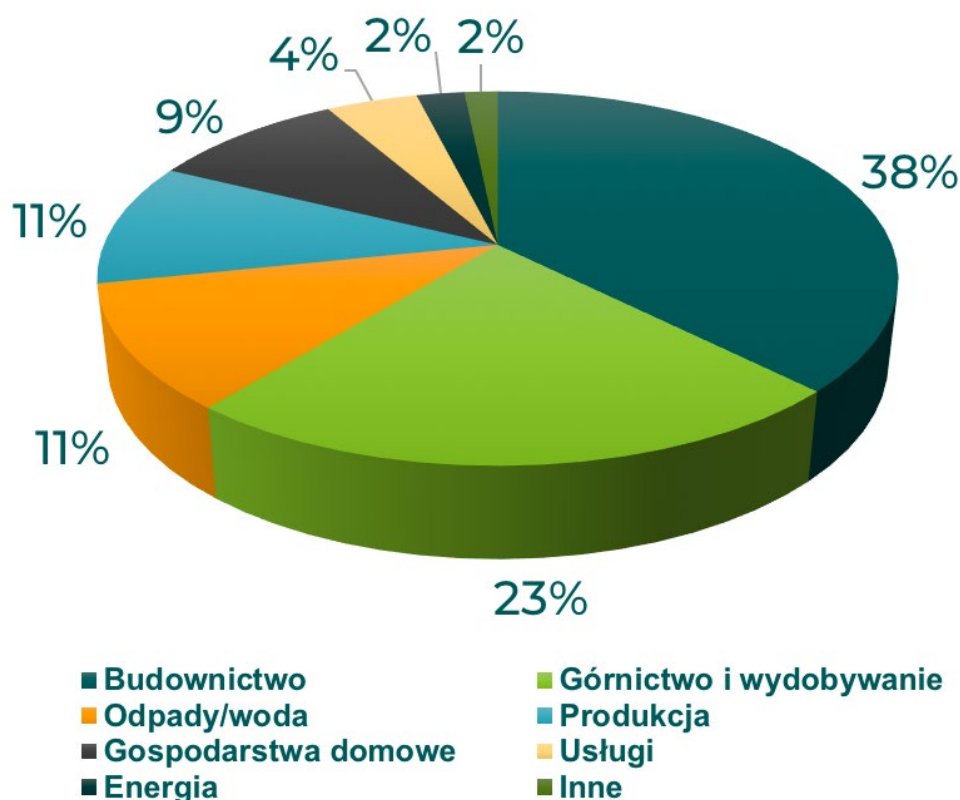
Poziom recyklingu i odzysku materiałów z odpadów budowlanych i rozbiórkowych jest bardzo zróżnicowany w UE i waha się od poniżej 10% do ponad 90%. Kraje UE stosują różne definicje odpadów z budowy i rozbiórki, co utrudnia porównania między krajami. UE dąży do zapewnienia zarządzania CDW w sposób bezpieczny dla środowiska. Po drugie, wykorzystanie pełnego potencjału CDW przyczyni się do przejścia na gospodarkę o obiegu zamkniętym.

Niniejszym przewodnik jest częścią serii przewodników, które w bardziej szczegółowy sposób opisują również takie zagadnienia jak cyrkularne zamówienia publiczne, cyrkularne strategie projektowania budynków, cyrkularne materiały niskowęglowe czy regionalne kasty materiałow.

### 3. Gospodarka odpadami budowlanymi (UE i Polska)

Budownictwo jest sektorem gospodarki powodującym znaczne obciążenie środowiska ze względu na duże zużycie surowców naturalnych. Działalność budowlana generuje duże ilości odpadów w czasie budowy, użytkowania (remonty, modernizacje), ale przede wszystkim w fazie rozbiórki. Odpady budowlane stanowią problem w każdym kraju europejskim a ich ilość stale rośnie. Według danych Eurostat za rok 2020 UE wytworzyła ponad 2,1 miliarda ton odpadów z czego budownictwo odpowiadało za 37,5% całości, górnictwo i przemysł wydobywczy (23,4%), działalność związana z gospodarką wodno-ściekową (10,8%), przemysł wytwórczy (10,6%) a gospodarstwa domowe (9,4%); pozostałe 8,3% stanowiły odpady powstałe w wyniku innej działalności gospodarczej (Rysunek 2) [9].

Rysunek 2. Udział procentowy poszczególnych działalności w produkcji odpadów w Unii Europejskiej (dane za rok 2020; źródło: Eurostat on-line data) [9]



Polityka UE dąży do zapobiegania powstawaniu odpadów i ponownego wykorzystania produktów. Jeśli to nie jest możliwe, preferowany jest recykling (w tym kompostowanie), a następnie wykorzystanie odpadów do produkcji energii. Najbardziej szkodliwą opcją dla środowiska i zdrowia ludzi jest składowanie odpadów, np. na składowiskach, choć jest to też jedna z najtańszych opcji.

Dyrektywa Parlamentu Europejskiego i Rady 2008/98/WE [10] w sprawie odpadów jest jednym z głównych aktów prawnych regulujących gospodarkę odpadami w Unii Europejskiej, w tym również odpadami budowlanymi. Kompleksowe podejście oparte na analizie całego cyklu życia ma przyczyniać się do przeciwdziałania powstawaniu odpadów zgodnie z zawartą w dyrektywie hierarchią postępowania z odpadami.

Podstawowym aktem prawnym obowiązującym w Polsce jest Ustawa z dnia 14 grudnia 2012 r. o opadach [11]. Ustawa reguluje ogólne zasady gospodarki odpadami w tym: postę-

powanie z odpadami, również z niebezpiecznymi, zbieranie, transport, magazynowanie, usuwanie i przekazywanie odpadów, koszty gospodarowania odpadami, przetwarzanie odpadów w instalacjach i urządzeniach oraz szczególne zasady gospodarowania niektórymi rodzajami odpadów (w tym odpadami budowlanymi i rozbiórkowymi). W zakresie odpadów budowlanych Ustawa [11] nakłada na właścicieli obiektów budowlanych m.in. obowiązek:

- oddzielania odpadów budowlanych od innych odpadów oraz do ich selektywnego segregowania, zbierania i odbioru według rodzaju;
- przekazywania odpadów budowlanych do przetwarzania w zakładach, które posiadają stosowne zezwolenia. Zakłady te mają obowiązek przetwarzać odpady w sposób bezpieczny dla środowiska;
- sporządzania dokumentacji dotyczącej ilości i rodzaju wytworzonych odpadów budowlanych oraz sposobu ich zagospodarowania;
- uzyskania zezwolenia przez właścicieli obiektów budowlanych, którzy chcą składować odpady budowlane na własnej posesji.

Legislacja

**PODSTAWOWE AKTY PRAWNE REGULUJĄCE GOSPODARKĘ ODPADAMI:**

**EU:** Dyrektywa Parlamentu Europejskiego i Rady 2008/98/WE z dnia 19 listopada 2008 r. w sprawie odpadów oraz uchylająca niektóre dyrektywy [10]

**PL:** Ustawa z dnia 14 grudnia 2012 r. o odpadach [11]

**CZ:** Zákon o odpadech. Zákon č. 541/2020 Sb.[12]

**SL:** Uredba o odpadkih (Uradni list RS, št. 37/15, 69/15, 129/20, 44/22 – ZVO-2 in 77/22) [13]

**DE:** Gesetz zur Förderung der Kreislaufwirtschaft und Sicherung der umweltverträglichen Bewirtschaftung von Abfällen Kreislaufwirtschaftsgesetz - KrWG) Vom. 24. Februar 2012 [14]

Wyróżniamy dwa podstawowe źródła wytwarzania odpadów budowlanych: odpady budowlane pochodzące z prac budowlanych, remontów i rozbiórek przeprowadzanych w gospodarstwach domowych i stanowiące odpady komunalne oraz te pochodzące z sektora przemysłowego.

Odpady pochodzące z prac budowlanych, remontowych i rozbiórkowych charakteryzują się dużą różnorodnością materiałową. Składają się one głównie z: betonu, cegły, ceramiki, drewna naturalnego i lakierowanego czy impregnowanego, metali, szkła, tworzyw sztucznych, pokryć dachowych, mieszaniny gleby, piasku i kamieni. Zgodnie z Rozporządzeniem Ministra Klimatu z dnia 2 stycznia 2020 r. [15] w sprawie katalogu odpadów są one zaliczane do grupy 17 - Odpady z budowy, remontów i demontażu obiektów budowlanych oraz infrastruktury drogowej.

Legislacja

**KODY ODPADY SĄ PRZYZNAWANE NA PODSTAWIE NASTĘPUJĄCYCH AKTÓW PRAWNYCH:**

**EU:** Decyzja Komisji z dnia 18 grudnia 2014 r. zmieniająca decyzję 2000/532/WE w sprawie wykazu odpadów zgodnie z dyrektywą Parlamentu Europejskiego i Rady 2008/98/WE [16]

**PL:** Rozporządzenie Ministra Klimatu z dnia 2 stycznia 2020 r. w sprawie katalogu odpadów [15]



Obecnie funkcjonujący w Polsce system gospodarki odpadami opiera się na systemie centralnym nadzorowanym przez Ministerstwo Klimatu i Środowiska oraz na systemach wojewódzkich nadzorowanych przez Urzędy Marszałkowskie. Stworzona została ogólnopolska Baza Danych o produktach i opakowaniach oraz gospodarce odpadami (BDO) [17], która ma stanowić system gromadzenia informacji o podmiotach wprowadzających produkty, produkty w opakowaniach i gospodarujących odpadami, o wytwarzanych odpadach i zarządzaniu poszczególnymi rodzajami odpadów oraz określać metody ich odzysku i unieszkodliwiania. Ponadto w bazie znajdują się dane pozyskiwane od gmin dotyczące gospodarki odpadami komunalnymi w tym odpadami budowlano-rozbiórkowymi stanowiącymi odpady komunalne. Zgodnie z ustawą z dnia 13 września 1996 r. o utrzymaniu czystości i porządku w gminach [18] gminy mają obowiązek prowadzenia selektywnej zbiórki i odbioru lub przyjmowania przez PSZOKi odpadów budowlanych i rozbiórkowych stanowiących odpady komunalne.

Odpady z budowy, remontów i demontażu obiektów budowlanych oraz infrastruktury drogowej wytwarzane są głównie przez wyspecjalizowane firmy budowlane, które mają w obowiązku zapewnić ich odzysk lub unieszkodliwienie.

W kraju nie funkcjonują oddzielne instalacje do przetwarzania odpadów budowlanych i rozbiórkowych ze strumienia odpadów komunalnych. Istnieją natomiast instalacje do przetwarzania odpadów z budowy, remontów i demontażu obiektów budowlanych oraz infrastruktury drogowej. Materiały pochodzące z obydwu źródeł mają zbliżony skład, w związku z czym mogą być kierowane do tych samych zakładów przetwarzania.

Za zbieranie i transport odpadów z budowy, remontów i rozbiórek odpowiadają wytwórcy/posiadacze odpadów mogą to być zarówno osoby prywatne jak i firmy remontowo-budowlane czy wyspecjalizowane jednostki zajmujące się zbieraniem i transportem odpadów. Posiadacz odpadów jest obowiązany do prowadzenia na bieżąco ich ilościowej i jakościowej ewidencji zgodnie z katalogiem odpadów określonym w ewidencji odpadów.

Odpady budowlane i rozbiórkowe są poddawane odzyskowi poza instalacyjnemu na mocy Rozporządzenie Ministra Środowiska z dnia 11 maja 2015 r. w sprawie odzysku odpadów poza instalacjami i urządzeniami [19]. Rozporządzenie określa warunki i procesy odzysku oraz rodzaje odpadów dopuszczonych do odzysku (poza instalacjami lub urządzeniami), uwzględniając potrzebę ochrony życia i zdrowia ludzi oraz środowiska. Większość z tych odpadów jest wykorzystywana głównie do wypełniania terenów niekorzystnie przekształconych, utwardzania powierzchni terenów np. dróg, placów, przy budowie infrastruktury drogowej i kolejowej.

### 3.1. Hierarchia postępowania z odpadami budowlanymi

Dyrektywa 2008/98/WE [10], a za nią Ustawa o odpadach [11] wprowadzają tzw. hierarchię postępowania z odpadami czyli zasady i wytyczne dotyczące zarządzania odpadami, które mają na celu minimalizację negatywnego wpływu odpadów na środowisko i zdrowie ludzi. Pozycjonuje ona procesy zarządzania odpadami od tych najbardziej korzystnych dla środowiska do tych, które należy minimalizować. Zapobieganie powstawania odpadów, ich ponowne użycie oraz recykling są zgodne z fundamentalnymi zasadami gospodarki o obiegu zamkniętym (Rysunek 3).

Rysunek 3. Hierarchia postępowania z odpadami budowlanymi



Hierarchia postępowania z odpadami budowlanymi obejmuje następujące etapy:



#### 1) ZAPOBIEGANIE POWSTAWANIU ODPADÓW

Pierwszym celem jest minimalizacja ilości odpadów budowlanych poprzez np. planowanie projektów z uwzględnieniem wyboru trwałych i efektywnych materiałów budowlanych oraz optymalizację procesów budowlanych.



#### 2) PRZYGOTOWYWANIE DO PONOWNEGO UŻYCIA

Odpady budowlane, które nadają się do dalszego wykorzystania, powinny być segregowane, odnawiane i przekazywane do ponownego wykorzystania.



#### 3) RECYKLING

Odpady materiałów budowlanych powinny być poddawane recyklingowi w celu odzyskania surowców wtórnych i redukcji obciążenia środowiska.



#### 4) INNE PROCESY ODZYSKU

Jeśli nie jest możliwe recykling lub inne metody przetwarzania, można wykorzystać energię z odpadów w procesie spalania tzw. odzysku energetycznego.



#### 5) UNIESZKODLIWIANIE

Gdy nie można zastosować innych metod odpady powinny być unieszkodliwiane w sposób bezpieczny dla zdrowia ludzkiego i środowiska.

## 3.2. Rozbiórka budynków

Rozbiórka budynku jest nieodzownym etapem w cyklu życia każdej konstrukcji budowlanej. Rozebranie budynku może okazać się koniecznością, jeśli jest on w złym stanie technicznym, jego modernizacja jest zbyt kosztowna lub niemożliwa, bądź kiedy chcemy wykorzystać daną posesję do postawienia nowego budynku. Prawidłowe przeprowadzenie rozbiórki obiektu budowlanego jest istotne z punktu widzenia bezpieczeństwa ludzi, ochrony środowiska i efektywnego wykorzystania materiałów.

Działalność obejmująca kwestie dotyczące projektowania, budowy, utrzymania i rozbiórki obiektów budowlanych oraz zasady działania organów administracji publicznej w tych kwestiach reguluje Ustawa z dnia 7 lipca 1994 r. Prawo budowlane [20]. Rozbiórkę prowadzi się po uzyskaniu pozwolenia na rozbiórkę od odpowiednich organów administracji architektoniczno-budowlanej. Nie jest wymagane pozwolenie na rozbiórkę w przypadku obiektów budowlanych, na budowę których nie było konieczne pozwolenie na budowę.

Z dobrej praktyki wynika, że rozbiórka obiektów budowlanych powinna obejmować następujące etapy:

- **Przygotowanie – kontrola/audyt obiektu przed rozbiórką**

Etap ten obejmuje przeprowadzenie inwentaryzacji materiałów i elementów budynku, które będą stanowić odpad porozbiórkowy, zaplanowanie dalszego postępowania z nimi oraz uzyskanie wszystkich koniecznych zgód i pozwoleń.

Kontrola przed rozbiórkowa ma na celu optymalizację działań związanych z zagospodarowaniem odpadami z rozbiórki jak określenie liczby pojemników na poszczególne frakcje odpadów, metody ich sortowania czy sprawdzenie możliwości zagospodarowania odpadów w rejonie, w którym będzie przeprowadzana rozbiórka (**patrz: przewodnik katastry materiałowe**). Plan gospodarki odpadami porozbiórkowymi powinien obejmować segregację materiałów na bezpieczne i niebezpieczne (**punkt 3.3.2 Segregacja na odpady bezpieczne i niebezpieczne**), z podziałem na odpowiednie frakcje oraz sposób ich ewentualnego odzysku (ponowne użycie, odzysk, recykling).

W wielu krajach UE audyt przedrozbiórkowy (ang. *pre-demolition audit*) może przeprowadzić właściciel nieruchomości, jednak zaleca się skorzystanie z pomocy zewnętrznego eksperta. Po przeprowadzeniu audytu dokument z wnioskami należy dołączyć do oferty przetargowej na firmę zajmującą się rozbiórką, aby uwzględnić kryteria selektywnej rozbiórki (jakie elementy odzyskać i jakie materiały poddać recyklingowi, ewentualnie także z oczekiwanym stopniem odzysku, na przykład ile i które cegły zakwalifikować do ponownego użycia) oraz kryteria postępowania z tymi materiałami (np. niedopuszczenie do wyrzucenia cegieł).

**Dobra praktyka**

Szwecja jest przykładem kraju, który posiada blisko 20-letnie doświadczenie w zakresie gospodarki odpadami porozbiórkowymi. Istotną rolę w tym zakresie pełni Szwedzka Federacja Przemysłu Budowlanego, która pierwsze wytyczne dotyczące postępowania z odpadami porozbiórkowymi wydała w 2007 roku. Dokument jest aktualizowany, a jego ostatnia wersja pochodzi z 2019 roku [21].

W Austrii, w zakresie rozbiórki obiektów budowlanych wykorzystywana jest norma ÖNORM B3151 [22]. Szczegółowo opisuje ona materiały szkodliwe dla zdrowia i środowiska, które należy usunąć z budynku przed rozbiórką.

Przykładem implementacji założeń gospodarki o obiegu zamkniętym jest projekt CityLoops [23], który skupia siedem małych i średnich europejskich miast w dążeniu do bardziej cyrkularnego podejścia w ramach finansowanego przez UE projektu. Jego celem jest zamknięcie cyklu dwóch najważniejszych strumieni odpadów w Europie: budownictwa oraz bioodpadów oraz zmaksymalizowanie obiegu zamkniętego w miastach. Proces obejmował cały łańcuch działań, od planowania przestrzennego i selektywnej rozbiórki po utworzenie rynku materiałów wtórnych [23].

Wiele istotnych informacji dotyczących audytów przedrozbiórkowych i selektywnej rozbiórki, można znaleźć w przywołanych europejskich przewodnikach:

- (1) "Guidelines for the waste audits before demolition and renovation works of buildings" z 2018 [24]
- (2) "Construction and Demolition waste and materials. User manual: overview, guidance and instructions" z 2020 [25] – inicjatywa europejska Level(s) (patrz Rysunek 1) zapewnia zestaw wskaźników i wspólnych mierników do pomiaru wydajności budynków w całym ich cyklu życia.
- (3) „Baurestmassen - Verwertung und Entsorgung” z 2023 [26] – opisuje postępowanie z odpadami budowlanymi na placach budowy; obejmuje podstawy prawne prawa odpadowego (np. AWG, RBV, DVO, ALSAG, BAWP).
- (4) "Improving quality of construction & demolition waste – Requirements for pre-demolition audit" z 2019 [27].

#### ■ Planowanie oraz wyznaczenie terenu rozbiórki

Wydzielenie terenu wokół budynku ma na celu zapewnienia bezpieczeństwa dla pracowników i otoczenia. Teren powinien być ogrodzony i zabezpieczony tak by nie był dostępny dla osób postronnych. Sporządzenie dokładnego planu rozbiórki powinno zawierać takie informacje jak: określenie które elementy i w jakiej kolejności będą zburzone, przy użyciu jakiego sprzętu zostanie przeprowadzona rozbiórka oraz informacje na temat selektywnego sortowania odpadów porozbiórkowych, ich przetwarzania, usuwania oraz stosowania środków bezpieczeństwa na każdym z tych etapów.

#### ■ Wykonanie rozbiórki

W zależności od wielkości, stanu i celu rozbiórki, mogą zostać zastosowane różne metody przeprowadzenia tego procesu. Rozbiórka ręczna stosowana jest jedynie w przypadku obiektów niezbyt mocno zniszczonych z których da się odzyskać materiały. Tradycyjna rozbiórka, czyli mechaniczne burzenie budynku za pomocą ciężkich maszyn, jest stosowana, gdy konstrukcja nie stanowi zagrożenia dla otoczenia, a jej stan pozwala na stosunkowo bezpieczne usunięcie. Wyburzenie kontrolowane jest bardziej skomplikowaną i precyzyjną techniką wykorzystywaną, gdy budynek znajduje się w miejscu o ograniczonej przestrzeni, otoczony jest innymi budynkami lub infrastrukturą, lub gdy zachodzi potrzeba minimalizacji wibracji i pylenia. W tym przypadku wyburzenie odbywa się poprzez zastosowanie wybuchów lub precyzyjnego cięcia konstrukcji, co pozwala na kontrolowany upadek budynku. Usuwanie materiałów niebezpiecznych takich jak np. azbest, należy przeprowadzić zgodnie z odpowiednimi przepisami i procedurami.

## ■ Zakończenie rozbiórki

Ostatni etap procesu rozbiórki uwzględnia segregację odpadów według rodzaju/kodu w celu późniejszego ich recyklingu lub unieszkodliwienia. Wszelkie odpady sklasyfikowane jako niebezpieczne powinny być odpowiednio zabezpieczone aby uniemożliwić przedostawanie się substancji szkodliwych do wód gruntowych i gleby. Po usunięciu odpadów z terenu rozbiórki, teren powinien zostać wyrównany i utwardzony.

### 3.3. Postępowanie z odpadami rozbiórkowymi

#### 3.3.1. Segregacja odpadów na frakcje

Odpady pochodzące z budowy i rozbiórki są największym pod względem wielkości strumieniem odpadów w Unii Europejskiej. Pomimo, że duża część odpadów z budowy i rozbiórki nadaje się do recyklingu, jedną z głównych przeszkód w stosowaniu tych procedurów na szeroką skalę jest brak zaufania co do jakości wyrobów wtórnych opartych na nich.

Dyrektywa odpadowa obliguje państwa członkowskie UE do selektywnego zbierania i odbioru odpadów budowlanych i rozbiórkowych z podziałem co najmniej na takie frakcje jak: drewno, metale, szkło, tworzywa sztuczne, gips, odpady mineralne, w tym beton, cegłę, płytki i materiały ceramiczne czy kamienie.

#### Legislacja

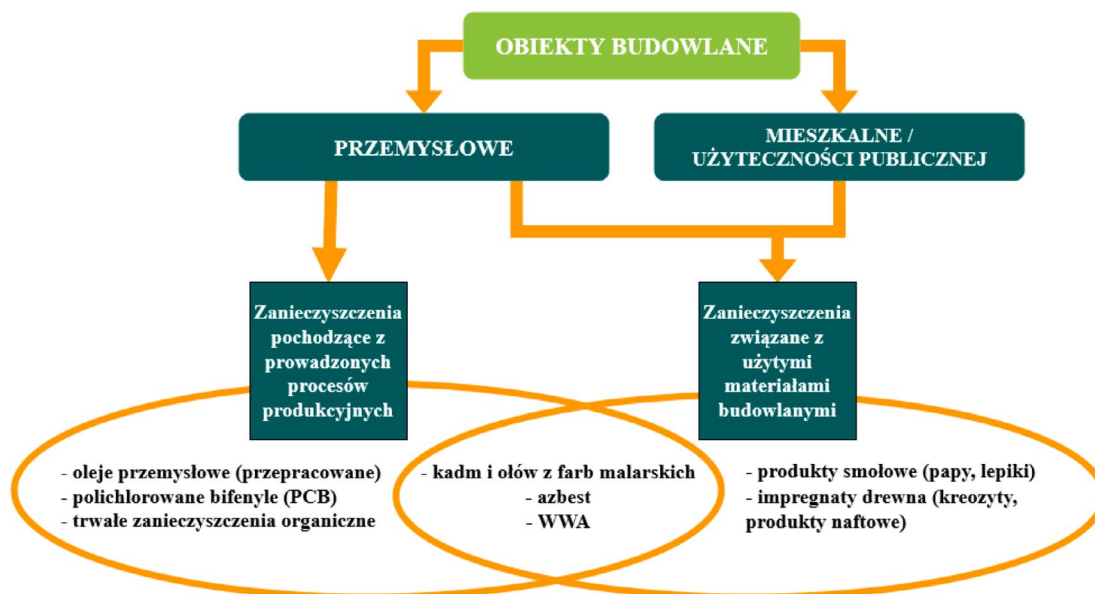
W Polsce obowiązek selektywnej zbiórki odpadów budowlanych wprowadza Ustawa o odpadach [11]. Obowiązek wchodzi w życie z dniem 01 stycznia 2025 r.

Optymalizacja obiegu zamkniętego materiałów budowlanych wymaga wczesnego usuwania materiałów niebezpiecznych oraz sortowania/separacji poszczególnych frakcji materiałowych, dążąc do najwyższego poziomu hierarchii postępowania z odpadami (ponowne użycie, recykling, odzysk). Fazę pierwszą rozbiórki należy przeprowadzić po opuszczeniu lokalu przez ostatniego użytkownika, a zorganizowanie ponownego użycia przedmiotów powinno nastąpić, zanim zniszczą je wilgoć i wandalizm. Rozbiórka selektywna może być bardziej czasochłonna i kosztowna niż tradycyjna rozbiórka, niemniej jednak oszczędności dotyczą gospodarki odpadami i odzyskanych materiałów. Modele finansowe i modele zarządzania powinny odpowiednio uwzględniać redystrybucję kosztów i oszczędności [23].

#### 3.3.2. Segregacja na odpady bezpieczne i niebezpieczne

Zanieczyszczenia wynikające z zastosowania materiałów budowlanych, które mogą zawierać substancje niebezpieczne, mogą występować zarówno w budynkach mieszkalnych i użyteczności publicznej jak i w obiektach przemysłowych (Rysunek 4).

Rysunek 4. Źródła pochodzenia zanieczyszczeń w obiektach budowlanych



W przypadku obiektów przemysłowych, istnieje duże prawdopodobieństwo zanieczyszczenia materiałów budowlanych substancjami niebezpiecznymi, związanymi z dotychczasową produkcją lub eksploatacją obiektu. W celu identyfikacji substancji niebezpiecznych, przed rozbiórką powinny zostać przeprowadzone badania laboratoryjne. W przypadku materiałów niebezpiecznych istotne jest zachowanie odpowiednich przepisów i wytycznych dotyczących ich demontażu.

W budynkach, w których stosowano urządzenia przemysłowe m. in. maszyny do produkcji, urządzenia chłodnicze czy różnego rodzaju transformatory przemysłowe, ocenie powinno podlegać występowanie polichlorowanych bifenyli (PCB), występujące w przepracowanych olejach odpadowych. Postępowanie z tymi substancjami jest regulowane Ustawą o odpadach [11].

Do najczęściej występujących substancji niebezpiecznych pochodzących z materiałów budowlanych należy m.in. azbest. Był on stosowany jako pokrycie dachowe (eternit czyli płyty faliste azbestowo-cementowe), do izolacji instalacji ciepłowniczych, w miejscach wymagających zwiększonej odporności na wysoką temperaturę (powłoki i otuliny kotłów i rur). Ponadto płyty azbestowo-cementowe płaskie były wykorzystywane w lekkich przegrodach ścian warstwowych oraz jako płyty ogniochronne.

Związkami chemicznymi dość powszechnie występującymi w materiałach poroziórkowych są ołów i kadm, występujące w farbach malarskich.

Ponadto, w starego typu budownictwie stosowano bariery izolacyjne i wyroby na bazie smoły chroniące budynki przed zawilgoceniem; produktami takimi były papy i lepiki smołowe. W piwnicach i pomieszczeniach o dużej wilgotności wykonywano izolacje hydrofobowe na bazie klejów bitumicznych aplikowanych w postaci roztworów w rozpuszczalnikach organicznych. Do zabezpieczania płyt drewnianych i drewnopochodnych przed korozją biologiczną stosowano produkty na bazie pochodnych smołowych, czyli kreozytu oraz produkty naftowe [28].

### PRZYKŁADY ZANIECZYSZCZEŃ ZWIĄZANYCH Z MATERIAŁAMI BUDOWLANymi:

**Azbest** - dachy, izolacje termiczne (eternit), otuliny rur czy kotłów, płyty warstwowe

**Ołów i kadm** - farby malarskie na bazie ołowiu (LBP)

**Polichlorowane bifenyle (PCB)** – występujące w izolacjach, lampach energooszczędnych, kondensatorach i innych urządzeniach elektrycznych, pompach próżniowych, napędach hydraulicznych, systemach grzewczych – jako dodatki do smarów

**Wielopierścieniowe węglowodory aromatyczne (WWA)** – bitumy, smoły, papy, lepiki, materiały gumowe i żużlowe

**Fenole** - zaimpregnowane drewno, karton, podkłady kolejowe, maszty

**Polichlorowane dibenzo-p-dioksyne i dibenzofurany (PCDD/PCDF), heksachlorobenzen (HCB) czy chlorofluorowęgłowodory ((H)CFC).**

**Trwałe zanieczyszczenia organiczne (TZO) [29]**

W celu określenia możliwości i sposobu odzysku odpadów w procesach recyklingu należy ustalić wcześniej typ odpadu (obojętny, niebezpieczny, inny niż obojętny i niebezpieczny). Określenie typu odpadów dokonuje się na podstawie badań laboratoryjnych odpadu w odniesieniu do kryteriów dla każdego typu odpadu określonych w Rozporządzeniu Ministra Gospodarki z dnia 16 lipca 2015 r. w sprawie dopuszczania odpadów do składowania na składowiskach [30].

Niektóre odpady budowlane zgodnie z Rozporządzeniem [30] są uznawane za odpady obojętne, dla których podstawową charakterystykę odpadów sporządza się bez przeprowadzania badań. Do grupy tej należą odpady o kodach:

- 1701 01 Beton
- 1701 02 Cegły
- 1701 03 Płytki i ceramika
- 1701 07 Mieszanki betonu, cegieł, płytek i ceramiki
- 1702 02 Szkło
- 1705 04 Gleba i kamienie (oprócz warstwy uprawnej, torfu; ziemi i kamieni z miejsc skażonych)

Dla pozostałych frakcji odpadów tj. drewna, metali, tworzyw sztucznych czy gipsu należy wykonać badania klasyfikujące je do grupy odpadów obojętnych zgodnie z Rozporządzeniem [30].

Zakres badań dla odpadów obojętnych obejmuje wmywanie pierwiastków (As, Ba, Cd, Cr, Cu, Hg, Mo, Ni, Pb, Sb, Se, Zn), chlorków, fluorków, siarczanów, indeksu fenolowego, rozpuszczonego węgla organicznego (DOC), stałych związków rozpuszczonych (TDS) oraz parametry dodatkowe: ogólny węgiel organiczny (TOC), lotne węglowodory aromatyczne (BTEX), olej mineralny (C10 do C40), wielopierścieniowe węglowodory aromatyczne (PAH), polichlorowane bifenyle (PCB).

Zakres badań dla odpadów niebezpiecznych i innych niż odpady obojętne lub niebezpieczne obejmuje wmywanie pierwiastków (As, Ba, Cd, Cr, Cu, Hg, Mo, Ni, Pb, Sb, Se, Zn), chlorków, fluorków, siarczanów, rozpuszczonego węgla organicznego (DOC), stałych związków

rozpuszczonych (TDS). Dodatkowo dla odpadów niebezpiecznych należy wykonać badania: strat prażenia (LOI), ogólnego węgla organicznego (TOC) i zdolności do neutralizacji kwasów (ANC) oraz pH.

Metodyka ww. badań jest objęta normami z serii EN 12457 Charakteryzowanie odpadów - Wymywanie - Badanie zgodności dotyczące wymywania ziarnistych materiałów odpadowych i osadów [31-33].

Dla grup odpadów które mogą być przetwarzane poza instalacjami i urządzeniami może być konieczne spełnienie dodatkowych warunków zgodnie z Rozporządzeniem Ministra Środowiska z dnia 11 maja 2015 r. w sprawie odzysku odpadów poza instalacjami i urządzeniami [19].

Ponadto należy uwzględnić wymagania Rozporządzenia Parlamentu Europejskiego i Rady (UE) 2019/1021 z dnia 20 czerwca 2019 r. dotyczące trwałych zanieczyszczeń organicznych [34] dążące do zmniejszenia ilości niebezpiecznych chemikaliów w odpadach i procesach produkcyjnych. Odpady zawierające lub zanieczyszczone substancjami wymienionymi w załączniku nr IV do ww. aktu prawnego są unieszkodliwiane lub odzyskiwane zgodnie z przepisami części I załącznika V do niniejszego rozporządzenia, w sposób zapewniający zniszczenie lub nieodwracalne przekształcenie zawartości TZO tak, aby pozostałe odpady nie wykazywały TZO.

#### Legislacja

Odpady budowlane i rozbiórkowe są poddawane odzyskowi poza instalacją na mocy Rozporządzenie Ministra Środowiska z dnia 11 maja 2015 r. w sprawie odzysku odpadów poza instalacjami i urządzeniami [19]. Rozporządzenie określa warunki i procesy odzysku oraz rodzaje odpadów dopuszczonych do odzysku (poza instalacjami lub urządzeniami), uwzględniając potrzebę ochrony życia i zdrowia ludzi oraz środowiska. Większość z tych odpadów jest wykorzystywana głównie do wypełniania terenów niekorzystnie przekształconych, utwardzania powierzchni terenów np. dróg, placów, przy budowie infrastruktury drogowej i kolejowej.

#### Dobra praktyka

Przykładem dobrych praktyk w zakresie gospodarki cyrkularnej jest „certyfikat selektywnej rozbiórki” materiałów porozbiórkowych stosowany w Belgii, wydawany przez niezależną organizację „non-profit” Traimant [35]. Certyfikat wydawany jest w dwóch kategoriach, dla odpadów o niskim i wysokim ryzyku środowiskowym. Jest on przekazywany w łańcuchu dostaw odpadu. W przypadku odpadów o „niskim ryzyku środowiskowym” pozwala podmiotowi, który przetwarza ten odpad mieć pewność, że jest on bezpieczny. W przypadku „materiałów o wysokim ryzyku środowiskowym” należy szczegółowo skontrolować i zbadać odpad z uwagi na występowanie niebezpiecznych substancji. Skutkiem powyższych działań jest wzrost zaufania do materiałów porozbiórkowych.



## 4. Wyroby budowlane a gospodarka cyrkularna

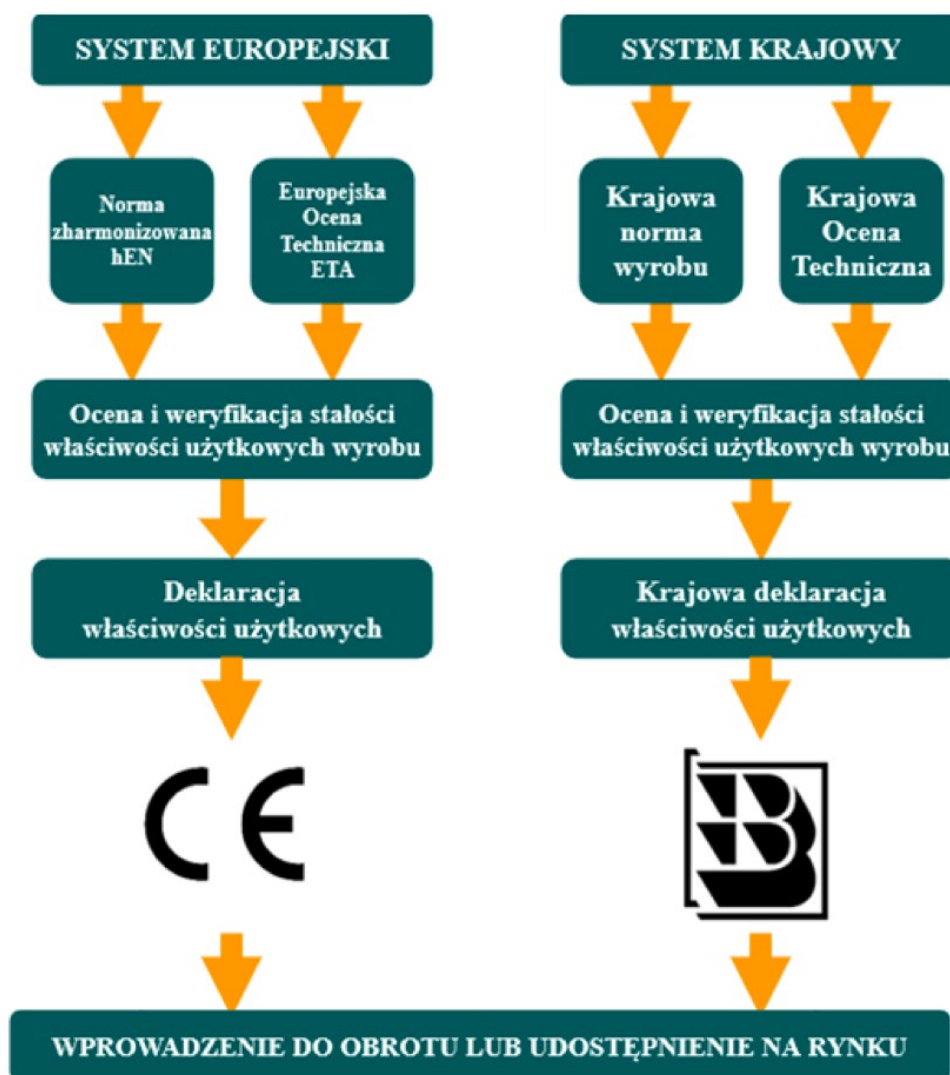
### 4.1. Wprowadzenie wyrobów budowlanych do obrotu

Państwa członkowskie UE ustanawiając wymagania dla obiektów budowlanych, a tym samym dla wyrobów budowlanych odnoszą się nie tylko do trwałości czy wytrzymałości, ale również do ich wpływu na zdrowie, ochronę środowiska czy innych aspektów bezpiecznego użycia. Wymagania te zostały ujęte w Rozporządzeniu Parlamentu Europejskiego i Rady (UE) Nr 305/2011 z dnia 9 marca 2011 r. ustanawiającym zharmonizowane warunki wprowadzania do obrotu wyrobów budowlanych i uchylające dyrektywę Rady 89/106/EWG (CPR, ang. *Construction Product Regulation*) [36]. Dokument ten określa warunki wprowadzenia do obrotu lub udostępniania na rynku europejskim wyrobów budowlanych na podstawie odpowiedniej normy zharmonizowanej (hEN) lub Europejską Oceną Techniczną (ETA) (Rysunek 5).

#### Konkluzje

Obowiązujące przepisy prawa nie umożliwiają producentowi oznaczenia wyrobu budowlanego jednocześnie oznakowaniem CE i znakiem budowlanym.

Rysunek 5. Uproszczony schemat wprowadzania wyrobu budowlanego do obrotu zgodnie z Rozporządzeniem (UE) nr 305/2011



Zgodnie z Rozporządzeniem CPR [36] normy zharmonizowane (hEN) oraz europejskie dokumenty oceny (EAD) to rodzaj specyfikacji technicznych, służących do oceny właściwości użytkowych wyrobów budowlanych umożliwiających wprowadzenie ich do obrotu na terenie UE. Normy zharmonizowane określają metody i kryteria oceny właściwości użytkowych wyrobów budowlanych w odniesieniu do ich zasadniczych charakterystyk.

Europejskie Dokumenty Oceny są opracowywane przez upoważnioną Jednostkę Oceny Technicznej na wniosek producenta w przypadku, gdy wyrób nie jest objęty normą zharmonizowaną ani innym EAD-em i stosuje się go zazwyczaj dla nowych i innowacyjnych wyrobów (w tym także takich zawierających recyklaty). EAD zawiera ogólny opis wyrobu budowlanego, wykaz zasadniczych charakterystyk istotnych z uwagi na zamierzone zastosowanie wyrobu, a także metody i kryteria oceny właściwości użytkowych wyrobu w odniesieniu do tych charakterystyk. Pozytywna weryfikacja stałości właściwości użytkowych wyrobu z wymaganiami norm zharmonizowanych lub europejskich ocen technicznych upoważnia do wydania europejskiej deklaracji właściwości użytkowych i oznaczania wyrobu budowlanych symbolem CE.

Konkluzje

Rozporządzenie CPR [36] wprowadza definicje:

- wyrobu budowlanego jako każdego wyrobu lub zestawu wyprodukowanego i wprowadzonego do obrotu w celu trwałego wbudowania w obiektach budowlanych lub ich częściach, które wpływają na właściwości użytkowe obiektów budowlanych w stosunku do ich podstawowych wymagań,
- zasadniczej charakterystyki jako cechy wyrobu budowlanego, która odnosi się do podstawowych wymagań dotyczących obiektów budowlanych,
- właściwości użytkowej wyrobu budowlanego jako właściwości odnoszącej się do odpowiednich zasadniczych charakterystyk wyrażonych jako poziom lub klasa, lub w sposób opisowy.

Ponadto, Rozporządzenie CPR [36] obliuguje do informacji dotyczącej zagrożenia dla zdrowia czy bezpieczeństwa jakie ten wyrób stwarza podczas stosowania i użytkowania. Informacje te powinny być zgodne z art. 31 lub 33 Rozporządzenia Nr 1907/2006 Parlamentu Europejskiego i Rady z dnia 18 grudnia 2006 r. w sprawie rejestracji, oceny, udzielania zezwoleń i stosowanych ograniczeń w zakresie chemikaliów (REACH) [37] i udostępniane razem z deklaracją właściwości użytkowych. Informowanie o zawartości substancji niebezpiecznych w wyrobach budowlanych, zawarte w kartach charakterystyki są przeznaczone dla użytkowników profesjonalnych, w celu zapewnienia im wysokiego poziomu bezpieczeństwa i ochrony zdrowia.

Legislacja

**GŁÓWNE AKTY PRAWNE DOTYCZĄCE WPROWADZANIA WYROBÓW BUDOWLANYCH DO OBROTU:**

**EU:** Rozporządzenie Parlamentu Europejskiego i Rady (UE) nr 305/2011 z dnia 9 marca 2011 ustanawiające zharmonizowane warunki wprowadzania do obrotu wyrobów budowlanych i uchylające dyrektywę Rady 89/106/EWG. [36]

**PL:** Ustawa z dnia 16 kwietnia 2004 r. o wyrobach budowlanych [38]

**DE:** Verordnung zur Einführung einer Ersatzbaustoffverordnung, zur Neufassung der Bundesodenschutz und Altlastenverordnung und zur Änderung der Deponieverordnung und der Gewerbeabfallverordnung<sup>1</sup>, Vom 9. Juli 2021 [39]

**CZ:** [40]

**SL:** [41]

W przypadku wyrobów budowlanych nieobjętych normą zharmonizowaną oraz tych dla których nie została wydana europejska ocena techniczna, wyrób budowlany może być wprowadzony do obrotu lub udostępniony na rynku krajowym na podstawie krajowej oceny technicznej lub niezharmonizowanej normy krajowej. Wówczas, zgodnie z prawem krajowym, wyrób budowlany zostaje oznakowany znakiem budowlanym.

Podstawowym aktem prawnym określającym zasady wprowadzania do obrotu lub udostępniania na rynku krajowym wyrobów budowlanych jest ustawa z dnia 16 kwietnia 2004 r. o wyrobach budowlanych [38]. Dokument ten powołuje się na Rozporządzenie Parlamentu Europejskiego i Rady (UE) NR 305/2011 z dnia 9 marca 2011 r. [36] i Decyzję Parlamentu Europejskiego i odwołuje się do Decyzji Rady (UE) NR 768/2008/WE z dnia 9 lipca 2008 r. w sprawie wspólnych ram dotyczących wprowadzania produktów do obrotu [42], obowiązujące w całej Unii Europejskiej.

Zgodnie z krajowymi przepisami wyrób budowlany może być wprowadzony do obrotu lub udostępniany na rynku krajowym w zakresie odpowiadającym jego właściwościom użytkowym i zamierzonemu zastosowaniu. Właściwości użytkowe wyrobu budowlanego, zadeklarowane w krajowej deklaracji zgodnie z właściwą Polską Normą wyrobu lub Krajową Oceną Techniczną (KOT) [ang. *National Technical Assessment*], należy odnieść do tych zasadniczych charakterystyk, które mają wpływ na spełnienie podstawowych wymagań przez obiekty budowlane, zgodnie z zamierzonym zastosowaniem tego wyrobu. Przebieg procesu wydania krajowych ocen technicznych przebiega zgodnie z Rozporządzeniem Ministra Infrastruktury i Budownictwa z dnia 17 listopada 2016 r. w sprawie krajowych ocen technicznych [43].

Krajową ocenę techniczną wydaje się dla wyrobu budowlanego nieobjętego zakresem Polskiej Normy, lub jeżeli metoda oceny nie jest właściwa albo nie przewiduje metody oceny w odniesieniu do co najmniej jednej zasadniczej charakterystyki wyrobu budowlanego. Krajową Ocenę Techniczną wydaje się, nowelizuje i przedłuża na podstawie oceny właściwości użytkowych wyrobu budowlanego, potwierdzonych badaniami i obliczeniami z uwzględnieniem zharmonizowanych metod, oględzinami, opiniami ekspertów lub innymi dokumentami, uwzględniając przepisy techniczno-budowlane oraz zasady wiedzy technicznej. Pozytywna ocena zgodności wyrobu z wymaganiami Polskich Norm lub Krajowych Ocen Technicznych, upoważnia producenta do wydania krajowej deklaracji zgodności i oznaczania wyrobów budowlanych znakiem budowlanym B.

W przypadku wyrobów budowlanych zawierających recyklaty ich ścieżka wprowadzania do obrotu każdorazowo musi być przedmiotem indywidualnej analizy przeprowadzanej przez producenta oraz jednostkę oceny technicznej z uwzględnieniem ścieżki krajowej lub europejskiej.

W dokumentach odniesienia powinny znajdować się informacje dotyczące procentowej zawartości recyklatu, jego pochodzenia czy właściwości fizycznych.

## PRZYKŁADY DOKUMENTÓW ODNIESIENIA DLA WYROBÓW BUDOWLANYCH ZAWIERAJĄCYCH SUROWCE WTÓRNE:

- EN 1519-1 Systemy przewodów rurowych z tworzyw sztucznych do odprowadzania nieczystości i ścieków (o niskiej i wysokiej temperaturze) wewnątrz konstrukcji budynku. Polietylen (PE). Część 1: Wymagania dotyczące rur, kształtek i systemu [44]
- CEN/TS 14541-2 Rury i kształtki z tworzyw sztucznych - Stosowanie recyklatów z tworzyw termoplastycznych - Część 2: Zalecenia dotyczące istotnych właściwości [45]
- EN 14541-1 Rury i kształtki z tworzyw sztucznych - Stosowanie recyklatów z tworzyw termoplastycznych - Część 1: Terminologia [46]
- EN 197-6 Cement - Część 6: Cement z materiałów budowlanych pochodzących z recyklingu [47]
- EN 12620:2002 Kruszywa do betonu [48]
- EAD 170005-00-0305 Recycled Clay Masonry Units, EOTA 2017 [49]
- EAD 010028-00-0103 Shallow and Reusable Foundation Kit for Lightweight Structures, EOTA 2017 [50]
- EAD 180022-00-0704 Prefabricated Plastic Fitting Made from Recycled Waste Plastics and Designed for Drainage of Land and Civil Engineering, EOTA 2018 [51]

## 4.2. Wymagania środowiskowe stawiane wyrobom budowlanym

### 4.2.1. Deklarowanie obciążeń środowiska naturalnego

Wymaganie podstawowe nr 7 Zrównoważone wykorzystanie zasobów naturalnych, rozporządzenia CPR [36] odnosi się do fundamentalnych zasad gospodarki cyrkularnej zakładając, że obiekty budowlane muszą być zaprojektowane, wykonane i rozebrane w taki sposób, aby wykorzystanie zasobów naturalnych było zrównoważone i zapewniało w szczególności:

- A. ponowne wykorzystanie lub recykling obiektów budowlanych oraz wchodzących w ich skład materiałów i części po rozbiórce,
- B. trwałość obiektów budowlanych,
- C. wykorzystanie w obiektach budowlanych przyjaznych środowisku surowców i materiałów wtórnych.

Zadania te są istotne w kontekście Strategii na rzecz Zrównoważonego Rozwoju czy Planu Działania na rzecz Gospodarki Cyklicznej oraz bieżących potrzeb i zapewnienia celów europejskich, takich jak łagodzenie i adaptacja do zmian klimatycznych oraz analizy cyklu życia obiektów budowlanych oraz wchodzących w ich skład materiałów (patrz punkt 1).

Wdrożenie zasad zrównoważonego rozwoju na rynek wyrobów, technologii i obiektów budowlanych wymaga wsparcia w postaci odpowiednio rozbudowanego systemu norm i specyfikacji technicznych. Prace nad zmianami lub uzupełnieniem istniejących specyfikacji oraz opracowanie nowych dokumentów w tym zakresie powierzono Europejskiemu Komitetowi Normalizacyjnemu (CEN). W ramach działania CEN powołano Komitet Techniczny CEN/TC 350 - Sustainability of construction works, który jest odpowiedzialny za rozwój horyzontalnych norm europejskich będących podstawą oceny zgodności obiektów budowlanych z zasadami zrównoważonego rozwoju w zakresie:

- oceny efektywności środowiskowej: zasad obiegu zamkniętego w budownictwie, efektywność energetyczna i dekarbonizacja, zrównoważone wykorzystanie zasobów (np. minimalizacja odpadów), ochrona środowiska i różnorodność biologiczna;

- oceny wyników społecznych: zdrowie, komfort, bezpieczeństwo i ochrona, zdolność adaptacji i dostępność w odpowiedzi na potrzeby użytkowników;
- oceny wyników ekonomicznych: kosztów całego cyklu życia wyrobów budowlanych i ich wpływ na wartość ekonomiczną, wdrażanie standardów w odpowiedzi na trendy w cyfryzacji (np. BIM, CAD).

Celem prac wspomnianego komitetu CEN-u jest standaryzacja gospodarki o obiegu zamkniętym w obszarze budownictwa. Wytyczne i wymagania mają wspomagać przejście z gospodarki liniowej na cyrkularną, przedstawiając narzędzia i procesy obejmujące scenariusze od projektowania po rozbiórkę (**patrz przewodnik „Projektowanie budynków cyrkularnych: strategie i narzędzia”**). Takich rozwiązań i informacji na temat cech środowiskowych dostarczają deklaracje środowiskowe wyrobów budowlanych, wśród których wyróżniamy:

- deklaracje I-typu, które są dobrowolnymi programami etykietowania (certyfikowania) zawierającymi wielokryterialną ocenę środowiskową wyrobu;
- deklaracje II typu, opracowywane zgodnie z normą EN 14021 [52], które są pojedynczymi stwierdzeniami środowiskowymi, wyróżniającymi wyrób z uwagi na jego cechy przyjazne środowisku;
- deklaracje III typu (EPD - Environmental Product Declaration) stanowiące zbiór kwantyfikowanych danych oddziaływania wyrobu na środowisko wyrażonych liczbowo zgodnie z normą EN 15804 [53], w odniesieniu do pełnego cyklu życia „od kołyski do grobu”(ang. *cradle-to-grave*) wyrobu.

W deklaracjach EPD przedstawione są ilościowe informacje środowiskowe wyrobów budowlanych w oparciu o zasady analizy całego ich cyklu życia (LCA). Celem takich deklaracji środowiskowych jest zapewnienie podstawy do oceny wyrobów budowlanych oraz umożliwienie porównywania i identyfikowania tych, które mają mniejszy wpływ na środowisko. Deklaracje środowiskowe wyrobów stanowią element składowy oceny środowiskowej budynków zgodnie z normą EN 15978 [54].

#### 4.2.2. Uwalnianie substancji niebezpiecznych z wyrobów budowlanych

##### Konkluzje

Ocena właściwości użytkowych wyrobów budowlanych powinna uwzględniać aspekty dotyczące ochrony zdrowia i środowiska związane z ich użytkowaniem podczas całego cyklu życia.

Jedną z kluczowych cech wyrobów decydujących o ich wpływie na zdrowie i środowisko jest uwalnianie oraz zawartość niebezpiecznych substancji z uwagi na ich zamierzone zastosowanie. W tym aspekcie kluczowe są wymagania CPR [36], REACH [37] oraz Rozporządzenie (UE) 2019/1021 dotyczące trwałych zanieczyszczeń organicznych [34]. Ponadto, należy brać pod uwagę wymagania dla poszczególnych grup wyrobów obowiązujące w państwach w których wyrób będzie stosowany i wprowadzany do obrotu.

Wymaganie podstawowe nr 3 Higiena, zdrowie i środowisko Rozporządzenia CPR [36] definiuje substancje niebezpieczne, które mogą uwolnić się z wyrobu budowlanego. Zgodnie z tym wymaganiami obiekty budowlane muszą być zaprojektowane i wykonane w taki sposób, aby podczas ich budowy, użytkowania i rozbiórki nie stanowiły w ciągu ich całego cyklu życia zagrożenia dla higieny ani zdrowia czy bezpieczeństwa pracowników, osób je zajmujących lub sąsiadów, nie wywierały w ciągu ich całego cyklu życia nadmiernego wpływu na jakość środowiska ani na klimat, w szczególności w wyniku:

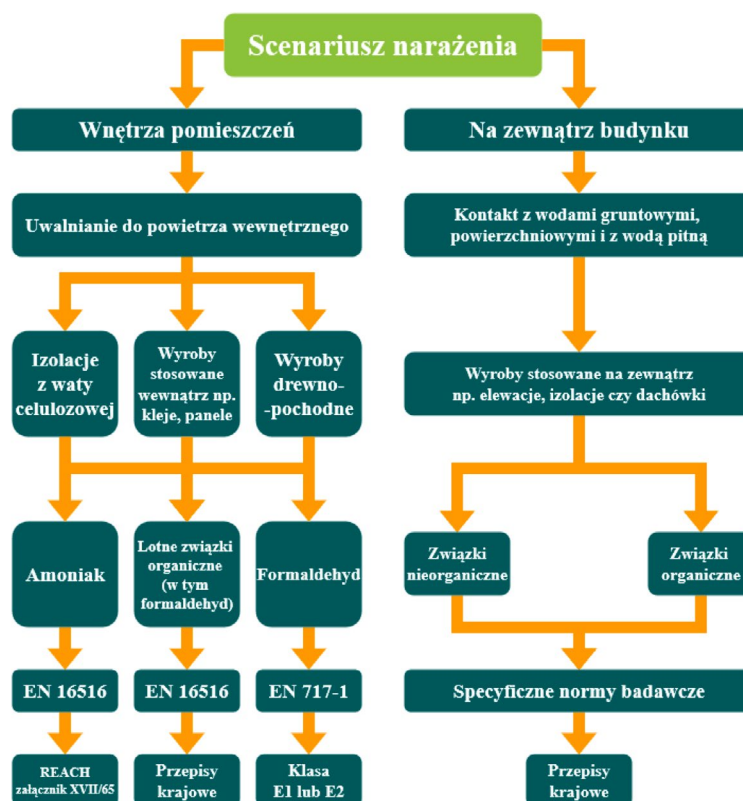
- A. wydzielania toksycznych gazów;
- B. emisji niebezpiecznych substancji, lotnych związków organicznych, gazów cieplarnianych lub niebezpiecznych cząstek do powietrza wewnątrz i na zewnątrz obiektu budowlanego;
- C. emisji niebezpiecznego promieniowania;
- D. uwalniania niebezpiecznych substancji do wody gruntowej, wód morskich, wód powierzchniowych lub gleby;
- E. uwalniania do wody pitnej niebezpiecznych substancji lub substancji, które w inny sposób negatywnie wpływają na wodę pitną;
- F. niewłaściwego odprowadzania ścieków, emisji gazów spalinowych lub niewłaściwego usuwania odpadów stałych i płynnych;
- G. wilgoci w częściach obiektów budowlanych lub na powierzchniach w obrębie tych obiektów.

Komitet Techniczny CEN/TC 351 Construction Products - Assessment of release of dangerous substances opracowuje horyzontalne metody badań, stopniowo wprowadzone do norm dla wyrobów budowlanych, które odnoszą się do uwalniania (i/lub zawartości) substancji niebezpiecznych, z uwzględnieniem zamierzonych warunków stosowania wyrobu.

**Konkluzje**

W zakresie badań pod kątem uwalniania substancji niebezpiecznych z wyrobów należy rozpatrzyć odpowiedni scenariusz narażenia ( Rysunek 6) i przeprowadzić badania laboratoryjne. Wyróżniamy dwa podstawowe scenariusze narażenia: uwalnianie substancji niebezpiecznych do powietrza wewnątrz (1) oraz do wód gruntowych, morskich, powierzchniowych i gleby (2).

Rysunek 6. Scenariusze narażenia pod kątem uwalniania substancji niebezpiecznych z wyrobów budowlanych



## SCENARIUSZ NARAŻENIA: EMISJA SUBSTANCJI NIEBEZPIECZNYCH DO POWIETRZA W POMIESCZENIACH

Ocenie podlegają wyroby do produkcji których stosowane są związki chemiczne pochodzenia organicznego takie jak: rozpuszczalniki, bitumy, polimery. Badaniu nie podlegają wyroby ceramiczne, szklane oraz wykonane z metali.

Emisja lotnych związków organicznych (VOC) i lotnych aldehydów z wyrobów budowlanych jest często przyczyną zanieczyszczenia powietrza wewnątrz budynków. Dlatego w przypadku wyrobów budowlanych stosowanych wewnątrz pomieszczeń zaleca się przeprowadzenie badania uwalniania substancji niebezpiecznych zgodnie z normą EN 16516:2017+A1:2020 [55]. Badania dotyczą emisji lotnych związków organicznych i lotnych aldehydów do powietrza wewnętrznego. Celem badania jest ocena uwalniania substancji w czasie zamierzonego stosowania wyrobu. Próbkę powietrza z komory emisyjnej są pobierane po 3 i 28 dniach od umieszczenia wyrobu w komorze i analizowane z zastosowaniem technik chromatograficznych.

### Konkluzje

Z uwagi na brak zharmonizowanych wymagań, oraz klasyfikacji dotyczącej emisji lotnych związków organicznych (LZO) do powietrza wewnątrz, ocena wyników badania jest przeprowadzana na podstawie wymagań krajowych.

W przypadku drewnianych i drewnopochodnych wyrobów budowlanych takich jak: drewnopodobne panele kompozytowe HPL/sidingi, elementy sufitów podwieszanych, płyty drewnopochodne, podłogi drewniane, pokrycia podłogowe elastyczne, włókiennicze i laminowane, normy zharmonizowane wprowadzają obowiązek badania emisji formaldehydu zgodnie z normą EN 717-1:2006 [56]. Celem badania jest ocena uwalniania formaldehydu do powietrza wewnętrznego w czasie zamierzonego stosowania wyrobu. Wynik badania odnosi się do odpowiedniej klasy emisji E1 lub E2.

## SCENARIUSZ NARAŻENIA: UWALNIANIE SUBSTANCJI NIEBEZPIECZNYCH DO WÓD GRUNTOWYCH, WÓD MORSKICH, WÓD POWIERZCHNIOWYCH I GLEBY

Wydzielanie substancji niebezpiecznych z wyrobów budowlanych mających kontakt z wodą stanowi potencjalne zagrożenie dla środowiska w czasie stosowania wyrobu. W celu oceny wpływu na środowisko wyrobów budowlanych stosowanych na zewnątrz budynków zaleca się przeprowadzenie badania uwalniania substancji niebezpiecznych do wód powierzchniowych, wód gruntowych i gleby oparte na metodach zawartych w normach EN 16637-1:2023 [57] i EN 16637-2:2023 [58]. W toku badania ustalana jest charakterystyka procesu i mechanizmu wymywania i możliwość oceny wydzielania substancji w czasie zamierzonego stosowania wyrobu. Badanie dotyczy zarówno materiałów jednolitych [57] jak i porowatych [58].

W przypadku materiałów jednolitych i stabilnych, których matryca nie jest rozpuszczalna w wodzie, powierzchnia ekspozycji jest całkowicie pokryta cieczą wymywającą. Ciecz wymywająca jest wprowadzana do naczynia, w określonej objętości, zgodnej ze współczynnikiem powierzchniowym określonym w metodzie EN 16637-2:2023 [58]. Z kolei, w przypadku materiałów porowatych, uwalnianie substancji osiągnięte jest poprzez dyfuzję. Wyroby są lekko sprasowane i umieszczone w naczyniu cylindrycznym. Ekspozycja na działanie cieczy wymywającej zachodzi jedynie górną warstwą. W przypadku wszystkich rodzajów materia-

łów, ciecz wmywająca wymieniana jest zgodnie z harmonogramem zawartym w powyższych raportach technicznych.

Ponadto, istnieją metody normatywne dla konkretnych grup wyrobów, których celem jest badanie uwalniania substancji niebezpiecznych do środowiska. Przykładem jest norma EN 1744-3:2002 Badania chemicznych właściwości kruszyw - Część 3 Przygotowanie wyciągów przez wmywanie kruszyw [59]. Określa ona metodę przygotowania wyciągów wodnych używanych do dalszych fizycznych i chemicznych badań. W kolejnym etapie przeprowadza się szczegółowe badania substancji niebezpiecznych wymienione w przepisach krajowych.

W wyniku badania otrzymywany jest eluat w którym można ocenić:

- **substancje nieorganiczne:**

Legislacja

**EN 17195:2023** Construction products: Assessment of release of dangerous substances - Analysis of inorganic substances in eluates [60]

**EN 17197:2023** Construction products: Assessment of release of dangerous substances - Analysis of inorganic substances in digests and eluates - Analysis by Inductively Coupled Plasma - Optical Emission Spectrometry (ICP-OES) [61]

**EN 17200:2023** Construction products: Assessment of release of dangerous substances - Analysis of inorganic substances in digests and eluates - Analysis by Inductively Coupled Plasma - Mass Spectrometry (ICP-MS) [62]

- **substancje organiczne:**

Legislacja

**EN 17332:2023** Construction products: Assessment of release of dangerous substances - Analysis of organic substances in eluates [63]

### Konkluzje

Z uwagi na brak zharmonizowanych wymagań, oraz klasyfikacji dotyczącej uwalniania substancji niebezpiecznych do wód gruntowych, wód morskich, wód powierzchniowych lub gleby, ocena wyników badania jest przeprowadzana na podstawie wymagań krajowych.

## OCENA WYROBÓW ZE WZGLĘDU NA SKŁAD CHEMICZNY LUB/I POCHODZENIE SUROWCÓW

W celu oceny zawartości oraz uwalniania substancji niebezpiecznych z wyrobów cyrkularnych należy każdorazowo ocenić ich skład chemiczny i pochodzenie surowców z których zostały wytworzone. W tym celu, należy sprawdzić wymagania europejskie i krajowe dotyczące składników obecnych w materiałach wtórnych. Poniżej znajduje się kilka przykładów.

Ocena promieniotwórczości podlegają wyroby budowlane zawierające pierwiastki promieniotwórcze wymienione w Rozporządzeniu Rady Ministrów z dnia 17 grudnia 2020 r. w sprawie materiałów budowlanych, w przypadku których oznacza się stężenie promieniotwórcze izotopów promieniotwórczych potasu K-40, radu Ra-226 i toru Th-232, wymagań dotyczących dokonywania tych oznaczeń oraz wartości wskaźnika stężenia promieniotwórczego, o której przekroczeniu informuje się właściwe organy [64].



### AKTY PRAWNE DOTYCZĄCE OCENY PROMIENIOTWÓRCZOŚCI:

**EU:** Dyrektywa Rady 2013/59/Euratom z dnia 5 grudnia 2013 r. ustanawiająca podstawowe normy bezpieczeństwa w celu ochrony przed zagrożeniami wynikającymi z narażenia na działanie promieniowania jonizującego oraz uchylająca dyrektywy 89/618/Euratom, 90/641/Euratom, 96/29/Euratom, 97/43/Euratom i 2003/122/Euratom. [65]

**PL:** Rozporządzenie Rady Ministrów z dnia 17 grudnia 2020 r. w sprawie materiałów budowlanych, w przypadku których oznacza się stężenie promieniotwórcze izotopów promieniotwórczych potasu K-40, radu Ra-226 i toru Th-232, wymagań dotyczących dokonywania tych oznaczeń oraz wartości wskaźnika stężenia promieniotwórczego, o której przekroczeniu informuje się właściwe organy [64].

Ograniczeniem do ponownego użycia i recyklingu odpadów CRD jest obecność w nich trwałych zanieczyszczeń organicznych, które kumulują się w środowisku. Rozporządzenie Parlamentu Europejskiego i Rady (UE) 2019/1021 z dnia 20 czerwca 2019 r. dotyczące trwałych zanieczyszczeń organicznych (TZO) [34] ogranicza stosowanie toksycznych chemikaliów w materiałach pochodzących z recyklingu. Rozporządzenie zakazuje stosowania m. in. odpadów budowlanych, takie jak beton, cegły płyty i ceramika, które zawierają niedopuszczalne ilości związków wymienionych w załączniku V dokumentu [34].

Rozporządzenie REACH [37] odwołuje się również do oceny niebezpiecznych substancji w wyrobach budowlanych. W załączniku XVII Rozporządzenia znajdują się wymagania dla konkretnych związków chemicznych. Szczególnym przykładem w odniesieniu do gospodarki cyrkularnej jest punkt 23 załącznika XVII Rozporządzenia REACH [37] dotyczący kadmu, który mówi, że mieszaniny i wyroby wytwarzane z tworzyw sztucznych nie są wprowadzane do obrotu, jeżeli stężenie kadmu (wyrażone jako kadm metaliczny) jest równe 0,01 % masy tworzywa sztucznego lub wyższe. Natomiast w przypadku mieszanin wytworzonych z odpadów PVC, dalej zwanych „PVC z odzysku”, mieszaniny i wyroby zawierających PVC z odzysku, mogą być wprowadzane do obrotu jeżeli stężenie kadmu (wyrażone jako kadm metaliczny) nie przekracza 0,1 % masy tworzywa sztucznego. Ponadto przed pierwszym wprowadzeniem do obrotu mieszanin i wyrobów zawierających PVC z odzysku dostawcy zapewniają widoczne, czytelne i trwałe oznakowanie tych mieszanin i wyrobów w następujący sposób: „Zawiera PVC z odzysku” lub odpowiednim piktogramem.

### 4.3. Wymagania techniczne stawiane wyrobom budowlanym

Wśród wymagań podstawowych CPR [36] wyróżniamy wymagania techniczne stawiane wyrobom, bez względu czy są one produkowane zgodnie z zasadami gospodarki liniowej czy cyrkularnej, a które są fundamentalne z punktu widzenia ich przeznaczenia i pełnionej funkcji. Należą do nich:

- nośność i stateczność,
- bezpieczeństwo pożarowe,
- bezpieczeństwo użytkowania i dostępności obiektów,
- ochrona przed hałasem,
- oszczędność energii i izolacyjności cieplnej

Wyroby budowlane, które do produkcji nie potrzebują surowców pierwotnych lub znacznie ograniczyły ich ilość na etapie produkcji muszą spełniać te same wymagania techniczne, które są stawiane wyrobom wytwarzanym zgodnie z zasadami gospodarki liniowej.

W przypadku zamiaru wtórnego przetworzenia wyrobów budowlanych należy zbilansować czy poddawanie go procesowi odzysku będzie korzystne z punktu widzenia ekologicznego i ekonomicznego. Innymi słowy, czy będzie prowadziło w kierunku poprawy właściwości wyrobu (upcykling), czy będzie zmierzało w kierunku ich pogorszenia (downcykling). Dobrej jakości cyrkularne wyroby budowlane, nie ustępujące swoimi parametrami wyrobom pierwotnym z uwagi na ich właściwości techniczne, higieniczne i środowiskowe, staną się gwarantem wzrostu zaufania społecznego do wyrobów produkowanych z materiałów recyklingu.

Istotną kwestią, z punktu widzenia cyrkularnych wyrobów budowlanych jest określenie typu wyrobu w kontekście wymagań CPR [36]. Oznacza to, że wyrób powinien być jednorodny i produkowany z powtarzającej się kombinacji surowców, które posiadają te same właściwości. Stąd właściwości fizyczne recyklatów powinny zostać potwierdzone na podstawie bieżącej kontroli produkcji. Pomocne w tym zakresie są normy dla recyklatów, które określają ich właściwości techniczne. Podobnie jest w przypadku wyrobów budowlanych, które można ponownie użyć.

**Konkluzje**

Na obecnym etapie prac legislacyjnych brak jest wymagań normowych odnoszących się do ponownego użycia wyrobów budowlanych.

Przykłady norm dla tworzyw sztucznych zawierających recyklaty:

**Legislacja**

- EN 15347:2008 Tworzywa sztuczne - Tworzywa z recyklingu - Charakterystyka odpadów z tworzyw sztucznych [66]
- EN 15343:2010 Tworzywa sztuczne - Tworzywa z recyklingu - Monitorowanie recyklingu tworzyw sztucznych, ocena zgodności i zawartość recyklatu [67]
- EN 15342:2008 Tworzywa sztuczne - Tworzywa z recyklingu - Charakterystyka polistyrenu (PS) z recyklingu [68]
- EN 15344:2021 Tworzywa sztuczne - Tworzywa z recyklingu - Charakterystyka recyklatów z polietylenu [69]

Dodatkowym wyzwaniem, z punktu widzenia wymagań technicznych stawianych wyrobom cyrkularnym, jest możliwość ich przetwarzania bądź ponownego wykorzystania. Przykłady takich rozwiązań zostały opisane w kolejnym rozdziale niniejszego przewodnika.

## 5. Studium przypadków ponownego wykorzystania odpadów z budowy, renowacji i rozbiórki (CRD)

W niniejszym rozdziale omówiono możliwości ponownego zastosowania lub poddania procesom recyklingu wybranych porozbiórkowych materiałów budowlanych. W każdym podpunkcie wskazano również ograniczenia z tym związane.

### 5.1. Drewno konstrukcyjne

Drewno konstrukcyjne to rodzaj drewna używanego w budownictwie i konstrukcjach do tworzenia ram, rusztowań, belek, kolumn, ścian nośnych i innych elementów strukturalnych.

Odpady drewna budowlanego i rozbiórkowego (np. zużyte palety, deski podłogowe, drzwi czy drewniane stoliki) są rozdrabniane przez maszyny przemysłowe. Rozdrobnione drewno może być następnie poddane obróbce chemicznej lub mechanicznej w celu usunięcia pozostałych zanieczyszczeń i przygotowania do dalszego przetwarzania. Powstałe w ten sposób surowce mogą być ponownie wprowadzane do obiegu i wykorzystywane do wytwarzania nowych produktów drewnianych, na przykład płyt pilśniowych i wiórowych. Część drewna jest także przeznaczana do zużycia w elektrociepłowniach i elektrowniach jako biomasa - przerabianie na paliwo w postaci brykietów czy peletu. Część odpadów drewnianych jest też używana do produkcji różnych materiałów kompozytowych, wiele pozostałości trafia także do przerobu na kompost.

Warto zaznaczyć, że nie wszystkie rodzaje drewna nadają się do recyklingu. Drewno konstrukcyjne może być zanieczyszczone w zależności od jego zastosowania i historii użytkowania. Drewno konstrukcyjne często jest malowane lub lakierowane w celu jego ochrony i walorów estetycznych. Drewno jako naturalny materiał jest również podatne na zniszczenia przez owady, pleśń i wilgoć, dlatego konieczne jest odpowiednie zabezpieczenie go przed tymi zagrożeniami, co wymaga regularnej konserwacji (np. impregnatami). Te zabiegi czasem dyskwalifikują go albo obniżają jego zdolność do ponownego użycia. Farby, lakiery i impregnaty mogą zawierać substancje chemiczne, które są toksyczne lub trudne do zutylizowania. Elementy metalowe, takie jak gwoździe, śruby i okucia osadzone w drewnie konstrukcyjnym mogą powodować zanieczyszczenia metalami ciężkimi lub innymi związkami. Z kolei, w procesie konstrukcji budynków, drewno łączone jest za pomocą klejów lub uszczelnaczy z innymi elementami budowlanymi. Niektóre z obecnych w nich substancji mogą zawierać składniki chemiczne, które nie są przyjazne dla środowiska.

Ze względu na swoją naturę, drewno może być zanieczyszczone naturalnie występującymi substancjami, takimi jak żywica, oleje lub inne substancje organiczne. Poprzez narażenie na wilgoć, może stać się również siedliskiem dla mikroorganizmów i pleśni, co może wpływać na jego trwałość i stan.

Wszystkie te zanieczyszczenia mogą stanowić wyzwanie podczas procesu recyklingu drewna. Przed podjęciem działań związanych z recyklingiem, konieczne jest dokładne zbadanie i ocena rodzaju zanieczyszczeń w celu wybrania odpowiednich metod przetwarzania i oczyszczania drewna. W miarę możliwości te substancje powinny być usunięte, co pozwoli na lepsze przetworzenie drewna. Drewno zainfekowane szkodnikami lub zbyt zniszczone może być trudne lub niemożliwe do skutecznego przetworzenia.

## 5.2. Stal, stal zbrojeniowa, kompozyty żelazobetonowe

Terminem stal określaną jest stop żelaza z małą ilością węgla (zazwyczaj od 0,02% do 2,1%) i innymi dodatkami stopowymi poddany obróbce plastycznej. Z kolei, stal zbrojeniowa to pręty lub druty wykonane ze stali o wysokiej wytrzymałości na rozciąganie. Powszechnie stosowane w budownictwie, szczególnie w miejscach gdzie wymagana jest wytrzymałość i trwałość, są kompozyty żelazobetonowe, znane również jako beton zbrojony. Składają się one z dwóch głównych komponentów: betonu i stali zbrojeniowej. Kombinacja tych dwóch materiałów pozwala na wykorzystanie ich synergicznych właściwości w celu osiągnięcia większej wytrzymałości, nośności i trwałości w porównaniu do każdego z nich oddzielnie.

Złom stalowy to surowiec wtórny pozyskiwany poprzez recykling wyrobów stalowych i metalowych. Chociaż określenie „złom” może prowadzić do przekonania, że jest to produkt odpadowy, w rzeczywistości jest to cenny surowiec stosowany w każdym procesie produkcji stali. Składa się z metalowych odpadów, które zostają zebrane, przetworzone i przekształcone (przetopione) w nowe produkty lub surowce. Do złomu zaliczane są m.in. elementy konstrukcyjne pochodzące z rozbiórki, konstrukcje stalowe uszkodzone mechanicznie, skorodowane bądź nienadające się do dalszej, bezpiecznej eksploatacji. Złom stalowy ma duże znaczenie z ekologicznego i ekonomicznego punktu widzenia, ponieważ jego recykling pozwala ograniczyć zapotrzebowanie na wydobywanie i produkcję pierwotnego metalu, co wiąże się z mniejszym zużyciem energii i zasobów naturalnych [70].

Proces recyklingu złomu stalowego polega na poddaniu go procesowi topnienia w piecach przemysłowych, a następnie odlewaniu w formy, tworząc nowe wyroby stalowe. Wytwarzanie stali obejmuje różnorodne metody i procesy, które umożliwiają przekształcenie surowców żelaza i węgla w produkt o określonych właściwościach mechanicznych i chemicznych.

W tradycyjnym procesie wielkopieczowym (ang. *Blast Furnace Process*) surowce żelazne, takie jak ruda żelaza i koks, są wprowadzane do wielkiego pieca. Wysoka temperatura i proces redukcji umożliwiają oddzielenie żelaza od innych składników. Otrzymaną w wyniku tych procesów surówkę zostaje następnie przerabiana w celu uzyskania stali. W procesie BOF (ang. *Basic Oxygen Furnace*), surowce żelazne i dodatki stopowe są poddawane reakcji tlenowej w konwerterze, co prowadzi do usunięcia nadmiaru węgla i innych zanieczyszczeń. W procesie wielkiego pieca-zasadowego pieca tlenowego (BF-BOF) można wykorzystać do 30% stali pochodzącej z recyklingu (ang. *The blast furnace-basic oxygen furnace (BF-BOF) route can use up to 30% recycled steel*).

Z kolei, w elektrycznych piecach łukowych (ang. *Electric Arc Furnace, EAF*) wsad nagrzewany jest łukiem elektrycznym osiągającym temperaturę do kilkunastu tysięcy stopni Celsjusza, co umożliwia topienie surowców stalowych czy złomu. Metoda produkcji stali EAF pozwala wykorzystywać wyłącznie stal pochodzącą z recyklingu. W elektrycznym wytwarzaniu stali energia elektryczna jest wykorzystywana do przetapiania wsadów nawet do 100% złomu w celu wytworzenia nowych wyrobów stalowych [71].

### Konkluzje

Stal jest materiałem doskonale wpisującym się w założenia budownictwa zrównoważonego. W ogólnym założeniu, właściwości stali pozostają niezmiennymi niezależnie od tego, ile razy zostanie poddawana recyklingowi [72].

Stal przeznaczona do recyklingu powinna być starannie wyselekcjonowana, co oznacza, że powinna być pozbawiona elementów wykonanych z innych materiałów takich jak szkło, tworzywa sztuczne, papier i aluminium. Dzięki technologii sortowania magnetycznego, jest ona również stosunkowo łatwa w odzysku. Wzrost stopnia zanieczyszczenia złomu wpływa negatywnie na przebieg procesów metalurgicznych, przez co przyczynia się do powstawania większej ilości odpadów hutniczych, tym samym prowadząc do wzrostu kosztów wytwarzania stali. Niezależnie od stopnia odzysku, w wyniku procesów recyklingu wyrobów stalowych powstają produkty uboczne w postaci związków mineralnych, takich jak żużel stalowniczy czy żużel z pieca odlewniczego. Produkty te bywają wykorzystywane do budowy dróg, wzbogacania gleby oraz do produkcji surowców przemysłowych.

Konstrukcje stalowe są znacznie bardziej przyjazne dla środowiska niż obiekty wykonane z żelbetu. W kwestii odzysku złomu stalowego (złomu metali kolorowych), procent odzysku jest relatywnie wysoki, ponieważ stal jest jednym z najczęściej poddawanych recyklingowi materiałów na świecie. Według różnych źródeł i statystyk [72], odzysk złomu stalowego może wynosić od 70% do nawet ponad 90% w niektórych krajach [73]. W odniesieniu do betonu zbrojonego, procent odzysku może być niższy niż w przypadku samej stali zbrojeniowej, ponieważ recykling betonu wymaga bardziej złożonych procesów.

Rysunek 7. Stal a gospodarka cyrkularna (na podstawie [74])



### 5.3. Szkło

Szkła budowlane to różnorodne rodzaje szkła, które są specjalnie zaprojektowane i przetwarzane w celu spełnienia określonych wymagań budowlanych, estetycznych i funkcjonalnych. Szkła budowlane są zazwyczaj szklami sodowo-wapniowo-potasowo-krzemianowymi. W budownictwie wykorzystywane są głównie szkła tzw. szkła płaskie jak szkła float (sodowo-wapienne), hartowane, laminowane, izolacyjne, refleksyjne czy akustyczne. Szkło float jest wytwarzane poprzez topienie krzemionki, sody oczyszczonej i wapna. Charakteryzuje się dobrą przezroczystością i gładką powierzchnią. Jest szeroko stosowane w oknach, drzwiach, fasadach, lustrach i innych zastosowaniach budowlanych.

Szczególnym zastosowaniem szkła jest produkcja tzw. włókna szklanego. Włókna te są wytwarzane poprzez rozciąganie lub wyciąganie stopionego szkła w formie włókien. Następnie te włókna mogą być łączone i utrwalane za pomocą różnych żywic, tworząc wyjątkowo wytrzymały i lekki materiał o szerokich zastosowaniach. Włókna szklane mogą być dodawane do betonu w celu zwiększenia jego wytrzymałości na rozciąganie i odporności na pękanie, mogą być również stosowane w prefabrykacji elementów budowlanych, takich jak ścianki działowe, płyty podłogowe, schody czy elementy fasad jak również mogą być dodawane do betonu stosowanego do wylewania posadzek. Włókna szklane są stosowane do produkcji kompozytowych prętów zbrojeniowych, które są ekologiczną alternatywą dla prętów ze stali zbrojeniowej.

Innym znanym zastosowaniem jest mączka szklana, zwana także szkłem w proszku lub szkłem mielonym, jest to drobno zmielony proszek otrzymywany poprzez rozdrabnianie szkła na bardzo małe cząsteczki. Jest ona stosowana jako dodatek do cementów i betonów, jako zamiennik kruszywa drobnego (frakcji pylastej) bądź składnik spoiwa w zależności od stopnia reaktywności mączki. Takie szkło nie wymaga segregacji pod względem kolorów i prawdopodobnie będzie można je wykorzystywać w stanie niewielkiego zanieczyszczenia zaprawą czy betonem. Optymalna ilość dodanej mączki szklanej może wynosić nawet do kilkudziesięciu procent masy cementu - powyżej tej wartości właściwości betonu ulegają stopniowemu pogorszeniu w stosunku do betonu kontrolnego. Wartość ta będzie różna w zależności od odpadu i jego rozdrobnienia. Zastosowanie szkła jako drobnego kruszywa do betonów było przedmiotem wielu prac. Należy jednak podkreślić, że próby dotyczące zastosowania kruszywa szklanego i mączki szklanej do betonu czy cementu dopiero wychodzą poza etap laboratoryjny.

Szkło jest materiałem, które może być poddane recyklingowi bez utraty jakości teoretycznie w 100% pod warunkiem restrykcyjnie prowadzonej selekcji materiału. Podczas recyklingu szkła ważne jest, aby materiał był jednorodny pod względem składu, bez zanieczyszczeń, takich jak metale, plastik czy drewno. Zanieczyszczenia te mogą wpływać negatywnie na jakość przetworzonego szkła i mogą być trudne do usunięcia. W praktyce szkło jest często zanieczyszczone, jego rozdzielanie od powłok (w szybach laminowanych czy kompozytach szklanych) bywa nieekonomiczne i rzeczywisty recykling jest jednak stosunkowo niski. Niekiedy możliwe jest powtórne wykorzystanie całych szyb czy tafli, ale najczęściej pozyskuje się tzw. stłuczkę szklaną.

Niestety, nawet nieznaczne różnice w składzie szkła opakowaniowego i szkieł budowlanych powodują, że szkła te nie mogą być ze sobą mieszane, ponieważ wpływa to na wytrzymałość i bezpieczeństwo produktów końcowych. Z tego względu do hut szkła płaskiego musi być dostarczana stłuczka z wysortowanego szkła płaskiego. Szkło float jest szkłem bardziej wymagającym niż szkło opakowaniowe. Stłuczka z recyklingu, mimo poddawania jej procesom oczyszczania, nie jest surowcem idealnym, dlatego też zagospodarowanie jej nastręcza najwięcej problemów. Badania wytopu szkieł uzyskanych z 30% i 60% dodatkiem stłuczki szkła float pozyskanej z recyklingu dowiodły, że może być ona bezpiecznie wykorzystywana w topieniu szkieł komercyjnych [75].

Stłuczka szklana może być jednym z surowców do produkcji włókien szklanych, w tym również tych stanowiących zbrojenie betonu. W betonie włókna szklane bywają stosowane albo jako tzw. zbrojenie rozproszone, albo w postaci kompozytów polimerowo-szklanych, które są odporne na korozję i działanie substancji chemicznych.

W 2017 liderzy branży rynku europejskiego opracowali dokument ECN-E-17-010 [76], dotyczący kryteriów ubiegania się o utratę statusu odpadu m.in. dla szkła płaskiego. Stwier-

dzono, że utrata statusu odpadu dla stłuczki pochodzącej z rozbiórek zwiększyłaby skalę recyklingu, ponieważ nie wiązałoby się to z tak dużą ilością formalności administracyjnych.

Całkowita ilość odpadów szklanych pochodzących z renowacji i rozbiórek budynków w 2013 r. w Polsce wyniosła ok. 200 tys. ton, a w UE ok. 1,5 mln. ton, z czego 58 % pochodziło z sektora mieszkaniowego, a 42% z sektora usług. Są to jednak tylko szacunkowe dane [75].

### Konkluzje

Na obecnym etapie pełny recykling szkła napotyka głównie na jeden słaby punkt: efektywność selektywnej rozbiórki budynków i odpowiedniej segregacji/uzdatniania szkła. Stłuczka pochodząca z rozbiórek budowlanych jest wymieszana z gruzem, folią PCV czy opiłkami metalu i nie wszystkie zanieczyszczenia są możliwe do usunięcia nawet przez wyspecjalizowane firmy recyklingowe. Dla dobrej jakości stłuczki szklanej możliwości zastosowań jest dużo i nie ma problemu z zagospodarowaniem czystych odpadów szklanych.

Szczególnym problemem jest recykling szkła laminowanego, który jest procesem bardziej skomplikowanym niż recykling szkła jednowarstwowego, ponieważ szkło laminowane składa się z dwóch lub więcej warstw szkła, które są połączone folią polimerową. Ta struktura sprawia, że tradycyjne metody recyklingu szkła, które polegają na topieniu i przetwarzaniu go w nowe wyroby, są trudniejsze do zastosowania. Niemniej jednak, istnieją metody i technologie, które pozwalają na odzyskanie składników szkła laminowanego oraz wykorzystanie go w innych procesach przemysłowych. Ze względu na wzrastające zainteresowanie zrównoważonym gospodarowaniem surowcami, możliwe jest, że w niedługiej przyszłości pojawią się nowe technologie i metody umożliwiające bardziej efektywny recykling szkła laminowanego.

Ze względu na właściwości szkła i jego charakter szkło budowlane należy segregować na najwcześniejszym etapie remontu/rozbiórki budynku, przed wejściem ciężkiego sprzętu, poprzez demontaż okien/balustrad/kafla i ich odpowiednie zabezpieczenie. Szkło musi być segregowane na kolory i typy lub na szkło bezbarwne i zabarwione, a na wstępnych etapach recyklingu pozbawiane powłok, metali i warstw folii oraz poddawane procesowi wzbogacania. Obecnie w Polsce nie ma problemu zagospodarowania czystych odpadów szklanych. Są one chętnie wykorzystywane przez huty jako surowiec, jako elementy dekoracyjne (grisy) oraz w produkcji materiałów izolacyjnych (wata szklana, tkaniny szklane).

## 5.4. Tworzywa sztuczne

Najpopularniejszym tworzywem sztucznym stosowanym w budownictwie jest polichlorek winylu (PVC) wykorzystywany do okładzin, podłóg, profili okiennych, okiennic, rur i kabli. Innym powszechnym polimerem w budownictwie jest polistyren (PS), który stosuje się w dwóch postaciach: polistyren ekspandowany (EPS) i polistyren ekstrudowany (XPS). Podobnie poliuretan (PU) nadaje się do zastosowań izolacyjnych ze względu na swoje właściwości termoizolacyjne. Ich głównym zastosowaniem w budownictwie są płyty izolacyjne ścian zewnętrznych budynków, stropów, podłóg na gruncie i innych przegród oraz jako rdzeń płyt warstwowych. Ostatnio szeroko stosowanym materiałem konstrukcyjnym jest izolacja sztywna, w której wykorzystuje się PU, poliizocyjanury (PIR, poliiso lub ISO) i PS [77].

Polietylen o dużej gęstości (HDPE) i polietylen o małej gęstości (LDPE) są również szeroko stosowane w budownictwie, głównie w rurach [78]. Dywanami to kolejne ważne zastosowanie, w którym wykorzystuje się polimerowe, syntetyczne włókna, takie jak nylon, polipropyleń (olefina), akryl i poliester.

Mimo że tworzywa sztuczne w dużym stopniu nadają się do recyklingu, w 2020 r. stanowiły one jedynie 5,1% światowych odpadów CRD poddanych recyklingowi [79]. Istnieją dwie główne metody recyklingu tworzyw sztucznych: recykling mechaniczny i recykling chemiczny (lub surowca), w którym styropian może być topiony lub rozpuszczany, a odzyskiwane polistyrenowe monomery mogą być ponownie wykorzystywane do produkcji nowego polistyrenu najczęściej w procesie formowania metodą wtłaczania lub wtryskiwania [80]. Wybór procesu recyklingu zależy od złożoności strumienia odpadów i stopnia zanieczyszczenia [81]. Wielu producentów płyt styropianowych wdraża różne sposoby wytwarzania tych wyrobów z wykorzystaniem materiału recyklingowego, pochodzącego przede wszystkim z odpadów z własnej produkcji. Wiele norm ISO oraz norm branżowych dotyczących wyrobów z tworzyw sztucznych jest integralną częścią zapewnienia odpowiedniej jakości materiałów pochodzącego z recyklingu tworzyw sztucznych.

Faktem jest, że pierwotne tworzywa sztuczne są zwykle preferowane w stosunku do tworzyw pochodzących z recyklingu odpadów CRD ze względu znaną ilość dodatków oraz wysoką wydajność procesów ich produkcji, które są również konkurencyjne cenowo. Niemniej jednak, odpowiednia i kontrolowana zawartość odpadów CRD pochodzących z recyklingu w nowych produktach nie pogorsza ich właściwości użytkowych, co zostało niejednokrotnie opisane [78].

Wśród istniejących na świecie technologii recyklingu odpadów styropianowych dominują rozwiązania kosztochłonne. W procesie termicznego przetwarzania, płyty styropianowe można poddać spalaniu w specjalnych instalacjach, które pozwalają na odzyskanie energii w postaci ciepła lub elektryczności. Ta metoda może być stosowana, gdy inne metody recyklingu są niemożliwe lub nieekonomiczne. Niezależnie od technologii, fakt i sposób prowadzenia segregacji styropianu i innych tworzyw sztucznych w miejscu remontu czy rozbiórki istotnie wpływa na wzrost opłacalności recyklingu.

Ciekawą informacją jest fakt, że największe ilości odpadów ze styropianu powstają podczas prac dociepleniowych. Szacuje się, że w przypadku powierzchni elewacji budynków z dużą liczbą otworów okiennych, płyt balkonowych i loggiami, odpady mogą stanowić nawet kilkanaście procent zastosowanego materiału [82].

Wyroby styropianowe zawierające polistyren z recyklingu powinny charakteryzować się właściwościami umożliwiającymi spełnienie wszystkich wymagań technicznych wynikających z przewidywanych warunków ich zastosowania w budynkach, przede wszystkim w zakresie wytrzymałościowym, odporności na działanie czynników zewnętrznych czy bezpiecznego użycia. Biorąc pod uwagę to ostatnie, należy zwrócić szczególną uwagę na „substancje uniepalniające – antypireny, które inhibują procesy spalania. Jednym z najczęstszych związków jest heksabromocyklododekan (HBCDD). Z uwagi na ogromną skalę zużycia styropianu oraz ilości powstających odpadów na etapie budowy, rozbudowy, modernizacji i prac rozbiórkowych celowe jest opracowanie metody kontroli pozostałości niebezpiecznego antypirenu stosowanego w produkcji wyrobów budowlanych ze styropianu.

Z uwagi na toksyczność i trwałość HBCDD oraz dużą zdolność do bioakumulacji należy przeprowadzać: analizę składu chemicznego styropianu (surowców, pigmentów, substancji uniepalniających, środków dodatkowych), ocenę styropianu ze względu na zawartość i uwalnianie się substancji niebezpiecznych, badanie styropianu ze względu na zawartość uniepalniacza w postaci heksabromocyklododekanu (HBCDD) i analizę elementarną [82].



## 5.5. Gips (płyty kartonowo-gipsowe)

Typowe płyty kartonowo-gipsowe składają się z dwóch głównych składników: rdzenia gipsowego i warstw papieru. W ogólnym przybliżeniu, typowa płyta kartonowo-gipsowa zawiera około 90-95% gipsu w swoim składzie. Pozostałą część stanowią modyfikatory i warstwy papieru, które otaczają rdzeń gipsowy, nadając płycie wytrzymałość, stabilność i wykończenie powierzchni. Dokładne proporcje mogą różnić się w zależności od producenta i rodzaju płyty.

Płyty kartonowo-gipsowe są zbierane z miejsc, gdzie zostają zdemontowane lub usunięte, na przykład ze starych budynków poddawanych renowacji lub rozbiórce. Następnie są segregowane w celu oddzielenia od nich innych materiałów, takich jak metalowe klamry czy inne elementy. Następnym krokiem jest oddzielenie gipsu od warstw papieru. Odzyskany gips może być poddany procesom, które przywracają go do stanu surowcowego. Gips ten może być ponownie wykorzystywany w produkcji nowych wyrobów gipsowych, takich jak płyty kartonowo-gipsowe czy inne produkty budowlane.

Proszek gipsowy będący surowcem wtórnym, pochodzącym z recyklingu płyt gipsowo-kartonowym, teoretycznie może być wielokrotnie poddawany recyklingowi, a jego skład chemiczny powinien pozostać niezmienny w stosunku do surowca wykorzystanego pierwotnie. Proszek gipsowy jest kluczowym składnikiem do produkcji różnych materiałów budowlanych, takich jak płyty gipsowo-kartonowe, tynki gipsowe, gipsowe masy szpachlowe i inne. W połączeniu z wodą, proszek gipsowy ulega reakcji hydratacji, tworząc twardą masę, co czyni go idealnym do wykańczania i wzmacniania powierzchni. Główny problem z wykorzystaniem odpadów gipsowych jest niska cena surowca pierwotnego, którym jest najczęściej odpad powstający w procesie odsiarczania gazów spalinowych w elektrowniach /elektrociepłowniach. Przeszawienie modelu gospodarki na produkcję energii ze źródeł innych niż spalanie paliw kopalnych spowoduje zmniejszenie ilości surowca gipsowego, co może stworzyć szansę na wykorzystanie gipsu z recyklingu.

W wielu krajach UE praktykowany jest odbiór odpadów z miejsc rozbiórki i dostarczenie pełnowartościowego surowca wtórnego w postaci proszku gipsowego bezpośrednio do producentów wyrobów budowlanych. Powstaje coraz więcej badań, których celem jest dowiedzenie ile cykli recyklingu możliwych jest do przeprowadzenia aby otrzymać nie gorsze właściwości mechaniczne w porównaniu do analogicznych wyrobów wyprodukowanych z surowców pierwotnych. Niemniej, wyroby gipsowe należą do nielicznej grupy wyrobów budowlanych, które mogą być wielokrotnie poddawane recyklingowi.

Innym poznanym zastosowaniem gipsu pochodzącego z odpadowych płyt gipsowo-kartonowych jest jego wykorzystanie w betonie, a dokładniej w procesie produkcji cementu. Gips pochodzący z recyklingu może być stosowany jako regulator czasu wiązania cementu w miejsce naturalnego gipsu. Obecnie jednak naturalny gips jest rzadko stosowany do cementów czy produkcji materiałów budowlanych. Głównym źródłem surowca do produkcji wyrobów gipsowych są elektrownie i elektrociepłownie gdzie gips powstaje jako odpad w procesie mokrego odsiarczania gazów spalinowych. Problem z ponownym wykorzystaniem gruzu gipsowego jest niska cena i lepsza jakość surowca gipsowego uzyskiwanego z elektrowni węglowych. Niemniej jednak tematyka wykorzystania go jako pełnowartościowego substytutu gipsu naturalnego w produkcji cementu jest przedmiotem wielu badań.

Zgodnie z Dyrektywą Parlamentu Europejskiego 2003/33/EC [83] odpady zawierające gips powinny być składowane na osobno wydzielonych i odpowiednio zabezpieczonych składo-

wiskach, bowiem składowanie odpadów gipsowych z odpadami komunalnymi powoduje poważne zagrożenie dla środowiska naturalnego. Gips, w kontakcie z wodą, może wywołać procesy chemiczne, które prowadzą do zakwaszenia gleby, wód gruntowych i powierzchniowych, co wpływa na organizmy żyjące w danym ekosystemie. Siarczan wapnia ma zdolność do wytrącania się z wód, tworząc osady gipsu powodujące blokownię przepływu naturalnych wód. Siarka obecna w gipsie prowadzi również do powstawania toksycznego siarkowodoru.

## 5.6. Odpady mineralne (beton, cegły, cement, płytki ceramiczne)

Beton jest materiałem powstałym ze zmieszania cementu, kruszywa grubego i drobnego, wody oraz ewentualnych domieszek, włókien czy dodatków mineralnych takich jak popiół lotny, granulowany żużel wielkopiecowy czy pył krzemionkowy. Beton jest mieszanką o określonych proporcjach, która po odpowiednim wymieszaniu i stwardnieniu staje się trwała i wytrzymała i nadaje się do różnych zastosowań, w tym konstrukcyjnych. Betony konstrukcyjne występujące w obiektach budowlanych są dodatkowo zbrojone (pręty zbrojeniowe, włókna, siatki zbrojeniowe). W ramach tradycyjnego recyklingu betonu konstrukcyjnego następuje: kruszenie na mniejsze fragmenty, separacja magnetyczna zbrojenia (żelaza) i sortowanie za pomocą przesiewaczy na żądane frakcje.

Gruz budowlany powstaje w wyniku prac remontowo-budowlanych podczas wyburzania i rozbiórek budynków. Jeśli odpad ten jest selektywnie gromadzony, przetwarzany na miejscu rozbiórki, np. przez mobilne stacje kruszenia, może być powtórnie wykorzystany do podbudowy fundamentów nowego, budowanego w danym miejscu obiektu. Wymaga to odpowiedniego zaplanowania i zorganizowania procesu rozbiórki.

### Konkluzje

Kruszywo z recyklingu betonu może być stosowane do betonów niekonstrukcyjnych lub pomocniczych (podbudowy). Tak otrzymane kruszywo nadaje się do wykorzystania jako: warstwa nawierzchniowa dróg, placów, podjazdów, chodników; materiał do produkcji elementów prefabrykowanych; podsypka nawierzchni utwardzonych czy wypełnienie wyrobisk.

Inną kwestią jest fakt, że w skali roku na świecie około 50 milionów metrów mieszanki betonowej nie zostaje wbudowane i wraca do wytwórni betonu towarowego. W przemyśle budowlanym istnieje problem z niewykorzystaniem wyprodukowanego betonu w określonych projektach. Powody tego zjawiska mogą być związane ze zmianami w projektach czy błędami wykonawczymi. Powrót niewykorzystanej mieszanki betonowej do jej producenta bywa problemem w aspekcie kosztów i zarządzania utylizacją oraz szkodliwych wpływów na środowisko. Część wytwórni betonu towarowego jest wyposażona w instalację do częściowego recyklingu mieszanki betonowej. Instalacje te pozwalają rozdzielić mieszankę betonową na kruszywo i zawiesinę cząstek w wodzie. Kruszywo grube jest w zasadzie w całości odzyskiwane i zwracane do nowych betonów. Ocena przydatności wody zarobowej do betonu, w tym odzyskiwanej z procesów przemysłu betonowego daje możliwość stosowania zawiesin powstających jako odpady podczas produkcji betonu [84]. W zakładach produkujących mieszanki betonowe, które nie dysponują instalacją do odzyskiwania składników z niezwiązanej mieszanki, niewykorzystany beton kierowany jest na lokalne składowisko, gdzie okresowo przetwarzany jest poprzez przekruszenie. Powstały przekrusz dodawany jest następnie do betonów niskich klas wytrzymałości do zastosowań niekonstrukcyjnych.

Głównym problemem z wykorzystaniem gruzu betonowego do produkcji betonu jest niejednorodność składu, wymiarów i gorsze właściwości użytkowe (mechaniczne i fizyczne) kruszyw z recyklingu w porównaniu do kruszyw naturalnych. Kruszywa z recyklingu aby mogły być stosowane do betonu mogą wymagać nakładów dodatkowych takich jak np.: oczyszczenie, kruszenie, przemywanie, zwiększenie ilości cementu w mieszance betonowej, oraz wartościowych dodatków w recepturze betonowej [85], co dodatkowo podnosi cenę produkcji betonu. Z drugiej strony, ceny naturalnych kruszyw będą rosły wraz ze zmniejszaniem się nieodnawialnych zasobów naturalnych i ze zwiększaniem kosztów transportu, a ceny kruszyw z recyklingu będą ulegały zmniejszeniu wraz z rozwojem tych metod. Możliwości wykorzystania ponownego przekruszu betonowego do produkcji betonu zostały podane w normie PN-EN 206 [86] w formie zalecanych maksymalnych zawartości w miejsce kruszyw naturalnych. Graniczny udział przekruszu uzależniony jest głównie od jego jakości oraz klas ekspozycji i rodzaju agresji środowiskowej na którą będzie narażony nowo wyprodukowany beton. Grupa Rilem [87] opracowała bardziej szczegółowe rekomendacje dotyczące selektywnej rozbiórki konstrukcji betonowych oraz wykorzystania uzyskanego przekruszu, aby móc go możliwie efektywnie wykorzystać do produkcji nowej mieszanki betonowej [87-88].

Cegła to element murowy wytwarzany z surowców ilastych poprzez formowanie, suszenie i wypalanie w wysokiej temperaturze. W procesie wypalania następuje reakcja chemiczna, która powoduje utwardzenie cegły i nadanie jej trwałości oraz wytrzymałości. Wyróżniamy cegły gliniane (baza: glina), cegły betonowe (cement jako główny składnik spoiwa + piasek i kruszywo), cegły ceramiczne (głina, ił, piaski ceramiczne) czy cegły szamotowe (baza: szamot).

Gruz ceglany, czyli materiał powstały w wyniku kruszenia lub rozdrabniania zużytych cegieł, może być skutecznie wykorzystywany jako materiał recyklingowy w różnych zastosowaniach budowlanych i infrastrukturalnych.

#### Konkluzje

Głównym kierunkiem zastosowania gruzu ceglanego (a najczęściej ceglano-betonowego) jest drogownictwo (warstwa podłoża pod drogi, chodniki i inne nawierzchnie). Rozdrobniony gruz ceglany może być używany jako zamiennik części tradycyjnych kruszyw w mieszankach betonowych i zaprawach oraz jako warstwa drenażowa podczas budowy ogrodów czy innych obszarów wymagających efektywnego odprowadzania wody.

Możliwość wykorzystania gruzu ceglanego w mieszankach betonowych jest ograniczona głównie z uwagi na jego dużą nasiąkliwość i negatywny wpływ na większość cech wytrzymałościowych i trwałościowych betonu. Zawartość cegły w przekruszu betonowym wykorzystywanym do produkcji mieszanki betonowej jest najczęściej traktowana jako zanieczyszczenie. Wykorzystanie gruzu ceglanego po rozbiórce budynku jest ekonomicznie najbardziej opłacalne wtedy, gdy gruz wykorzystywany jest na miejscu tej rozbiórki np. do wzmocnienia gruntu czy wykonania nasypu.

Kruszywo ceglane stosuje w drogownictwie głównie do formowania i zagęszczania terenu (gruz ceglany z wapnem), do wykonania wstępnej podbudowy i utwardzenia. Ze względu na to, że gruz ceglany jest materiałem kruchym i silnie nasiąkliwym (jest porowaty i absorbuje dużą ilość wody), podbudowę z gruzu ceglanego zaleca się wykonywać pod drogi

mało obciążone ruchem takie jak drogi wiejskie, leśne czy tymczasowe drogi na placach budowy, festiwalach i innych wydarzeniach. W takich przypadkach gruz ceglany jest tanim i funkcjonalnym materiałem konstrukcyjnym. Można też układać go pod ścieżkami rowerowymi, chodnikami, parkingami samochodów osobowych czy placach zabaw.

Istotne przy wykorzystaniu kruszyw ceglanych jest sposób ich pozyskania, ważne jest aby gruz był gromadzony w sposób selektywny i przetwarzany już na miejscu rozbiórki. Nie jest wtedy możliwe tradycyjne wyburzenie, ale konieczne stopniowe rozbieranie obiektu, z podziałem na poszczególne frakcje materiałowe. W przypadku ostrożnej rozbiórki budowli z elementów ceglanych możliwe jest odzyskanie całych cegieł. Tak pozyskane materiały budowlane, po odpowiednim oczyszczeniu, mogą być powtórnie użyte w budownictwie, w zastosowaniach dekoracyjnych, konstrukcyjnych lub jako przegrody budowlane. Do niedawna jedynym sposobem czyszczenia cegieł było ręczne ostukanie młotkiem powierzchni. Obecnie coraz częściej stosuje się zautomatyzowane czyszczenie, bez użycia środków chemicznych, wykorzystujące wibracje. Ostatnimi czasy popularne są części cegieł elewacyjnych licowych o grubości kilku centymetrów stosowanych jako płytki ścienne w nowoczesnych wnętrzach.

Głównym problemem w powtórным wykorzystaniu cegieł jako elementów murowych jest obecność zapraw i tynków na ich powierzchni. Pozostawienie tych wapienno-cementowych, cementowych lub gipsowych warstw obniża właściwości estetyczne oraz trwałość nowego muru. Stara zaprawa osłabia kontakt między poszczególnymi cegłami, jako bardziej porowata akumuluje szkodliwe zanieczyszczenia z otoczenia i chłonie w sposób nieprzewidziany wodę.

## 6. Podsumowanie i wnioski - perspektywy i kierunki rozwoju gospodarki o obiegu zamkniętym w sektorze budowlanym

Jako główne przyczyny wpływające na niski poziom przetwarzania wyrobów budowlanych po zakończeniu ich cyklu życia najczęściej wskazuje się brak wiedzy wśród podmiotów prowadzących prace rozbiórkowe, dotyczącej korzyści wynikających z właściwego sposobu ich demontażu, zarówno pod względem ekonomicznym jak i przydatności do recyklingu; niską dostępność odpadów budowlanych wolnych od zanieczyszczeń, a przez to zdolnych do recyklingu, jak również brak doświadczenia i technologii przetwórstwa umożliwiających wykorzystanie materiałów budowlanych z recyklingu. Wprowadzenie skutecznych procesów recyklingu wymaga współpracy producentów, recyklerów i instytucji regulujących w celu zapewnienia skutecznego i ekonomicznie opłacalnego procesu recyklingu. Autorzy przewodnika upatrują w tym dużą szansę, niemniej jednak będzie wymagać to wiele pracy oraz wzmocnienia świadomości wszystkich wspomnianych grup docelowych, czemu przysłużyć ma się niniejszy przewodnik.

Na obecnym etapie prac legislacyjnych brak jest wymagań normowych odnoszących się do ponownego użycia wyrobów budowlanych. Prace legislacyjne dotyczące ponownego wykorzystania wyrobów budowlanych pochodzących z demontażu czy rozbiórki z pewnością przyczyniłyby się do wzmocnienia praktyk GOZ. Jeżeli w legislacji miałyby pojawić się cecha „ponowne użycie” to powinna ona określać warunki na jakich dany wyrób można by było poddać odzyskowi, w jakich warunkach powinien być on eksploatowany aby był zdolny do ponownego użycia czy/ oraz sposób oceny jego parametrów po okresie eksploatacji. Należy jednak pamiętać, że w przypadku wyrobów z odzysku trudne jest określenie typu wyrobu zgodnie z definicją CPR, a tym samym jego właściwości użytkowych, stąd zmiana musiałaby nastąpić na etapie tworzenia przepisów.

## 7. Bibliografia

- [1] International Energy Agency. (2019). Global Status report for Buildings and Construction.
- [2] Komisja Europejska. (2019). Europejski Zielony Ład. Komisja Europejska, COM(2019) 640 final
- [3] <https://www.construction-products.eu/publications/green-deal/>
- [4] <https://www.europarl.europa.eu>
- [5] A. Jordan, V. Gravey, (Eds.). (2021). Environmental Policy in the EU: Actors, Institutions and Processes (4th ed.). Routledge.
- [6] Komisja Europejska. (2023). Wniosek Rozporządzenie Parlamentu Europejskiego i Rady ustanawiające ramy na potrzeby zapewnienia bezpiecznych i zrównoważonych dostaw surowców krytycznych oraz zmieniające rozporządzenia (UE) nr 168/2013, (UE) 2018/858, (UE) 2018/1724 i (UE) 2019/1020, Komisja Europejska, COM/2023/160 final, 2023/0079(COD)
- [7] Parlament Europejski i Rada (UE). (2018). Dyrektywa Parlamentu Europejskiego i Rady (UE) 2018/844 z dnia 30 maja 2018 r. zmieniająca dyrektywę 2010/31/UE w sprawie charakterystyki energetycznej budynków i dyrektywę 2012/27/UE w sprawie efektywności energetycznej, Dziennik Urzędowy Unii Europejskiej, L 156/75
- [8] [https://environment.ec.europa.eu/topics/waste-and-recycling/construction-and-demolition-waste\\_en](https://environment.ec.europa.eu/topics/waste-and-recycling/construction-and-demolition-waste_en)
- [9] [https://ec.europa.eu/eurostat/statistics-explained/index.php?title=Waste\\_statistics#Total\\_waste\\_generation](https://ec.europa.eu/eurostat/statistics-explained/index.php?title=Waste_statistics#Total_waste_generation)
- [10] Parlament Europejski i Rada (UE). (2008). Dyrektywa Parlamentu Europejskiego i Rady 2008/98/WE z dnia 19 listopada 2008 r. w sprawie odpadów oraz uchylająca niektóre dyrektywy, Dziennik Urzędowy Unii Europejskiej, L 312/3
- [11] Kancelaria Sejmu. (2012). Ustawa z dnia 14 grudnia 2012 r. o odpadach, Dz.U. 2013 poz. 21
- [12] Zákon o odpadech. Zákon č. 541/2020 Sb.
- [13] Uredba o odpadkih (Uradni list RS, št. 37/15, 69/15, 129/20, 44/22 – ZVO-2 in 77/22)
- [14] Gesetz zur Förderung der Kreislaufwirtschaft und Sicherung der umweltverträglichen Bewirtschaftung von Abfällen Kreislaufwirtschaftsgesetz - KrWG) Vom. 24. Februar 2012
- [15] Minister Klimatu. (2020). Rozporządzenie Ministra Klimatu z dnia 3 stycznia 2020 r. w sprawie katalogu odpadów, Dz.U. 2020 poz. 10
- [16] Komisja Europejska. (2014). Decyzja Komisji z dnia 18 grudnia 2014 r. zmieniająca decyzję 2000/532/WE w sprawie wykazu odpadów zgodnie z dyrektywą Parlamentu Europejskiego i Rady 2008/98/WE Tekst mający znaczenie dla EOG, Dziennik Urzędowy Unii Europejskiej, L 370/44

- [17] <https://bdo.mos.gov.pl>
- [18] Kancelaria Sejmu. (1996), Ustawa z dnia 13 września 1996 r. o utrzymaniu czystości i porządku w gminach, Dz. U. 1996 Nr 132 poz. 622
- [19] Minister Środowiska. (2015). Rozporządzenie Ministra Środowiska z dnia 11 maja 2015 r. w sprawie odzysku odpadów poza instalacjami i urządzeniami, Dz.U. 2015 poz. 796
- [20] Kancelaria Sejmu. (1994). Ustawa z dnia 7 lipca 1994 r. Prawo budowlane, Dz.U. 1994 nr 89 poz. 414
- [21] Byggföretagen. (2020). Resurs- och avfallsriktlinjer vid byggande och rivning
- [22] ÖNORM B3151- Dismantling of buildings as a standard method for demolition
- [23] <https://cityloops.eu/>
- [24] Komisja Europejska. (2018). Wytyczne dotyczące kontroli odpadów przed rozbiórką i renowacją budynków
- [25] Komisja Europejska. (2020). Level(s) – wskaźnik 2.2: Odpady i materiały z budowy i rozbiórki, Wersja publikacji 1.0
- [26] E. Schneeberger. (2023). Broschüre Baurestmassen – Verwertung und Entsorgung, Leitfaden zum richtigen Umgang mit Baurestmassen auf Baustellen, Ausgabe
- [27] M. Wahlström, M. zu Castell-Rüdenhausen, P. Hradil, K. Hauge Smith, A. Oberender, M. Ahlm, J. Götbring, J. Bjerre Hansen. (2019). Improving quality of construction & demolition waste- Requirements for pre-demolition audit, TemaNord, 2019:508
- [28] M. Kozicki, A. Niesłochowski. (2020). Materials Contamination and Indoor Air Pollution Caused by Tar Products and Fungicidal Impregnations: Intervention Research in 2014–2019. Sensors 2020, 20, 4099
- [29] Parlament Europejski i Rada (UE). (2004). Rozporządzenie (WE) nr 850/2004 Parlamentu Europejskiego i Rady z dnia 29 kwietnia 2004 r. dotyczące trwałych zanieczyszczeń organicznych i zmieniające dyrektywę 79/117/EWG, Dziennik Urzędowy Unii Europejskiej, L 158/7
- [30] Minister Gospodarki. (2015). Rozporządzenie Ministra Gospodarki z dnia 16 lipca 2015 r. w sprawie dopuszczania odpadów do składowania na składowiskach, Dz.U. 2015 poz. 1277
- [31] EN 12457-1:2002 Wymywanie - Badanie zgodności w odniesieniu do wymywania ziarnistych materiałów odpadowych i osadów - Część 1: Jednostopniowe badanie porcjowe przy stosunku cieczy do fazy stałej 2 l/kg w przypadku materiałów o wysokiej zawartości fazy stałej i wielkości cząstek poniżej 4 mm (bez redukcji lub z redukcją wielkości)
- [32] EN 12457-2:2002 Wymywanie - Badanie zgodności w odniesieniu do wymywania ziarnistych materiałów odpadowych i osadów - Część 2: Jednostopniowe badanie porcjowe przy stosunku cieczy do fazy stałej 10 l/kg w przypadku materiałów o wielkości cząstek poniżej 4 mm (bez redukcji lub z redukcją wielkości)
- [33] EN 12457-3:2002 Wymywanie - Badanie zgodności w odniesieniu do wymywania ziarnistych materiałów odpadowych i osadów - Część 3: Dwustopniowe badanie porcjowe przy stosunku cieczy do fazy stałej 2 l/kg i 8 l/kg dla materiałów o wysokiej zawartości fazy stałej i wielkości cząstek poniżej 4 mm (bez redukcji lub z redukcją wielkości)

- [34] Parlament Europejski i Rada (UE). (2019). Rozporządzenie Parlamentu Europejskiego i Rady (UE) 2019/1021 z dnia 20 czerwca 2019 r. dotyczące trwałych zanieczyszczeń organicznych, Dziennik Urzędowy Unii Europejskiej, L 169/45
- [35] <https://www.tracimat.be/>
- [36] Parlament Europejski i Rada (UE). (2011). Rozporządzenie Parlamentu Europejskiego i Rady (UE) nr 305/2011 z dnia 9 marca 2011 r. ustanawiające zharmonizowane warunki wprowadzania do obrotu wyrobów budowlanych i uchylające dyrektywę Rady 89/106/EWG, Dziennik Urzędowy Unii Europejskiej, L 88/5
- [37] Parlament Europejski i Rada (UE). (2006). Rozporządzenie (WE) nr 1907/2006 Parlamentu Europejskiego i Rady z dnia 18 grudnia 2006 r. w sprawie rejestracji, oceny, udzielania zezwoleń i stosowanych ograniczeń w zakresie chemikaliów (REACH) i utworzenia Europejskiej Agencji Chemikaliów, zmieniające dyrektywę 1999/45/WE oraz uchylające rozporządzenie Rady (EWG) nr 793/93 i rozporządzenie Komisji (WE) nr 1488/94, jak również dyrektywę Rady 76/769/EWG i dyrektywy Komisji 91/155/EWG, 93/67/EWG, 93/105/WE i 2000/21/WE, Dziennik Urzędowy Unii Europejskiej, L 396/1
- [38] Kancelaria Sejmu. (2004). Ustawa z dnia 16 kwietnia 2004 r. o wyrobach budowlanych, Dz.U. 2004 nr 92 poz. 881
- [39] DE : Verordnung zur Einführung einer Ersatzbaustoffverordnung, zur Neufassung der Bundesodenschutzund Altlastenverordnung und zur Änderung der Deponieverordnung und der Gewerbeabfallverordnung], Vom 9. Juli 2021
- [40] Nařízení vlády, kterým se stanoví technické požadavky na vybrané stavební výrobky. Nařízení vlády č. 163/2002 Sb.
- [41] Zakon o gradbenih proizvodih (ZGPro-1) (Uradni list RS, št. 82/13)
- [42] Parlament Europejski i Rada (UE). (2008). Decyzja Parlamentu Europejskiego i Rady nr 768/2008/WE z dnia 9 lipca 2008 r. w sprawie wspólnych ram dotyczących wprowadzania produktów do obrotu, uchylająca decyzję Rady 93/465/EWG, Dziennik Urzędowy Unii Europejskiej, L 218/82
- [43] Minister Infrastruktury i Budownictwa. (2016). Rozporządzenie Ministra Infrastruktury i Budownictwa z dnia 17 listopada 2016 r. w sprawie krajowych ocen technicznych, Dz.U. 2016 poz. 1968
- [44] EN 1519-1:2019 Systemy przewodów rurowych z tworzyw sztucznych do odprowadzania nieczystości i ścieków (o niskiej i wysokiej temperaturze) wewnątrz konstrukcji budynku - Polietylen (PE) - Część 1: Wymagania dotyczące rur, kształtek i systemu
- [45] CEN/TS 14541-2:2022 Rury i kształtki z tworzyw sztucznych - Stosowanie recyklatów z tworzyw termoplastycznych - Część 2: Zalecenia dotyczące istotnych właściwości
- [46] EN 14541-1:2022 Rury i kształtki z tworzyw sztucznych - Stosowanie recyklatów z tworzyw termoplastycznych - Część 1: Terminologia
- [47] EN 197-6:2023 Cement - Część 6: Cement z materiałów budowlanych pochodzących z recyklingu
- [48] EN 12620:2002+A1:2008 Kruszywa do betonu
- [49] EAD 170005-00-0305 Recycled Clay Masonry Units, EOTA, Lipiec 2017



- [50] EAD 010028-00-0103 Shallow and Reusable Foundation Kit for Lightweight Structures, EOTA, Lipiec 2017
- [51] EAD 180022-00-0704 Prefabricated plastic fitting made from recycled waste plastics and designed for drainage, EOTA, Maj 2018
- [52] ISO 14021:2016 Etykiety i deklaracje środowiskowe - Własne stwierdzenia środowiskowe (Etykietowanie środowiskowe II typu)
- [53] EN 15804:2012+A2:2019 Zrównoważoność obiektów budowlanych - Deklaracje środowiskowe wyrobów - Podstawowe zasady kategoryzacji wyrobów budowlanych
- [54] EN 15978:2012 Zrównoważone obiekty budowlane - Ocena środowiskowych właściwości użytkowych budynków - Metoda obliczania
- [55] PN-EN 16516+A1:2020-12 Wyroby budowlane: Ocena uwalniania substancji niebezpiecznych - Oznaczanie emisji do powietrza wewnątrz
- [56] EN 717-1:2006 Panele drewnopochodne - Oznaczanie uwalniania formaldehydu - Część 1: Emisja formaldehydu metodą komorową
- [57] EN 16637-1:2023 Wyroby budowlane - Ocena uwalniania substancji niebezpiecznych - Część 1: Wytyczne dotyczące testów ekstrakcji powierzchni i określenie dodatkowych etapów badań
- [58] EN 16637-2:2023 Wyroby budowlane - Ocena uwalniania niebezpiecznych substancji - Część 2: Test dynamicznej ekstrakcji powierzchni poziomej
- [59] EN 1744-3:2002 Badania chemicznych właściwości kruszyw -- Część 3: Przygotowanie wyciągów przez wymywanie kruszyw
- [60] EN 17195:2023 Wyroby budowlane: Ocena uwalniania substancji niebezpiecznych - Analiza substancji nieorganicznych w eluatach
- [61] EN 17197:2023 Wyroby budowlane: Ocena uwalniania substancji niebezpiecznych - Analiza substancji nieorganicznych w produktach pofermentacyjnych i eluatach - Analiza metodą spektrometrii emisyjnej ze wzbudzeniem w plazmie indukcyjnie sprzężonej (ICP-OES)
- [62] EN 17200:2023 Wyroby budowlane: Ocena uwalniania substancji niebezpiecznych - Analiza substancji nieorganicznych w produktach pofermentacyjnych i eluatach - Analiza metodą spektrometrii mas z plazmą sprzężoną indukcyjnie (ICP-MS)
- [63] EN 17332:2023 Wyroby budowlane: Ocena uwalniania substancji niebezpiecznych - Analiza substancji organicznych w eluatach
- [64] Rada Ministrów, Rozporządzenie Rady Ministrów z dnia 17 grudnia 2020 r. w sprawie materiałów budowlanych, w przypadku których oznacza się stężenie promieniotwórcze izotopów promieniotwórczych potasu K-40, radu Ra-226 i toru Th-232, wymagań dotyczących dokonywania tych oznaczeń oraz wartości wskaźnika stężenia promieniotwórczego, o której przekroczeniu informuje się właściwe organy, Dz.U. 2021 poz. 33
- [65] Rada (UE). (2013). Dyrektywa Rady 2013/59/Euratom z dnia 5 grudnia 2013 r. ustanawiająca podstawowe normy bezpieczeństwa w celu ochrony przed zagrożeniami wynikającymi z narażenia na działanie promieniowania jonizującego oraz uchylająca dyrektywy 89/618/Euratom, 90/641/Euratom, 96/29/Euratom, 97/43/Euratom i 2003/122/Euratom, Dziennik Urzędowy Unii Europejskiej, L 13/1

- [66] EN 15347:2008 Tworzywa sztuczne - Tworzywa z recyklingu - Charakterystyka odpadów z tworzyw sztucznych
- [67] EN 15343:2010 Tworzywa sztuczne - Tworzywa z recyklingu - Monitorowanie recyklingu tworzyw sztucznych, ocena zgodności i zawartość recyklatu
- [68] EN 15342:2008 Tworzywa sztuczne - Tworzywa recyklowane - Charakterystyka recyklatów polistyrenu (PS)
- [69] EN 15344:2021 Tworzywa sztuczne - Tworzywa z recyklingu - Charakterystyka recyklatów z polietylenu (PE)
- [70] M. How. (2021) Scrap use in the steel industry Fact sheet, pp. 4–5, [https://worldsteel.org/wp-content/uploads/Fact-sheet-on-scrap\\_2021.pdf](https://worldsteel.org/wp-content/uploads/Fact-sheet-on-scrap_2021.pdf)
- [71] Worldsteel Association. (2023) Sustainability Indicators 2023 report, <https://worldsteel.org/wp-content/uploads/Sustainability-indicators-report-2023.pdf>
- [72] <https://worldsteel.org/>
- [73] <https://ec.europa.eu/eurostat/web/main/home>
- [74] <https://worldsteel.org/circular-economy/>
- [75] J. Rybicka-Łada, A. Kuśnierz, M. Kosmal. (2019). Wpływ dodatku stłuczki szkła float z recyklingu na proces topienia masy szklanej, *Szkło i Ceramika* 3, p. 22–25.
- [76] I. Velzeboer, A. Van Zomeren. (2017). End of Waste criteria for inert aggregates in member states, vol. ECN-E--17-010, no. May, p. 43.
- [77] CCME. (2019). Guide for Identifying, Evaluating and Selecting Policies for Influencing Construction, Renovation and Demolition Waste Management.
- [78] G. Santos, E. Esmizadeh, M. Riahinezhad. (2023). Recycling Construction, Renovation, and Demolition Plastic Waste: Review of the Status Quo, Challenges and Opportunities, *J. Polym. Environ.*
- [79] Global Energy & Environment Research Team at Frost & Sullivan. (2020). Global Waste Recycling and Circular Economy Market, Outlook, 2020
- [80] J. Sokołowski. (2010). Recykling tworzyw sztucznych, Polski klub ekologiczny, Politechnika Warszawska
- [81] APPRICOD. (2006). Guide Towards Sustainable Plastic Construction and Demolition Waste Management in Europe
- [82] A. Szczygielska, H. Prejzner, R. Geryło. (2014). Możliwości recyklingu odpadów styropianu oraz problemy z tym związane, *Izol.* 11-12/2014
- [83] Parlament Europejski i Rada (UE). (2003). Directive 2003/33/EC of the European Parliament and of the Council of 26 May 2003 on the approximation of the laws, regulations and administrative provisions of the Member States relating to the advertising and sponsorship of tobacco products, *Dziennik Urzędowy Unii Europejskiej*, L 152/16
- [84] EN 1008:2004 Woda zarobowa do betonu - Specyfikacja pobierania próbek, badanie i ocena przydatności wody zarobowej do betonu, w tym wody odzyskanej z procesów produkcji betonu

- [85] Praca zbiorowa, redakcja naukowa prof. Jan Deja. (2020). Beton. Technologie i Metody badań. Rozdział 3. R. Mróz. Rola kruszyw w kształtowaniu właściwości betonu. 3.10. Kruszywa z recyklingu. Stowarzyszenie Producentów Cementu, Kraków 2020
- [86] PN-EN 206:2014-04 Beton - Wymagania, właściwości, produkcja i zgodność
- [87] RILEM Recommendation. (1994). Specification for concrete with recycled aggregates, Materials and Structures, vol. 27, s. 557-559.
- [88] Politechnika Warszawska. (2016). Załącznik nr 9.6 Wytyczne wykorzystania materiałów pochodzących z recyklingu nawierzchni betonowych, no. 9, pp. 1-30.

## 8. Lista rysunków

Rysunek 1. Przegląd polityk, inicjatyw i komunikacji w obszarze Europejskiego Zielonego Ładu dla budownictwa (opracowane na podstawie [3])

Rysunek 2. Udział poszczególnych działalności w produkcji odpadów w Unii Europejskiej (dane za rok 2020; źródło: Eurostat on-line data)

Rysunek 3. Hierarchia postępowania z odpadami budowlanymi

Rysunek 4. Źródła pochodzenia zanieczyszczeń w obiektach budowlanych

Rysunek 5. Uproszczony schemat wprowadzania wyrobu budowlanego do obrotu zgodnie z rozporządzeniem (UE) nr 305/2011

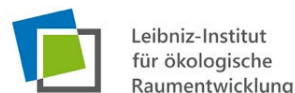
Rysunek 6. Scenariusze narażenia pod kątem uwalniania substancji niebezpiecznych z wyrobów budowlanych.

Rysunek 7. Stal a gospodarka cyrkularna [<https://worldsteel.org/circulareconomy/>][74]

# CirCon4Climate



Członkowie konsorcjum:



Supported by:



on the basis of a decision  
by the German Bundestag

<https://www.euki.de/en/>

Opinie przedstawione w niniejszej publikacji są wyłączną odpowiedzialnością autora (autorów) i niekoniecznie odzwierciedlają poglądy Federalnego Ministerstwa Gospodarki i Działań na rzecz Klimatu (BMWK).

