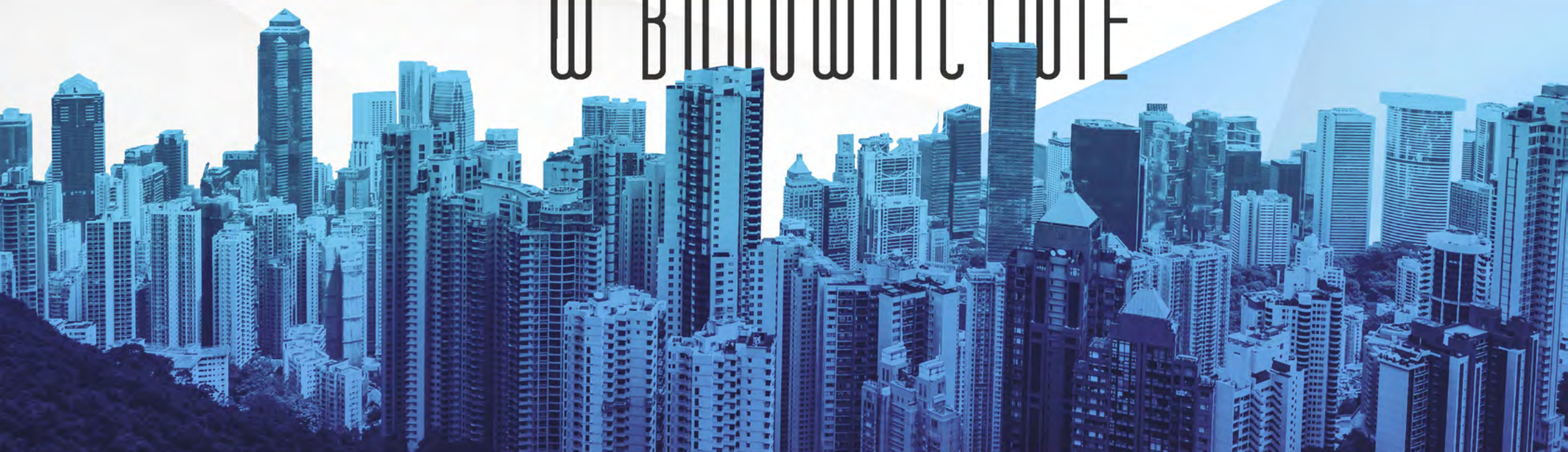


KOMPENDIUM

GOZ

W BUDOWNICTWIE



## Autorzy

Krzysztof Pikoń  
Politechnika Śląska

Magdalena Bogacka  
Politechnika Śląska

Marcin Landrat  
Politechnika Śląska

Katarzyna Piecha-Sobota  
Politechnika Śląska

## Konsultacje i wsparcie merytoryczne

Dorota Bartosz  
PLGBC

Katarzyna Jagodzińska  
GBC Island

Dawid Franke  
PLGBC

## Grupa robocza PLGBC

Aleksandra Baksik  
Aluprof

Rafał Giersz  
Chapman Taylor

Klaudia Moralewicz  
Sweco Polska

Artur Tomczak  
Buro Happold Polska

Anna Bączyk  
Dom Development

Piotr Karbownik  
CEMEX Polska

Justyna Piotrowska-Łój  
SPBT

Magdalena Zielińska  
Midori Project

Hubert Bukowski  
INNOWO

Wiktor Kowalski  
Buro Happold Polska

Elżbieta Ryńska  
Politechnika Warszawska

Arup Polska sp. z o.o.  
WSP Polska sp. z o.o.

Maciej Chrzanowski  
ArcelorMittal Steligence®

Monika Kropiwnicka  
Pracownia Architektury  
Wnętrz KOBObdesign

Joanna Sagan  
Leango

Monika Dębska-Pastakia  
Padmo Consulting

Dominika Laube  
Pekabex

Olga Szlachetka  
SGGW

## Grupa robocza GBC Iceland

Helga María Adólfssdóttir  
VSÓ Ráðgjöf/Mannvít

Ásgeir Valur Einarsson  
ÍÐAN fræðslusetur

Hreinn Ágúst Kristinsson  
Reginn

Þórunn Sigurðardóttir  
Húsnæðis-  
og mannvirkjastofnun

Olga Árnadóttir  
Húsnæðis-  
og mannvirkjastofnun

Guðrún María  
Guðjónsdóttir  
EFLA

Sigríður Maack  
Arkitektafélag Íslands

Þóra Margrét  
Þorgeirsdóttir  
Húsnæðis-  
og mannvirkjastofnun

Sigríður Ósk Bjarnadóttir  
Hornsteinn/BM Vallá

Ólöf Salmon  
Guðmundsdóttir  
PAGO HÚS ehf

Bjarna Magnúsdóttir  
ÍAV

Helgi Bragason  
Framkvæmdasýslan  
- Ríkiseignir

Bergljót Hjartardóttir  
Umhverfisstofnun

Ragnar Ómarsson  
Verkis

Íris Þórarinsdóttir  
Reitir

Lilja Sigurrós Davíðsdóttir  
VSÓ Ráðgjöf

Gyða Mjöll Ingólfssdóttir  
Umhverfis-  
og skipulagssvið  
Reykjavíkurborgar

Arnhildur Palmadóttir  
s. ap architects/Lendager  
Island

Smári Valgarðsson  
Hornsteinn

**Opracowanie graficzne:** Anita Stasiak

Wszelkie prawa zastrzeżone. Kopiowanie publikacji w całości lub we fragmentach bez zgody wydawnictwa zabronione.

## Kompendium wiedzy i dobrych praktyk wdrażania gospodarki o obiegu zamkniętym w budownictwie

Organizacja Narodów Zjednoczonych oceniła, że w 2022 r. populacja świata osiągnęła 8 miliardów ludzi, a według prognoz w ciągu kolejnych 15 lat wzrośnie do 9 miliardów. Zaspokojenie wszystkich potrzeb takiej populacji ludzi jest ogromnym wyzwaniem dla nas i dla środowiska, którego degradację już dzisiaj obserwujemy. Dominujący linearny model gospodarczy przyczynia się do negatywnych skutków środowiskowych, przede wszystkim związanych z rosnącym popytem na zasoby naturalne oraz utratą wartości wytworzonych produktów i surowców zawartych w nich. Należy zauważyć, że brak odpowiedniej polityki zarządzania zasobami naturalnymi może skutkować wyczerpaniem dostępnych surowców. W związku z tym istnieje pilna potrzeba podjęcia działań mających na celu ograniczenie nadmiernej eksploatacji zasobów naszej planety, szczególnie w przypadku branży budowlanej, której odpady stanowią jedno z największych strumieni odpadów w Unii Europejskiej. Rozwiązaniem tej sytuacji jest pilne wdrożenie alternatywnego modelu jakim jest gospodarka cyrkularna. Podjęcie innowacyjnych działań polegających na minimalizowaniu zużycia surowców, ilości odpadów oraz ich zwracanie do procesów gospodarczych jest szansą dla sektora budowlanego.

Wdrożenie zasad gospodarki o obiegu zamkniętym (GOZ) w budownictwie wymaga zaangażowania wszystkich kluczowych interesariuszy, począwszy od projektantów, poprzez producentów materiałów budowlanych, firmy budowlane, aż po deweloperów i użytkowników. W celu osiągnięcia skutecznego efektu, zespoły odpowiedzialne za realizację projektów budowlanych powinny wspólnie wdrażać konkretne rozwiązania, które minimalizują wykorzystanie coraz bardziej ograniczających się zasobów surowców, stosując jednocześnie dostępne materiały znajdujące się w obiegu.

Mając świadomość ogromnego wyzwania jakim jest wdrożenie gospodarki cyrkularnej w budownictwie Polskie Stowarzyszenie Budownictwa Ekologicznego wraz z partnerami Green Building Council Iceland oraz Politechniką Śląską, podjęli się realizacji Projektu CIRCON Gospodarka o obiegu zamkniętym w budownictwie: ekoprojektowanie budynków cyrkularnych. Głównym celem działań podejmowanych w ramach projektu jest zapoznanie wszystkich interesariuszy sektora budowlanego z zasadami projektowania budynków zgodnie z zasadami cyrkularności. W ramach tego projektu opracowane zostały praktyczne wytyczne projektowania zgodnego z gospodarką o obiegu zamkniętym oraz wskaźniki cyrkularności budynków. Wytyczne te zostały opracowane z uwzględnieniem specyfiki polskiego i islandzkiego sektora budowlanego. Dzięki zastosowaniu zaproponowanych wskaźników projektanci i inne podmioty sektora budowlanego będą mieli narzędzia do mierzenia i oceny osiągniętego poziomu cyrkularności budynków. Jest to kluczowe w celu monitorowania postępów w kierunku bardziej efektywnej gospodarki materiałowej oraz dla ciągłego doskonalenia zrównoważonego budownictwa.

**Kompendium opracowano w ramach realizacji projektu CIRCON.**

Projekt CIRCON pt. „Gospodarka o obiegu zamkniętym w budownictwie: projektowanie budynków cyrkularnych”, korzysta z dofinansowania o wartości 1 345 205,79 zł otrzymanego od Islandii, Liechtensteinu i Norwegii w ramach Mechanizmu Finansowego Europejskiego Obszaru Gospodarczego (MF EOG) oraz dofinansowania w wysokości 237 389,26 zł z budżetu Państwa. Celem projektu jest wzmocnienie wdrażania gospodarki cyrkularnej w sektorze budowlanym.

**"Wspólnie działamy  
na rzecz zielonej Europy."**

# SPIS TREŚCI

<b>Wprowadzenie.....</b>	<b>3</b>
Potrzeba i motywacja do implementacji GOZ.....	4
Koncepcja gospodarki o obiegu zamkniętym: cele i zasady GOZ.....	7
Ekonomiczne i środowiskowe efekty wdrażania gospodarki o obiegu zamkniętym w skali lokalnej i globalnej.....	12
GOZ w prawodawstwie.....	15
<b>Cyркуlarne projektowanie, budowa, eksploatacja i dekonstrukcja.....</b>	<b>19</b>
GOZ w budownictwie.....	20
Cele projektowania cyркуlarne.....	22
Cyркуlarność w cyklu życia budynków.....	24
GOZ w certyfikacjach wielokryterialnych.....	26
Nowa rola architekta, konstruktora, projektantów, inwestora i użytkownika.....	28
Projektowanie budynków zgodnie z koncepcją cyркуlarności.....	31
Kluczowe elementy budynków cyркуlarne.....	34
Proces budowy.....	35
Użytkowanie budynków zgodnie z koncepcją cyркуlarności.....	36
Renowacja budynków zgodnie z koncepcją cyркуlarności.....	37
Dekonstrukcja budynków zgodnie z koncepcją cyркуlarności.....	38
<b>Najważniejsze wskazówki i wytyczne dla projektów cyркуlarne budynków.....</b>	<b>39</b>
<b>Potencjał cyркуlarności wybranych materiałów.....</b>	<b>45</b>
Stal.....	47
Drewno.....	48
Szkło.....	49
Cegła.....	50
Beton.....	51
<b>Ocena cyркуlarności - budynek cyркуlarne i wskaźniki.....</b>	<b>52</b>
Budynek cyркуlarne - definicja.....	54
Wskaźniki cyркуlarności.....	55
SMU - Wskaźnik użycia surowców wtórnych.....	58
MRP - Wskaźnik potencjału ponownego wykorzystania materiałów.....	63
SR - Wskaźnik odwracalności przestrzennej.....	66
SSP - Wskaźnik potencjału współdzielenia.....	68
Wskaźniki dla budynków poddanych renowacji.....	69
CI - Wskaźnik cyркуlarności.....	70
Proces oceny.....	72
<b>Studia przypadków.....</b>	<b>73</b>
<b>Materiały dodatkowe.....</b>	<b>104</b>
<b>Terminologia kompendium.....</b>	<b>109</b>
<b>Literatura.....</b>	<b>112</b>



# WPROWADZENIE



# POTRZEBA I MOTYWACJA DO IMPLEMENTACJI GOZ

Według szacunków ONZ liczba ludzi na świecie przekroczyła 8 miliardów, co oznacza, że jest nas trzykrotnie więcej niż w latach 50. ubiegłego wieku, a prognozy przewidują, że populacja osiągnie poziom 10 mld nie później niż w 2060 r. Zapewnienie odpowiednich warunków życia dla tak ogromnej populacji jest wyzwaniem. Szeroko rozumiana gospodarka to system zaspokajania zróżnicowanych potrzeb społeczeństwa wyrażonych przez poczucie bezpieczeństwa, gwarancję dostępu do żywności, czystego powietrza, opieki medycznej, edukacji, to także miejsca pracy i przestrzeń do życia. Dotychczasowy liniowy model gospodarki, na którym nadal opiera się ponad 90% przemysłu zwyczajnie się nie sprawdza. Dzisiaj już wiemy, że dostęp do surowców pierwotnych jest ograniczony, krytyczne surowce są na wyczerpaniu, nie zagospodarowujemy generowanych odpadów, marnujemy energię na ich utylizację zamiast wdrażać działania recyklingowe czy ponowne użycie. Wspomniany wzrost populacji i jej rosnące potrzeby doprowadziły do stanu, w którym natura nie nadąża z regeneracją i odnawianiem zasobów.

Rozwiązaniem tej sytuacji jest pilne wdrożenie alternatywnego modelu jakim jest gospodarka cyrkularna. Podjęcie alternatywnych działań polegających na minimalizowaniu zużycia surowców, ilości odpadów oraz ich zawracanie do procesów gospodarczych jest szansą dla ekosystemu. Idea gospodarki o obiegu zamkniętym pojawiła się już w latach 60. XX wieku ewoluując przez lata, stając się globalnym modelem gospodarczym wdrażanym do strategii i polityki nie tylko w Europie, ale na całym świecie.

W publikacji pt. „Gospodarka o obiegu zamkniętym w polityce i badaniach naukowych” [20] autorzy zwracają uwagę na uwarunkowania polskiej gospodarki, która charakteryzuje się wysoką materiałochłonnością, bardzo niską ekoinnowacyjnością w porównaniu z krajami UE, tym samym podkreślając konieczność zdefiniowania GOZ jako strategii rozwoju

gospodarczego z odpowiednimi instrumentami prawnymi i ekonomicznymi oraz wskaźnikami monitorującymi zarówno postęp jej wdrażania, jak i bazowanie na najnowszych rozwiązaniach informatycznych.

We wspomnianej publikacji [20] zaproponowano następującą definicję:

GOSPODARKA O OBIEGU ZAMKNIĘTYM  
TO GLOBALNY MODEL ROZWOJU GOSPODARCZEGO PROMUJĄCY  
EKOINNOWACYJNE ROZWIĄZANIA ORAZ SPEŁNIAJĄCY  
NASTĘPUJĄCE ZAŁOŻENIA:



wartość dodana surowców/zasobów, materiałów i produktów jest maksymalizowana w łańcuchu wartości, tj. od projektanta do konsumenta



ilość wytwarzanych odpadów jest minimalizowana, a powstające odpady są zagospodarowywane zgodnie z hierarchią sposobów postępowania z odpadami (zapobieganie powstawaniu odpadów, przygotowywanie do ponownego użycia, recykling, inne sposoby odzysku, unieszkodliwienie).

Warto podkreślić, że szybki rozwój gospodarki światowej przyczynia się przede wszystkim do nadmiernego wykorzystania surowców naturalnych, których zasoby ulegają wyczerpaniu. Idealnym tego przykładem jest piasek, który jest niezbędny do rozwoju niemal wszystkich gałęzi gospodarki i pełni kluczową rolę w sektorze budownictwa. Szacuje się, że co roku zużywane jest około 40-50 miliardów ton piasku i żwiru, powodując nieodwracalne szkody, które prowadzą do katastrofalnych w skutkach zaburzeń w ekosystemie, zanikania wysp i zalewania koryt rzek. W roku 2019 na świecie zużyto ponad 100 mld ton materiałów, z czego niemal 40 mld ton pochłonął sektor mieszkaniowy. Budownictwo uważa się więc za najbardziej materiałochłonny sektor gospodarki. Z uwagi na fakt, że naturalne zasoby ulegają wyczerpaniu, bez dbałości o prawidłową gospodarkę surowcową niedobór materiałów stanie się wyzwaniem, z którym będą mierzyć się przyszłe pokolenia.

Nadmierne wykorzystywanie zasobów Ziemi przyczynia się również do powstawania znacznej ilości odpadów. Według Bigrentza, autora jednego z raportów o stanie gospodarki światowej, całkowita ilość wytwarzanych odpadów na świecie w 2018 r. wyniosła 145 milionów ton i szacuje się, że do 2025 r. wzrośnie do 2,2 miliardów ton [6]. W kontekście europejskiego sektora budowlanego obojętne\* odpady budowlane i rozbiórkowe stanowiły 37,1 % wszystkich odpadów wytworzonych w 2020 r. [64], stając się tym samym największym strumieniem odpadów w Europie. Wyzwaniem więc jest nie tylko ograniczenie ilości generowanych odpadów, a także odpowiednie ich zagospodarowanie, z naciskiem na jak największe zachowanie ich wartości. Aktualnie w UE, obojętne odpady budowlane i rozbiórkowe są wykorzystywane w głównej mierze jako materiał zasypowy (*ang. backfilling*) oraz do kształtowania krajobrazu (*ang. landscaping*) [12]. Niestety, w wielu przypadkach takie wykorzystanie odpadów należy sklasyfikować jako downcykling, czyli znaczne obniżenie jakości i funkcjonalności materiału w odniesieniu do jego oryginalnych wartości [12].

Główną przyczyną marnowania zasobów jest opieranie światowej gospodarki na modelach liniowych, które działają na zasadzie „weź – wyprodukuj – zużyj – wyrzuć”. Podejście to zakłada, że surowce są wydobywane, przetwarzane na produkty, konsumowane, a gdy tracą swoją przydatność, czy użyteczność, stają się odpadem, który ostatecznie kierowany jest na składowisko odpadów [12].

CZY  
**WIESZ,**  
ŻE...

## BRAK PIASKU

Zapotrzebowanie na piasek wzrasta wykładniczo od ostatnich kilku lat, a z powodu nadmiernego wydobycia jego rezerwy wyczerpują się. Szacuje się, że ponad 70% światowych zasobów piasku jest już wykorzystanych, a jeśli obecne tendencje się utrzymają, do 2050 r. na świecie zabraknie piasku. Należy tutaj podkreślić, że nie każdy piasek można wykorzystać na cele budowlane. Idealnym tego przykładem jest najwyższy budynek świata – Burj Khalifa (Dubaj), do budowy którego sprowadzono z Australii około 7 milionów ton piasku za szacunkowy koszt 450 milionów dolarów. Piasek został przetransportowany do Dubaju statkami, co było źródłem śladu węglowego wynoszącego 3 000 ton CO<sub>2</sub>.

\* odpady, które nie ulegają istotnym przemianom fizycznym, chemicznym lub biologicznym; są nierozpuszczalne, nie wchodzi w reakcje fizyczne ani chemiczne, nie powodują zanieczyszczenia środowiska lub zagrożenia dla życia lub zdrowia ludzi, nie ulegają biodegradacji i nie wpływają niekorzystnie na materię, z którą się kontaktują; ogólna zawartość zanieczyszczeń w tych odpadach oraz zdolność do ich wymywania, a także negatywne oddziaływanie na środowisko odcieku są nieznaczne, a w szczególności nie stanowią zagrożenia dla jakości wód powierzchniowych, wód podziemnych, gleby i ziemi [53]



Należy jednak podkreślić, że liniowy model ekonomiczny przyczynił się do rozwoju przemysłu, bowiem opierał się na dużych ilościach łatwo i szybko dostępnych oraz tanich surowców i energii. Bez tego niemożliwe byłoby osiągnięcie szybkiego rozwoju technologicznego, infrastrukturalnego i społecznego ludzkości. Z uwagi na brak oszczędnego podejścia do gospodarowania surowcami model liniowy musi zostać zastąpiony, ponieważ zasoby surowców ograniczone zostały do poziomu, w którym niemożliwe jest zapewnienie ciągłości produkcji i dostaw w przyszłości. Należy więc dokonać transformacji modeli biznesowych w aspekcie poprawy efektywności zarządzania surowcami i podjąć działania mające na celu ograniczenie nadmiernego wykorzystania zasobów naturalnych. W tym celu zaproponowano nowy model, jakim jest **gospodarka o obiegu zamkniętym, którego głównym założeniem jest utrzymanie materiałów w obiegu tak długo, jak to możliwe. W tym podejściu stawia się na maksymalizację wykorzystania potencjału surowca, wydłużenie czasu użytkowania materiałów lub ich ponowne wykorzystanie. Cyrkularny model gospodarczy powinien zatem zastąpić model liniowy, w trosce o oszczędność surowców, środowisko i społeczeństwo.**

**JAK WSPOMNIANO WCZEŚNIEJ, SEKTOR BUDOWNICTWA JEST NAJWIĘKSZYM KONSUMENTEM ZASOBÓW NATURALNYCH ZE WSZYSTKICH SEKTORÓW GOSPODARKI, DLATEGO TEŻ W NAJWIĘKSZEJ MIERZE NEGATYWNIE ODDZIAŁUJE NA ŚRODOWISKO. WPROWADZENIE ZASAD I DOBRYCH PRAKTYK ZWIĄZANYCH Z ZAWRACANIEM SUROWCÓW, A WIĘC Z GOSPODARKĄ O OBIĘGU ZAMKNIĘTYM, MOŻE ODWRÓCIĆ TEN TREND POPRZEC MAKSYMALIZACJĘ UŻYCIA SUROWCÓW ORAZ MATERIAŁÓW BUDOWLANYCH. JEST TO MOŻLIWE DZIĘKI PRZEMYSŁANYM I WSPÓLNYM DZIAŁANIOM WSZYSTKICH OSÓB ZAANGAŻOWANYCH W PROCES BUDOWLANY, OD PROJEKTOWANIA PRZEZ WZNOSENIE BUDYNKÓW I ICH EKSPLOATACJĘ PO ODZYSKIWANIE I PONOWNE ZASTOSOWANIE UŻYTYCH WCZEŚNIEJ MATERIAŁÓW I ELEMENTÓW.**

Materiały budowlane, które zostały wyeksploatowane zgodnie z pierwotnym przeznaczeniem powinny zyskać nowe życie, np. stać się częścią nowego budynku – to właśnie powinien być cel i misja architektury cyrkularnej. Równoległe z wdrażaniem koncepcji gospodarki o obiegu zamkniętym powinno dążyć się do stosowania materiałów o niskim wpływie na środowisko, uwzględniając ich ślad węglowy w całym cyklu życia oraz do minimalizacji zużycia energii lub wykorzystania energii odnawialnej.

Zaangażowani we wdrażanie zasad GOZ w budownictwie powinni być wszyscy interesariusze sektora budowlanego, począwszy od projektantów, poprzez producentów materiałów i firmy budowlane, skończywszy na deweloperach. Zespoły pracujące nad realizacją projektów budowlanych powinny zatem wspólnie ustalać i wdrażać konkretne rozwiązania, które zminimalizują użycie stale kurczących się zasobów surowców, wykorzystując w maksymalnym stopniu dostępne w obiegu materiały.

CZY  
**WIESZ,**  
ŻE...

## **DREWNO BUDOWLANE... NATURALNE, ODNAWIALNE, A CZY ZGODNE Z ZAŁOŻENIAMI GOSPODARKI O OBIĘGU ZAMKNIĘTYM?**

Z drewna można budować różne typy budynków, w tym domy, stodoły, szopy, a nawet całe miasta. Jest również bardzo dobrym materiałem izolacyjnym i może być stosowany w celu oszczędzania energii w budynkach. Ponieważ drewno jest lekkie, pracuje się z nim łatwo, a jego wykorzystanie wymaga mniej energii w porównaniu z innymi materiałami.

Ogólnie rzecz biorąc, drewno jest doskonałym materiałem do wdrażania gospodarki o obiegu zamkniętym. Było używane od wieków do budowy konstrukcji, które wytrzymują próbę czasu. Jego odnawialny charakter, efektywność energetyczna i trwałość sprawiają, że jest to idealny wybór dla zrównoważonych projektów budowlanych. Jednak należy wziąć pod uwagę jego zapotrzebowanie na wodę i ziemię, rozważając wykorzystanie go w budownictwie opartym na gospodarce o obiegu zamkniętym.

# KONCEPCJA GOZ: CELE I ZASADY

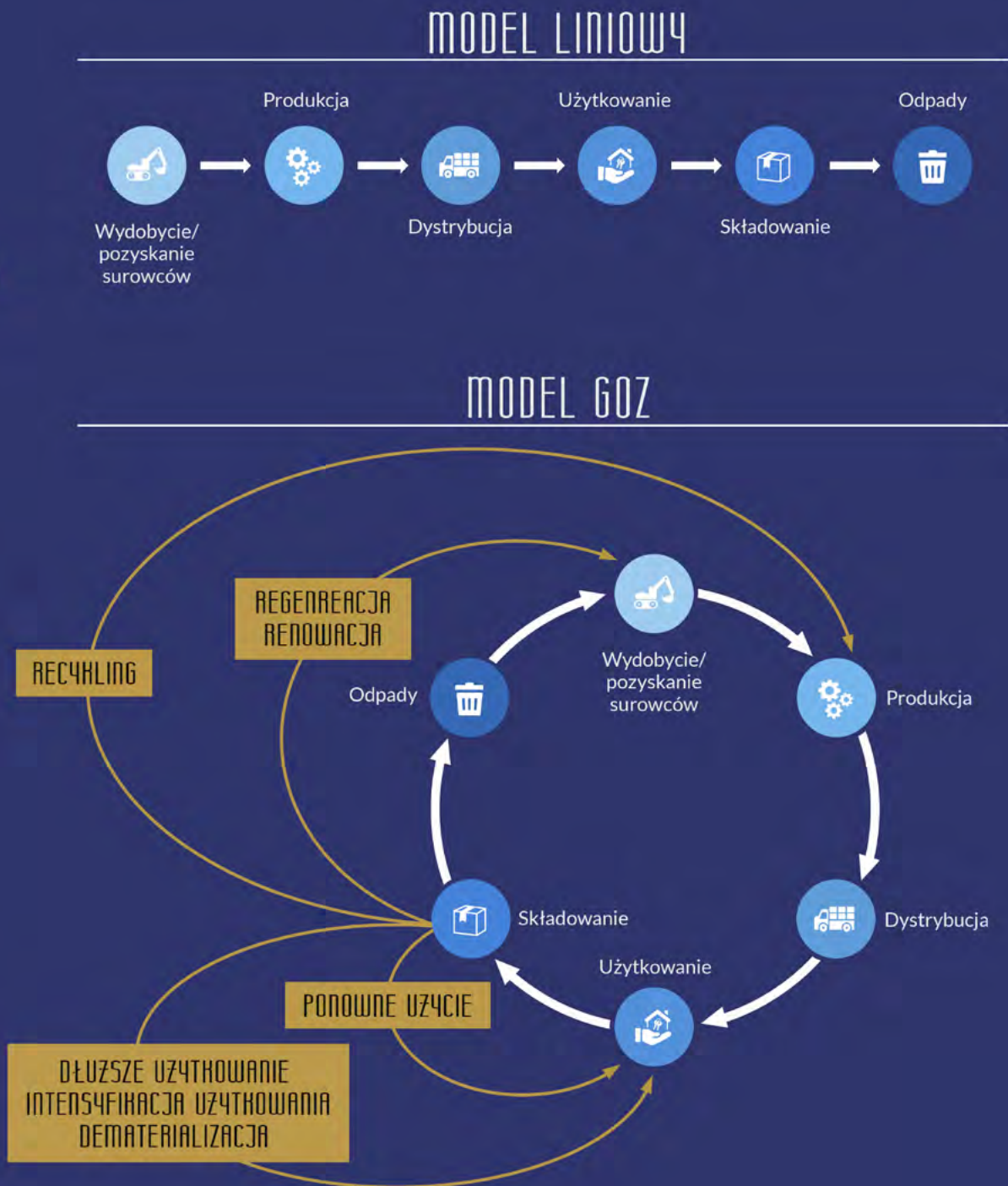
Gospodarka o obiegu zamkniętym to model, który zakłada utrzymanie surowców i produktów w obiegu tak długo jak to możliwe, przy zmaksymalizowaniu ich własnej wartości i utrzymaniu ich parametrów użytkowych, co stoi w opozycji do zasad gospodarki liniowej (rys. 1).

Rezultatem wdrożenia nowego modelu w skali globalnej będzie znaczne zmniejszenie zużycia zasobów naturalnych i ich ochrona dla przyszłych pokoleń.

Model gospodarki o obiegu zamkniętym został zaadaptowany ze środowiska naturalnego, w którym można zaobserwować zjawisko obiegu materii w ekosystemie, np. obumarłe rośliny stają się nawozem dla kolejnych upraw. Na podstawie naturalnego cyklu biologicznego można przedstawić cykl techniczny, w którym uprzednio wykorzystany produkt można wykorzystać ponownie. Inną formą działań wpisujących się w założenia GOZ jest współdzielenie produktów w celu maksymalizacji ich wykorzystania w czasie. Przykładem tego może być popularne obecnie współdzielenie samochodów lub rowerów.

Aby móc wdrażać model GOZ w praktyce, należy dokładnie poznać jego koncepcję i założenia dotyczące tego, jak materiały mogą krążyć w obiegu zamkniętym, jak można je wykorzystać, gdzie i na jakim etapie w pełnym cyklu życia produktów lub usług. Ważne jest również zrozumienie wartości projektowania poszczególnych produktów i usług, od którego w głównej mierze zależy możliwość domknięcia obiegów w różnych działaniach i stworzenie połączeń obiegu materiałów w danym przedsiębiorstwie lub pomiędzy gałęziami gospodarki (rys.1.). Odpowiedni wybór materiału użytego do wytworzenia produktu już na etapie projektowania umożliwi w przyszłości jego łatwe przetworzenie lub ponowne wykorzystanie. Dzięki temu produkty będą projektowane w sposób zrównoważony, z poszanowaniem zasobów naturalnych oraz z dbałością o środowisko. Podstawą jest proste założenie - na koniec swojego cyklu życia produkty nie będą odpadem, nie będą zanieczyszczać środowiska, lecz posłużą jako nowy materiał dla gospodarki.

► Rys. 1. Koncepcja modelu liniowego i modelu gospodarki o obiegu zamkniętym [12]





Przejęcie na gospodarkę o obiegu zamkniętym powinno być zmianą systemową. Wszystkie działania na każdym etapie łańcucha dostaw i wartości, we wszystkich sektorach i obszarach, a szczególnie tych kluczowych, powinny być ukierunkowane na zmiany związane z wprowadzaniem modelu GOZ. Ważne i konieczne jest również stworzenie warunków, w których gospodarka o obiegu zamkniętym może odnieść sukces, a co za tym idzie, stworzenie mechanizmów wsparcia i promocji rozwiązań proekologicznych, które w swych założeniach dbają o racjonalną gospodarkę surowcami, a w szczególności o ich wykorzystanie na poszczególnych etapach cyklu życia, począwszy od wdrożenia działań związanych z ponownym użyciem, dłuższym użytkowaniem, intensyfikacją użytkowania, dematerializacją, regeneracją, renowacją, a w końcu recyklingiem. Należy mieć na uwadze, że przejście gospodarki na model oparty na założeniach GOZ będzie procesem złożonym i czasochłonnym.

W raporcie Deloitte [9], przedstawiono wyniki analiz, z których wynika, że obecnie tylko 8,6% światowej gospodarki opiera się na modelu cyrkularnym. Świadczy to o tym, że zwracana do obiegu jest tylko mała część surowców pierwotnych. Na razie wydaje się to niewiele, jednak pokazuje, że taki model funkcjonuje i przynosi korzyści.

International Resource Panel [24] opublikował raport, w którym podano, że zrównoważone wykorzystanie surowców i energii, w tym ich zwracanie do obiegu może wnieść do światowej gospodarki dodatkowe 2 biliony dolarów do 2050 r. Zasobooszczędna polityka może zredukować zużycie surowców o 25%, co konsekwencji umożliwi wdrażanie i rozwój zrównoważonych gospodarek [12].

Według World Economic Forum [44] niektóre podmioty zarządzające odpadami, np. tymi pochodzącymi z sektora budownictwa, będą funkcjonować znacznie sprawniej dzięki wdrażaniu GOZ. Do 2023 roku gospodarka o obiegu zamkniętym mogła przynieść nawet 4,5 biliona dolarów korzyści ekonomicznych, głównie dzięki eliminacji odpadów i racjonalnemu korzystaniu z surowców. Samo przetworzenie odpadów budowlanych może przynieść około 315 milionów dolarów zysku rocznie.

Dodatkowo GOZ zakłada również m.in. przejście na energię odnawialną, która może zmniejszyć światowe emisje gazów cieplarnianych o 55% [45]. Biorąc pod uwagę, że budownictwo odpowiada za znaczną część całkowitego zużycia energii w krajach europejskich (42%), sektor ten jest uważany za jeden z priorytetowych, wymagających poprawy również w tej kwestii [16]. Wykorzystanie modelu GOZ w sektorze produkcyjnym, w szczególności w odniesieniu do cementu, aluminium, stali, tworzyw sztucznych i żywności może dać obniżenie emisji CO<sub>2</sub> o 3,7 mld ton do 2050 r., co jest równe emisji ze wszystkich form transportu [45].

Celem strategicznym GOZ jest zmiana systemowa, która finalnie pozwoli zastąpić linearny model gospodarki cyrkularnym, a celem priorytetowym jest redukcja ilości odpadów i wykorzystywanych surowców we wszystkich procesach, na każdym etapie oraz przedłużanie życia produktów, np. poprzez ich ponowne wykorzystywanie lub naprawę. Dopiero, jeśli nie można ponownie wykorzystać produktów lub materiałów, wdrażane zostają działania związane z recyklingiem, odzyskiem, przetwarzaniem czy kompostowaniem. Koncepcja ta wpisuje się w przyjęte przez UE cele związane z ochroną środowiska i zrównoważonym rozwojem, jednocześnie jest więc częścią obecnie tworzonych w tym zakresie regulacji i strategii.



**GOZ** zatem to **nie tylko ochrona środowiska, oszczędność zasobów, zmniejszenie zużycia energii, ale także ekonomiczna strategia**, skoncentrowana na budowaniu silnej gospodarki, która podąża drogą zrównoważonego rozwoju, z naciskiem na maksymalne wykorzystanie zasobów Ziemi. Jednocześnie jest to obowiązkowa zmiana, bez której w pewnym momencie świat nie będzie mógł dalej się rozwijać, stając przed kryzysem związanym z brakiem surowców.

**Głównym celem GOZ** jest utrzymanie trwałości i wartości materiałów oraz produktów w obiegu zamkniętym, co czyni go spójnym z dwunastym celem strategii zrównoważonego rozwoju: Odpowiedzialna konsumpcja i produkcja oraz akcje dla klimatu [72].

Gospodarka o obiegu zamkniętym oparta jest na różnych modelach biznesowych, uwzględniających w większym lub mniejszym zakresie cele GOZ, jednak wszystkie odzwierciedlają jego cel główny. Wszystkie te modele mają pomóc przedsiębiorstwom zdefiniować na jakim etapie, w którym procesie, czy też jak i czym zastąpić dany materiał, aby zaoszczędzić surowce i energię oraz wybrać przy tym korzystne ekonomicznie rozwiązanie.

Modele GOZ, powinny mieć zdefiniowane podstawowe wartości, którymi należy się kierować [5, 9, 14, 15, 42, 44, 45].

Rozwój GOZ i technologii powoduje ewolucję dotychczasowych koncepcji, tworząc nowe modele biznesowe regulujące zasady ich funkcjonowania i wdrażania. Trwają prace nad zdefiniowaniem oficjalnych i jednolitych wytycznych GOZ. W literaturze światowej można doszukać się opisów wielu koncepcji gospodarki o obiegu zamkniętym, a do najczęściej występujących należą: model 3R, model RESOLVE, model 7R, DISTRUPT, Circle Economy, IMSA iNORMA BS 8001. W niniejszym kompendium przedstawione zostały te, które mogą zostać najłatwiej zastosowane w branży budowlanej. Szczegółowe definicje oraz opisy modeli i koncepcji można znaleźć w literaturze [67]. Wymienione wyżej modele mogą służyć jako narzędzie do pracy przy wdrażaniu GOZ i stanowią wsparcie podczas procesu wyboru modelu biznesowego i wprowadzania zmian związanych z produkcją danego produktu lub usługi.

## GŁÓWNE ZASADY WDRAŻANIA MODELI GOSPODARKI CYRKULARNEJ



Unikaj szkodliwych substancji



Minimalizuj zużycie energii i zasobów  
(w fazie transportu i produkcji)



Minimalizuj zużycie energii i zasobów  
(w fazie użytkowania)



Projektuj tak, by dało się łatwo  
naprawić i rozbudować



Wydłużaj życie produktów



Minimalizuj masę produktów



Spraw, by produkt był odporny  
na czynniki zewnętrzne



Stosuj materiały (jeśli to tylko możliwe),  
które można wykorzystać ponownie



Unikaj wielomateriałowych elementów,  
które trudniej poddać recyklingowi



Projektuj w prostej bryle



Ciągle doskonal procesy i produkty



## MODEL 3R

Pierwszym opublikowanym modelem GOZ jest model 3R (rys. 2), oparty na podstawowych wytycznych dotyczących wdrażania GOZ w kontekście surowców i hierarchizacji gospodarowania zasobami. Zasady, którymi należy się kierować to: redukcja (reduce), ponowne użycie (reuse) i recykling (recycle). W koncepcji modelu podkreśla się myślenie oparte na cyklu życia produktów z uwzględnieniem ekoprojektowania oraz współpracy w całym łańcuchu wartości.

▼ Rys. 2. Model 3R



## MODEL RESOLVE

Bardziej kompleksowym modelem jest model ReSOLVE (rys. 3), który definiuje 6 zasad przedstawionych na rysunku 3:

► Rys. 3. Schemat koncepcji ReSOLVE, podstawy dla modelu gospodarki o obiegu zamkniętym [15]

Re

### REGENERATE | REGENERACJA

zasada wskazująca na konieczność dążenia w pierwszej kolejności do regeneracji materiałów i elementów danego produktu.

S

### SHARE | WSPÓŁUŻYTKOWANIE

zasada wskazująca na konieczność współdzielenia produktów czy usług, np. udostępnienie powierzchni czy też nieruchomości i ruchomości (np. car-sharing), dzięki czemu maksymalizuje się efektywność wykorzystania danego produktu.

O

### OPTIMISE | OPTYMALIZACJA

zasada polegająca na zwiększaniu wydajności procesów produkcji, minimalizacji powstawania odpadów, czy też wykorzystywaniu zbiorów danych i automatyzacji procesów tam, gdzie to możliwe.

L

### LOOP | ZAMYKANIE OBIEGÓW

zasada, w myśl której obiegi poszczególnych firm czy struktur są zamykane poprzez ponowne wykorzystanie komponentów, wprowadzenie recyklingu materiałów, odzysku składników biochemicznych z bioodpadów itp.

V

### VIRTUALISE | WIRTUALIZACJA

zasada odnosząca się do zastąpienia wykorzystania surowców materialnych poprzez wykorzystanie technologii (*smart technology*), np. zdalnego zarządzania budynkiem, jako formy pośredniej unikania transportu.

E

### EXCHANGE | WYMIANA

zasada, która bazuje na wymianie poszczególnych produktów lub usług na inne, ale także zawiera w sobie wykorzystanie nowych technologii, jak np. druku 3D, który może zastąpić kosztowną produkcję elementów wielorazowego lub jednorazowego użytku, upowszechnienie nowych form transportu (pojazdy elektryczne, hyperloop) oraz nowych produktów i usług, które mogą zastąpić obecne produkty z zasobów nieodnawialnych.

# ZASADY 7R

Model GOZ oparty na zasadach 7R (rys. 4), poza ponownym użyciem, uwzględnia także działania związane z naprawą lub odnową produktów, które w dzisiejszych czasach ponownie zaczynają cieszyć się zainteresowaniem konsumentów.

Adaptacja gospodarki o obiegu zamkniętym przez niektóre sektory będzie naturalną konsekwencją ekoprojektowania. Przykładem tego może być wybór trwalszego materiału wydłużającego żywotność produktu, co w przypadku niektórych będzie dużym wyzwaniem, szczególnie dla przemysłu ciężkiego, w którym występują trudne warunki produkcji i odpady niebezpieczne. Podążanie światowej gospodarki w kierunku cyrkularności jest działaniem, które pozwoli utrzymać obecne tempo rozwoju i sprostać zapotrzebowaniu na zasoby naturalne.

Każdorazowo jednak należy sprawdzić czy wdrażanie GOZ z punktu widzenia ekonomii i ochrony środowiska jest zasadne.

▼ Rys. 4. Schemat koncepcji 7R dla modelu gospodarki o obiegu zamkniętym [15]

# ZASADY 7R

## RETHINK

przemysł swoje nawyki związane z wyborem produktów, spróbuj ocenić czy dany materiał lub produkt jest potrzebny, czy możesz go czymś zastąpić i wybieraj materiały, które można ponownie wykorzystać lub przetworzyć

## REDUCE

ograniczaj zużycie energii, materiałów i wody zawsze, gdy to możliwe, zwracaj uwagę na wybór urządzeń o niskim zużyciu energii

## REUSE

wykorzystaj ponownie wszystko, co daje taką możliwość i unikaj przedmiotów jednorazowego użytku, maksymalnie wykorzystuj to, co już masz, szukaj produktów cyrkularnych, znajdź nowe zastosowania dla nieużywanych produktów

## REPAIR

zawsze najpierw rozważ naprawę wyrobów, urządzeń i sprzętów, wybieraj wyroby z drugiej ręki, z recyklingu, z rynku wtórnego

## REFURBISH

odnawiaj i odzyskuj stare przedmioty oraz materiały, wybieraj takie, które dają taką możliwość, ponownie wykorzystuj stare części lub komponenty, przekształcając je w nowe rzeczy

## RECYCLE

segreguj i przetwarzaj odpady, wybieraj produkty z recyklingu, zadbaj o to, aby wyroby i materiały, które wybierasz można było poddać recyklingowi i przetworzyć

## RECOVER

odzyskuj i wykorzystuj w całości lub częściowo odpady, które się do tego nadają



# EKONOMICZNE I ŚRODOWISKOWE EFEKTY WDRAŻANIA GOSPODARKI O OBIEGU ZAMKNIĘTYM W SKALI LOKALNEJ I GLOBALNEJ

Obecnie podejmuje się próby wdrażania modeli gospodarki o obiegu zamkniętym na wielu płaszczyznach. W celu przyśpieszenia tego procesu opracowywane i publikowane są liczne dokumenty i wymogi prawne. Zaobserwować można synergię z szerszym ekosystemem regulacyjnym, w tym taksonomią UE, metodologią śladu środowiskowego produktów, strategią na rzecz zrównoważonego rozwoju oraz innych dyrektyw i rozporządzeń dotyczących GOZ. Istnieje więc potrzeba usystematyzowania wiedzy w tym zakresie, wskazania precyzyjnych kierunków działań i stworzenia wytycznych, definicji i wskaźników, którymi można mierzyć rezultaty wdrażania GOZ [19].

## EFEKTY SPOŁECZNE



W wyniku kompleksowej transformacji gospodarki z modelu linearnego do cyrkularnego w wielu sektorach powstaną nowe miejsca pracy dla ludzi o różnych kwalifikacjach. Potrzebni będą eksperci i specjaliści, którzy przeprowadzą szereg zmian, zarówno legislacyjnych, jak i technologicznych, środowiskowych oraz społecznych, aby wdrożyć poprawnie modele GOZ w przedsiębiorstwach oraz szeroko pojętym środowisku gospodarczym. Szacuje się, że w UE powstanie 2 mln nowych miejsc pracy [18]. Wdrożenie GOZ pozwoli również na integrację społeczną ze względu na kwestie związane chociażby ze współdzieleniem i wprowadzeniem innych, nowych modeli biznesowych zorientowanych na integrację ludzi oraz zwiększy świadomość w zakresie środowiska i zasobów planety. Istotnym aspektem jest edukacja konsumentów i użytkowników w dokonywaniu selektywnych wyborów i podejmowaniu właściwych działań. Przykładem może być współdzielenie produktów czy przestrzeni, promując współpracę i budując społeczności, przy jednoczesnym zmniejszaniu poziomu konsumpcji.





## EFEKTY ŚRODOWISKOWE

Działania związane ze zmianą modelu i zamykaniem obiegów przyczynią się do oszczędności surowców i stanowią potencjał do ograniczenia niekorzystnego wpływu gospodarki na środowisko.

Efekty środowiskowe spowodowane przez branżę budowlaną mogą mieć różny charakter. Mogą obejmować zanieczyszczenie gleby i wody, zmiany w bioróżnorodności, emisję gazów cieplarnianych i pyłów, zmiany w krajobrazie, w akustyce i poziomie hałasu oraz zwiększone zapotrzebowanie na energię. Zanieczyszczenie gleby i wody wynika z niewłaściwego zarządzania odpadami i ściekami, a także z używania substancji chemicznych w procesie budowlanym. Natomiast zmiany w bioróżnorodności mogą wynikać m. in. z wycinki lasów i zmian w krajobrazie. Całość skutków spowodowanych przez nieodpowiednie działania jest określana jako **skumulowany efekt środowiskowy**. Są to zmiany w środowisku spowodowane łącznym oddziaływaniem przeszłych, obecnych i przyszłych działań oraz procesów [8]. Indywidualne bezpośrednie skutki poszczególnych działań mogą być stosunkowo niewielkie, ale w połączeniu z innymi odbijają się w znaczący, negatywny sposób na środowisku.

Skumulowany efekt środowiskowy może być wyznaczony z wykorzystaniem analiz cyklu życia (LCA, ang. *Life Cycle Assessment*), która pozwala na uwzględnienie wszystkich etapów cyklu życia, wszystkich elementów analizowanego systemu, jak również wszystkich potencjalnych negatywnych bądź pozytywnych rodzajów oddziaływania na środowisko.

Dzięki projektowaniu obiektów i wyrobów budowlanych zgodnie z ideą GOZ, a także adaptacji istniejącej infrastruktury i zabudowy oraz ponownego wykorzystania materiałów możliwa jest redukcja emisji CO<sub>2</sub> do atmosfery i zmniejszenie zanieczyszczenia gleby oraz wody.

Działania w kierunku GOZ są zbieżne z głównymi priorytetami UE związanymi z zatrudnieniem i wzrostem gospodarczym, zwiększeniem poziomu inwestycji, dbałością o klimat, optymalizacją zużycia energii, rozwojem społecznym, innowacjami przemysłowymi i innowacjami na rzecz zrównoważonego rozwoju. W sektorze budowlanym modele GOZ stanowią potencjał do wdrażania innowacyjnych rozwiązań, szczególnie **w sferze technologicznej przetwarzania odpadów, połączeń konstrukcyjnych i wykorzystania alternatywnych oraz łatwiej dostępnych surowców**, których zasoby są ograniczone.

Zmniejszenie emisji dwutlenku węgla w całym cyklu życia, czyli emisji wbudowanych i operacyjnych, a równocześnie wspieranie gospodarki cyrkularnej, są uznawane za kluczowe czynniki przy projektowaniu, budowie i eksploatacji budynków. Wzajemne powiązania oraz realizacja redukcji emisji CO<sub>2</sub> i GOZ jest globalnym wyzwaniem i tematem licznych dyskusji. Proponowane strategie wymagają ciągłych poszukiwań globalnych rozwiązań związanych z niedoborem zasobów i degradacją środowiska, a także zagrożeniami dla klimatu. GOZ i minimalizacja emisji CO<sub>2</sub> w dużej mierze się wspierają, jednak mogą pojawić się sytuacje i działania, w ramach których osiągnięcie maksymalnych efektów w obu strategiach równocześnie jest niemożliwe. W publikacji pt. „*Circular economy and carbon in construction*” [27], przy wykorzystaniu Diagramu Venna (rys. 5), zaprezentowano wzajemne powiązania i rozbieżności w pomiędzy realizacją założeń redukcji emisji CO<sub>2</sub> i wdrażania GOZ.



GOZ



▲ Rys. 5. GOZ a redukcja emisji CO<sub>2</sub>





## EFEKTY EKONOMICZNE I GOSPODARCZE

Jednym z oczekiwanych efektów pośrednich wprowadzenia GOZ jest uniezależnienie krajowych gospodarek od importu surowców spoza kontynentu. W tym celu należy maksymalnie wykorzystać wprowadzone na rynek zasoby, zamykając je w obiegu zamkniętym – używając ponownie i odzyskując po wcześniejszym wykorzystaniu ich w innych procesach. Rozwój gospodarki o obiegu zamkniętym przyczyni się do większej konkurencyjności poszczególnych gospodarek, chroniąc przedsiębiorstwa przed zachwianiem stabilności produkcji i dostaw, gdy dojdzie do wyczerpania surowców. Rozwój GOZ zabezpiecza również przed niestabilnością cen surowców, szczególnie związaną ze wzmożonym eksportem i importem transkontynentalnym. GOZ przynosi zatem korzyści związane z nowymi rozwiązaniami biznesowymi, technologicznymi i wspiera rozwój działalności innowacyjnej, a także bardziej wydajne sposoby produkcji. Jako, że GOZ związany jest przede wszystkim z oszczędnością surowców, powinno się zwracać szczególną uwagę na te surowce, których zasoby się kończą lub są słabo dostępne i występujące na niewielkich lub niedostępnych obszarach. Obecnie większość surowców na liście surowców krytycznych jest pozyskiwana tylko w kilku krajach: głównie w Chinach, Rosji, USA, Demokratycznej Republice Konga czy Brazylii. Stąd wzmacnianie niezależności i wykorzystywanie surowców znajdujących się już w obiegu jest kluczowe, szczególnie dla ubogiej w zasoby naturalne gospodarki UE.

Pozyskiwanie surowców związane jest nie tylko bezpośrednio z produkcją, ale również z rozwojem nowych, alternatywnych technologii pozyskiwania i magazynowania energii.

Przejście na gospodarkę o obiegu zamkniętym może okazać się jedną z najbardziej pożądanych zmian współczesnego świata. Szacunkowe wartości zaprezentowane w raporcie Deloitte pokazują, że Unia Europejska mogłaby uzyskać oszczędności rzędu 630 miliardów dolarów netto, tj. około 3% PKB, wdrażając model gospodarki o obiegu zamkniętym [9]. Nawet niewielkie zmiany w sposobie gospodarowania materiałami mogą przynieść gospodarce ogromne korzyści, zarówno na poziomie krajowym, jak i światowym. Wraz ze zwiększaniem dostępności surowców można zaobserwować zwiększenie podaży i popytu, a w efekcie znaczny wzrost PKB. Szereg zasad i wytycznych dotyczących cyrkularności, mających na celu wydłużenie życia budynku, jego ponowne wykorzystanie lub adaptację do innych celów oraz optymalizację zużycia materiałów może radykalnie ograniczyć koszty sektora budowlanego. Według analiz World Economic Forum oszczędności wynikające z wprowadzenia modelu cyrkularnego do sektora budowlanego Unii Europejskiej do roku 2030, mogą wynieść ponad 1 bilion EUR w porównaniu ze stanem obecnym. Blisko 30% tych korzyści może być osiągnięte dzięki optymalizacji wykorzystania surowców pierwotnych, paliw i energii elektrycznej pochodzącej ze źródeł nieodnawialnych [44].

CZY  
**WIESZ,**  
ŻE...

### BETON KONOPNY – JAK TO MOŻLIWE?

Standardowy beton to mieszanka kruszywa mineralnego i cementu, natomiast w przypadku betonu konopnego rolę kruszywa pełnią kawałki paździerzy konopnych produkowanych ze słomy konopnej (konopie przemysłowe) zmieszanych na mokro ze spoiwem na bazie wapna. Beton konopny może być wykorzystany w konstrukcjach drewnianych jako wypełnienie przegród i może pełnić formę usztywnienia konstrukcji. Z uwagi na niski współczynnik przewodności cieplnej może również stanowić dobrą termoizolację. Co więcej beton konopny jest niepalny i odporny na rozwój grzybów i pleśni, a po rozbiórce podlega 100% rozkładowi.

# GOZ W PRAWODAWSTWIE

## UNIA EUROPEJSKA

Od 2015 roku UE systematycznie wprowadza regulacje, które stymulują proces przejścia z modelu linearnego do modelu gospodarki o obiegu zamkniętym. W 2020 roku powstało ponad 80 nowych dyrektyw unijnych i planów działań na kolejne lata, związanych z GOZ. Najważniejsze z nich przedstawiono na poniższym schemacie (rys. 6.). Dokumenty te należy więc traktować nie jako propozycję, którą można wdrożyć, a wytyczne koniecznych zmian, które im szybciej zostaną wdrożone, tym większe efekty przyniosą.

## PLAN DZIAŁANIA NA RZECZ GOSPODARKI O OBIEGU ZAMKNIĘTYM

W roku 2015 przyjęto pierwszy plan działań na rzecz gospodarki o obiegu zamkniętym UE pt. „Zamknięcie obiegu – plan działania UE dotyczący gospodarki o obiegu za-

mkniętym” [51], którego nadrzędnym celem jest zmniejszanie ilości wytwarzanych odpadów i zwiększenie efektywności wykorzystania zasobów naturalnych poprzez ich recykling i ponowne wykorzystanie. W planie zostały przedstawione obszary, w których konieczne jest wdrożenie GOZ, takie jak produkcja, konsumpcja, gospodarowanie odpadami, stymulowanie rynku surowców wtórnych i ponowne wykorzystywanie wody. Wskazano również priorytetowe obszary, w których należy podjąć działania w kierunku GOZ w pierwszej kolejności. Są to obszary takie jak: tworzywa sztuczne, odpady spożywcze, surowce krytyczne, odpady z budowy i rozbiórki oraz biomasa i bioprodukty. Plan precyzuje konkretne zadania, jakie należy podjąć w celu skutecznego wdrożenia GOZ (np. innowacje, inwestycje oraz środki horyzontalne), a także ustala sposób monitorowania postępów w realizacji jego założeń.

▼ Rys. 6. Oś czasu wdrażanych uregulowań prawnych GOZ





### **ROZSZERZONA ODPOWIEDZIALNOŚĆ PRODUCENTÓW (ROP)**

W 2015 roku UE przyjęła plan działania na rzecz gospodarki o obiegu zamkniętym, w wyniku którego zaczęto wprowadzać zmiany prawne. Początkowo dokument ten dotyczył odpadów, opakowań i tworzyw sztucznych, a także ekoprojektowania i rozszerzonej odpowiedzialności producentów (tzw. ROP) [47]. W sektorze budowlanym ROP ma zastosowanie do często wykorzystywanych produktów wykonanych z tworzyw sztucznych. Przykładem mogą być tutaj ramy okienne wyprodukowane z PVC, których recykling jest utrudniony z uwagi na złożoność konstrukcji i liczbę elementów. Pakiet zmian dyrektyw odpadowych, przyjętych w 2018 roku wprowadził znaczące zmiany w zakresie gospodarki odpadami i wykorzystywania opakowań. Ograniczył on możliwość składowania odpadów oraz wprowadził wysokie wymagania co do poziomu recyklingu poszczególnych frakcji odpadów. To również dało początek myśleniu o odpadach w kontekście GOZ. Powstały w tym czasie również ramy monitorowania GOZ, określające pierwsze zasady tej koncepcji.

### **EUROPEJSKA STRATEGIA NA RZECZ TWORZYW SZTUCZNYCH SINGLE USE PLASTIC (SUP)**

Europejska strategia na rzecz tworzyw sztucznych, która została ogłoszona w 2019 r. i idąca w ślad za nią Dyrektywa plastikowa [48] (tzw. SUP, ang. *Single Use Plastic*) spowodowały duże zmiany na rynku tworzyw sztucznych. Celem ich wprowadzenia było podniesienie poziomu recyklingu i zmniejszenie ilości tworzyw sztucznych na rynku. Dyrektywa SUP koncentruje się przede wszystkim na istotnym ograniczeniu i zakazie stosowania produktów jednorazowego użytku wykonanych z tworzyw sztucznych. Dyrektywy odpadowe i Dyrektywa plastikowa wprowadzają rozszerzoną odpowiedzialność producenta za odpady opakowaniowe po produktach wprowadzonych przez niego na rynek, doprowadzając do zamykania obiegów tworzyw sztucznych.

### **EKOPROJEKTOWANIE**

W 2019 roku przyjęto również pakiet zmian dyrektyw dot. ekoprojektowania [17]. Celem ekoprojektowania jest zmniejszenie negatywnego wpływu na środowisko naturalne w całym cyklu życia produktu, m.in. poprzez wprowadzenie wymagań dotyczących efektywności energetycznej, wykorzystywanych materiałów czy trwałości i możliwości naprawy.

### **EUROPEAN GREEN DEAL - EUROPEJSKI ZIELONY ŁĄD**

Komisja Europejska (KE) w 2019 roku stworzyła i opublikowała nowy plan działania dla Europy pod nazwą Europejski Zielony Łąd [54], którego jednym z elementów jest gospodarka o obiegu zamkniętym. Europejski Zielony Łąd przedstawia szereg działań mających na celu osiągnięcie neutralności klimatycznej Europy do 2050 r., co w kontekście GOZ oznacza m.in. odpowiedzialnie projektowane produkty, zmniejszenie ilości odpadów i wzmocnienie możliwości konsumentów w zakresie m.in. możliwości naprawy produktów, wymiany elementów, jak również zwiększenie trwałości materiałów i myślenie o elementach jako o takich, które w przyszłości można będzie ponownie wykorzystać. W lutym 2021 roku plan działania UE dotyczący GOZ został przyjęty przez KE, wytyczając kierunki i obszary, w których należy podjąć dodatkowe działania na rzecz wdrożenia gospodarki neutralnej pod względem emisji CO<sub>2</sub>, zrównoważonej środowiskowo, wolnej od toksyn i o całkowicie zamkniętym obiegu do 2050 r., w tym przyjęcie bardziej rygorystycznych przepisów dotyczących recyklingu.



## FIT FOR 55

Jednym z ważniejszych działań bezpośrednio wpływających na wdrażanie GOZ jest pakiet propozycji legislacyjnych zwanych Fit for 55 [65], który Komisja Europejska przyjęła w lipcu 2021 r. Celem wprowadzenia tego pakietu ma być unowocześnienie prawodawstwa, szczególnie w zakresie osiągnięcia wyznaczonych celów na 2030 r. i wsparcie we wprowadzaniu zmian transformacyjnych w gospodarce, społeczeństwie i przemyśle. Działania te mają wspomóc osiągnięcie neutralności klimatycznej do 2050 r. oraz do 2030 r. zmniejszyć emisje CO<sub>2</sub> netto o co najmniej 55% w porównaniu do roku 1990. Pakiet Fit for 55 obejmuje wspieranie zrównoważonych produktów, wzmocnienie pozycji konsumentów w zakresie ekologicznej transformacji, przegląd przepisów dotyczących produktów budowlanych oraz strategię dotyczącą zrównoważonych produktów i usług [45].

## TAKSONOMIA UE

W czerwcu 2020 r. weszły w życie przepisy dotyczące jednolitego systemu klasyfikacji zrównoważonych inwestycji (ang. *EU Taxonomy for sustainable activities*). Rozporządzenie KE w sprawie Taksonomii [52] ustanawia kryteria pozwalające określić, czy dana działalność gospodarcza może być uznana za zrównoważoną. Strategia ta wyznacza kierunki transformacji modeli biznesowych wspierających realizację sześciu celów środowiskowych:

- łagodzenie zmian klimatu
- adaptacja do zmian klimatu
- zrównoważone wykorzystywanie i ochrona zasobów wodnych i morskich
- przejście na gospodarkę o obiegu zamkniętym
- zapobieganie zanieczyszczeniu i jego kontrola
- ochrona i odbudowa bioróżnorodności i ekosystemów.

Od 2022 r. obowiązują już techniczne kryteria kwalifikacji dla pierwszych dwóch celów, natomiast dla pozostałych opublikowano projekty rozporządzeń, które powinny być zatwierdzone do końca 2023 r.

Według założeń taksonomii, działalność gospodarczą kwalifikuje się jako zrównoważoną środowiskowo, jeżeli spełnia wszystkie cztery wymienione poniżej warunki:

wnosi istotny wkład w realizację co najmniej jednego z sześciu celów środowiskowych ujętych w taksonomii

nie wyrządza poważnych szkód dla żadnego z celów środowiskowych

jest prowadzona zgodnie z minimalnymi gwarancjami

spełnia techniczne kryteria kwalifikacji

## CZY WIESZ, ŻE...

### STARSZE BUDYNKI – NIEKONIECZNIE MNIEJ CYRKULARNE...

Materiały stosowane w budynkach wznoszonych w ubiegłym wieku często są łatwiejsze do naprawy lub recyklingu, ponieważ zwykle były konstruowane z wykorzystaniem naturalnych materiałów, takich jak kamień lub drewno. Przykładem tego mogą być ściany wykonane z cegły z zastosowaniem zaprawy wapiennej, którą można łatwo usunąć, a oczyszczone cegły ponownie wykorzystać. W przypadku obecnie stosowanej zaprawy cementowej, niejednokrotnie wzbogacanej różnego typu polimerowymi dodatkami, jej usunięcie staje się prawie niemożliwe, co skutkuje brakiem możliwości ponownego wykorzystania cegieł.

Najważniejszym dokumentem wprowadzającym regulacje wchodzące ściśle w zakres gospodarki o obiegu zamkniętym jest Rozporządzenie Parlamentu Europejskiego i Rady (UE) 2020/852 wraz z późniejszymi zmianami i aktami delegowanymi. Dokumenty te wymuszają zmiany w innych regulacjach, rozporządzeniach oraz wytycznych związanych z wprowadzaniem, monitorowaniem i wdrażaniem gospodarki o obiegu zamkniętym. Bardzo dokładnie precyzuje ono odpowiedzialność w zakresie np. instalacji w budownictwie oraz odnośnie odpadów budowlanych i elementów, które należy ponownie wykorzystać.



## ISLANDIA

Na Islandii wdrażanie GOZ uwzględnione zostało w strategii opracowanej w 2021 roku przez Ministerstwo Środowiska, Energii i Klimatu (is. *Umhverfis-, orku- og loftslagsráðuneytið*) [28], której wdrażanie podzielone jest na sześć obszarów tematycznych. Realizacja każdego z obszarów zachodzić będzie w okresach dwuletnich. I tak, na lata 2024-2025 zaplanowano aktywności związane ze wzmocnieniem GOZ w sektorze budownictwa, kładąc nacisk głównie na ograniczenie ilości generowanych odpadów budowlanych oraz zwiększenie ich ponownego wykorzystania poprzez m.in., bardziej selektywne sortowanie. Ponadto, w ramach mapy drogowej w kierunku zrównoważonego budownictwa do 2030 roku (is. *Byggingum grænni framtíð*) [69], uwzględniono szereg celów i działań cyrkularnych, kierując się koniecznością ograniczenia emisji dwutlenku węgla z działalności budowlanej. Przede wszystkim do roku 2030 planowane jest zwiększenie ponownego wykorzystania odpadów budowlanych do poziomu 95% oraz 30-procentowa redukcja generowanych odpadów w odniesieniu do metra kwadratowego powierzchni budynku. Aby to umożliwić, zaplanowano szereg działań, takich jak mapowanie budynków planowanych do rozbiórki, otwarcie składowisk dla odpadów budowlanych mających potencjał do ponownego użycia, czy też zmiana przepisów w kierunku umożliwienia certyfikacji materiałów budowlanych z odzysku.

## POLSKA

W 2019 roku została przyjęta przez polski rząd **Mapa drogowa transformacji w kierunku gospodarki o obiegu zamkniętym**. Zawiera ona zestaw narzędzi, nie tylko legislacyjnych, które mają na celu stworzenie warunków do wdrożenia w Polsce nowego modelu gospodarczego [35]. Wyszczególniono następujące priorytety:

- innowacyjność, wzmocnienie współpracy pomiędzy przemysłem i sektorem nauki, a w efekcie wdrażanie nowatorskich rozwiązań w gospodarce
- stworzenie europejskiego rynku na surowce wtórne, na którym łatwiejszy byłby ich przepływ
- zapewnienie wysokiej jakości surowców wtórnych, które wynikają ze zrównoważonej produkcji i konsumpcji
- rozwój sektora usług.

Najważniejszym dokumentem w kontekście wdrażania podejścia cyrkularnego w polskiej gospodarce jest nowelizacja ustawy o odpadach [53], która wprowadza obowiązek selektywnego zbierania odpadów budowlanych i rozbiórkowych w podziale na co najmniej sześć frakcji: drewno, metale, szkło, tworzywa sztuczne, gips, odpady mineralne (w tym beton, cegłę, płytki i materiały ceramiczne) oraz kamienie. Za nieprzewodzenie selektywnego zbierania i sortowania odpadów budowlanych i rozbiórkowych przewidziano kary administracyjne w wysokości od 1 000 zł do 1 000 000 zł. Nowe zapisy podkreślają również kwestie ograniczania powstawania odpadów, ponownego użycia materiałów i projektowania produktów z uwzględnieniem materiałów z recyklingu, a także ponownego użycia. W wyniku nowelizacji ustawy zabroniono umieszczania na składowiskach odpadów selektywnie zebranych odpadów przeznaczonych do recyklingu lub ponownego użycia. Ponadto w ustawie określono obowiązek wskazania sposobu i raportowania zagospodarowania wytworzonych odpadów budowlanych przez każdy podmiot, który uzyskał pozwolenie na prowadzenie robót budowlanych lub rozbiórkowych.



# CYRKULARNE PROJEKTOWANIE, BUDOWA, EKSPLOATACJA I DEKONSTRUKCJA





# GOZ W BUDOWNICTWIE

Budynki zaspokajają wiele z kluczowych potrzeb człowieka. Od początku istnienia człowiek potrzebował schronienia, m.in. przed niekorzystnymi warunkami atmosferycznymi czy dzikimi zwierzętami. Wraz z rozwojem cywilizacji budowle wznoszone przez człowieka stały się coraz bardziej zaawansowane i zaczęły zaspokajać również inne jego potrzeby. Obecnie budynki są odpowiednio projektowane i wznoszone z uwzględnieniem ich przeznaczenia, przez co można wyróżnić różne typy budynków, np. szkoły, szpitale, domy jedno- i wielorodzinne, budynki komercyjne i inne. Należy jednak podkreślić, że większość budynków nie jest wznoszona zgodnie z zasadami zrównoważonego rozwoju. Dzisiejszy sposób konstruowania czy modernizowania budynków wykorzystuje naturalne zasoby, przetwarzając je na wyroby budowlane, które są następnie użytkowane i traktowane jako odpad, bez szansy na ponowne użycie lub recykling. Takie liniowe podejście przyczynia się do nadmiernego zubożania zasobów Ziemi i prowadzi do zwiększonego wytwarzania odpadów oraz globalnych emisji gazów cieplarnianych.

Według Fundacji Ellen MacArthur większość obecnie wznoszonych budynków opiera się na koncepcji liniowej i tylko od 20% do 30% odpadów budowlanych i rozbiórkowych podlega recyklingowi lub ponownemu wykorzystaniu. O tym, że obecny model konsumpcji nie jest zrównoważony świadczą szacunki, że do 2025 r. roczne wytwarzanie odpadów stałych wzrośnie do 2,2 mld ton, a frakcja budowlana będzie stanowiła prawie połowę tej masy. [11]

W UE odpady budowlane stanowią 37,1% wszystkich generowanych odpadów, przy czym w Polsce jest to ok. 13%, a na Islandii około 50% (wg danych na rok 2020). Znaczna część tych odpadów zostaje wykorzystana jedynie w formie materiału wypełniającego, np. do budowy dróg. Szacunkowe dane z Islandii wskazują, że ok. 98% odpadów jest w ten sposób zagospodarowana, natomiast w Polsce jest to mniej niż 70% [13]. Równocześnie ponad połowa światowych emisji dwutlenku węgla w przemyśle pochodzi z produkcji zaledwie pięciu materiałów: stali (25%), cementu (19%), papieru (4%), plastiku i aluminium (3%). Przemysł budowlany jest głównym konsumentem cementu, zużywa około 26% aluminium, 50% stali i 25% plastiku. [41]

Szacuje się, że do roku 2050 globalna populacja wzrośnie o 22%, do 9,7 mld, a według Circularity Gap Reporting Initiative, 60% infrastruktury miejskiej potrzebnej dla zaspokojenia tego wzrostu dziś nie istnieje [7]. Przy obecnym modelu konsumpcji nietrudno wyobrazić sobie obciążenie środowiska i niedobór materiałów, do których doprowadzi stworzenie tej infrastruktury, tym bardziej, że od dłuższego czasu obserwuje się intensywny proces urbanizacji. Obecnie miasta są domem dla 55% populacji globalnej. Zużywają one ponad 75% zasobów naturalnych, produkują ponad 50% wszystkich globalnych odpadów i emitują 60-80% globalnych gazów cieplarnianych. [43]

W trakcie projektowania i eksploatacji budynku możemy dokonywać wyborów, które będą miały konsekwencje w zużyciu surowców mineralnych. Wybory te związane są nie tylko z wykorzystanymi materiałami budowlanymi, ale również gotowymi elementami, np. mocującymi, jak również zużyciem ciepła i energii elektrycznej w całym cyklu życia. Aby uzyskać pełny obraz sytuacji należy zdobyć precyzyjne dane o zużyciu materiałów w ujęciu ilościowym, ale również jakościowym. Jakość środowiskowa danego materiału jest wyrażona kategoriami wpływu i wskaźnikami (np. zawartymi w kartach EPD), a w przypadku GOZ istotnym jest zużycie surowców mineralnych (ang. *Abiotic Depletion Potential*), który zawiera informację o rzadkości występowania materiałów.

BUDOWNICTWO UWAZANE JEST  
ZA JEDEN Z NAJBARDZIEJ ZASOBOCHŁONNYCH SEKTORÓW,  
W KTÓRYM NAJCZĘŚCIEJ WYKORZYSTUJE SIĘ MATERIAŁY:

WYTWORZONE PRZEZ  
PRZERÓBKĘ MATERIAŁÓW  
NATURALNYCH

NATURALNE

np. kamień, drewno

SYNTETYCZNE

np. tworzywa sztuczne,  
szkło i ceramika.

np. metale, kruszywa, wyroby  
drewnopochodne, beton,  
lepiszcza bitumiczne, ceramika,  
szkło, spoiwa



Znajomość wskaźnika ADP dla materiałów jest niezbędna do wyliczenia wskaźników cyrkularności omówionych w dalszej części kompendium. Przykładowe wartości ADP zostały zawarte w załączniku do niniejszego opracowania, pozyskane z dostępnych baz danych i należy je traktować jako wartości szacunkowe, w dużym stopniu reprezentatywne dla danych typów urządzeń czy też materiałów budowlanych. W trakcie projektowania budynku najlepszym rozwiązaniem jest posługiwanie się precyzyjnymi paszportami materiałowymi, zawierającymi dane dla konkretnego zastosowanego elementu. Cyfrowe paszporty produktów są obecnie przedmiotem dyskusji, która skupia się przede wszystkim na zakresie danych, jakie powinny być ujęte oraz jakie produkty powinny być objęte paszportami w pierwszej kolejności.

Paszporty materiałowe zawierają szczegółowe informacje na temat materiałów użytych do produkcji danego wyrobu, dzięki czemu podejmowanie decyzji zgodnych z zasadami gospodarki o obiegu zamkniętym jest o wiele bardziej precyzyjne i ułatwione. Utworzony w projekcie BAMB [55] system paszportów materiałowych stał się inspiracją i podstawą do powstania innych inicjatyw dotyczących danych materiałowych. Idealnym rozwiązaniem w tej kwestii byłoby wydawanie paszportów materiałowych dla każdego produktu, co w efekcie umożliwiłoby przeprowadzenie pełnej oceny cyrkularności przedsięwzięcia oraz pozwoliłoby na dokonywanie świadomych wyborów materiałów i elementów do realizacji inwestycji budowlanych.

Rosnąca liczba uregulowań prawnych świadczyć może nie tylko o tym, że gospodarka o obiegu zamkniętym będzie modelem pożądanym przez całą Unię Europejską, ale również koniecznym, szczególnie dla sektora budownictwa. Przedsiębiorstwa i całe sektory, które szybciej rozważą GOZ pod kątem korzyści i zmienią swoje modele biznesowe domykając obiegi na różnych płaszczyznach, z całą pewnością będą mogły spodziewać się szybszych efektów i będą przygotowane na moment, w którym prowadzenie działalności w zgodzie z GOZ będzie obowiązkowe, zarówno ze względu na brak surowców pierwotnych, jak i na uregulowania prawne.

## GOZ w zrównoważonym rozwoju to:

- 1 Odpowiedzialne wykorzystanie materiałów - minimalizowanie marnotrawstwa surowców i energii oraz maksymalizowanie wykorzystania zasobów poprzez ich ciągłe przetwarzanie i odzyskiwanie.  
Zwiększenie efektywności energetycznej. W gospodarce o obiegu zamkniętym priorytetem jest minimalizowanie zużycia energii. Dlatego sektor budownictwa może skorzystać z rozwiązań zwiększających efektywność energetyczną budynków, takich jak izolacje termiczne, energooszczędne systemy wentylacyjne i oświetlenie LED, co przyczynia się do oszczędności energii oraz kosztów związanych z eksploatacją budynków.
- 2 Odpowiedzialność za środowisko naturalne. Gospodarka o obiegu zamkniętym sprzyja redukcji emisji gazów cieplarnianych oraz zanieczyszczeń powietrza i wody. Sektor budownictwa, który jest odpowiedzialny za znaczący udział emisji CO<sub>2</sub>, może poprzez zastosowanie rozwiązań zgodnych z ideą GOZ, takich jak budynki pasywne, panele fotowoltaiczne czy kolektory słoneczne, przyczynić się do ograniczenia negatywnego wpływu na środowisko naturalne.
- 3 Tworzenie nowych rynków i miejsc pracy. Wdrażanie koncepcji gospodarki o obiegu zamkniętym wymaga opracowania nowych rozwiązań i technologii, co może stworzyć nowe rynki oraz miejsca pracy w sektorze budownictwa, w tym w dziedzinie projektowania, produkcji, montażu i utrzymania nowoczesnych rozwiązań związanych z GOZ.
- 4

## WPLÝW WYROBÓW BUDOWLANÝCH NA ŚRODOWISKO

### EMISJA GAZÓW CIEPLARNIANYCH

Produkcja materiałów budowlanych jest związana z emisją gazów cieplarnianych czy też innych szkodliwych substancji (zawartych np. w farbach, powłokach lakirowanych, wykładzinach syntetycznych itp.). Wybór materiałów o mniejszym wpływie na środowisko naturalne, takich jak materiały ekologiczne, cyrkularne, z recyklingu czy naturalne, pozwala na ograniczenie emisji.

### ZUŻYCIE ENERGII I WODY

Produkcja materiałów budowlanych wymaga znacznej ilości energii i wody. Wybierając materiały o mniejszym zapotrzebowaniu na energię i wodę, można zredukować zużycie zasobów pierwotnych.

### ODPADY I RECYCLING

W sektorze budowlanym generowane są duże ilości odpadów. Wybór materiałów, które można łatwo zrecyklingować lub wykorzystać w inny sposób, pozwala na ograniczenie ilości odpadów i obniżenie kosztów ich utylizacji.

### KWALIFIKACJE MATERIAŁÓW

Niektóre materiały budowlane, takie jak w przeszłości azbest, mogą być szkodliwe dla zdrowia człowieka i środowiska naturalnego. Wybierając materiały bezpieczne dla środowiska, można zmniejszyć ryzyko negatywnych skutków dla zdrowia i środowiska.

### ZRÓWNOWAŻONY ROZWÓJ

Wybierając materiały zrównoważone, do których produkcji wykorzystano odnawialne źródła energii, materiały z ponownego użycia lub recyklingu przyczyniają się do zrównoważonego rozwoju i tworzenia bardziej ekologicznych budynków i infrastruktury oraz osiągnięcia celów GOZ.



# CELE PROJEKTOWANIA CYRKULARNEGO

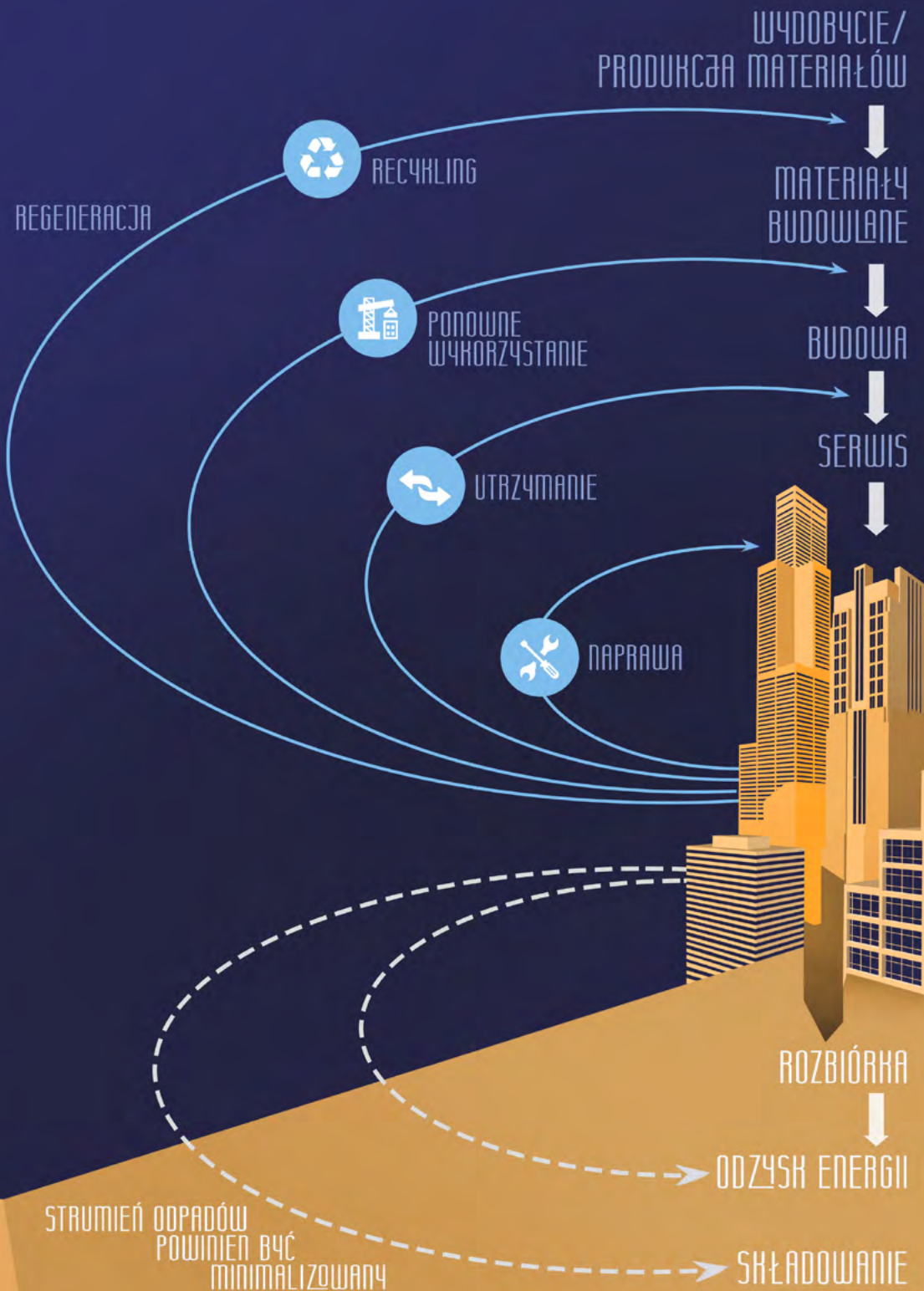
Odpowiedzią na ogromny wpływ budownictwa na zubażanie zasobów Ziemi i rosnącego zanieczyszczenia środowiska jest budownictwo cyrkularne, które polega na efektywnym wykorzystaniu materiałów w całym cyklu życia. Gospodarka o obiegu zamkniętym w budownictwie oznacza maksymalne wykorzystanie użytych materiałów, w pierwszej kolejności poprzez długofalowe planowanie i projektowanie z myślą o dłuższym czasie użytkowania i z możliwością łatwej zmiany pełnionej funkcji budynku, naprawę i utrzymanie zasobów budowlanych, ponowne wykorzystanie oraz recykling.

Najważniejsze zasady projektowania budynków cyrkularnych:

- priorytetowe wykorzystanie lokalnych lub łatwo dostępnych zasobów
- optymalizacja wykorzystania zasobów pierwotnych
- zmniejszenie zużycia energii w całym cyklu życia
- zapewnienie trwałości produktu i możliwości napraw lub upcyklingu
- ekoprojektowanie ukierunkowane na zmniejszenie śladu środowiskowego, w tym śladu materiałowego
- ciągły rozwój, ulepszanie projektowania z uwzględnieniem zmiany strumieni surowców lub nowego zastosowania produktów.

Zgodnie z założeniami Fundacji Ellen MacArthur [73] wdrażanie ww. zasad, dzięki wykorzystaniu nowych technologii i modeli biznesowych (rys. 7), może obniżyć koszty produkcji, zmniejszyć negatywny wpływ na środowisko i sprawić, że obszary zurbanizowane będą bardziej przyjazne do życia, produktywne i wygodne.

► Rys. 7. Diagram gospodarki o obiegu zamkniętym dla sektora budowlanego wg Fundacji Ellen MacArthur [73]





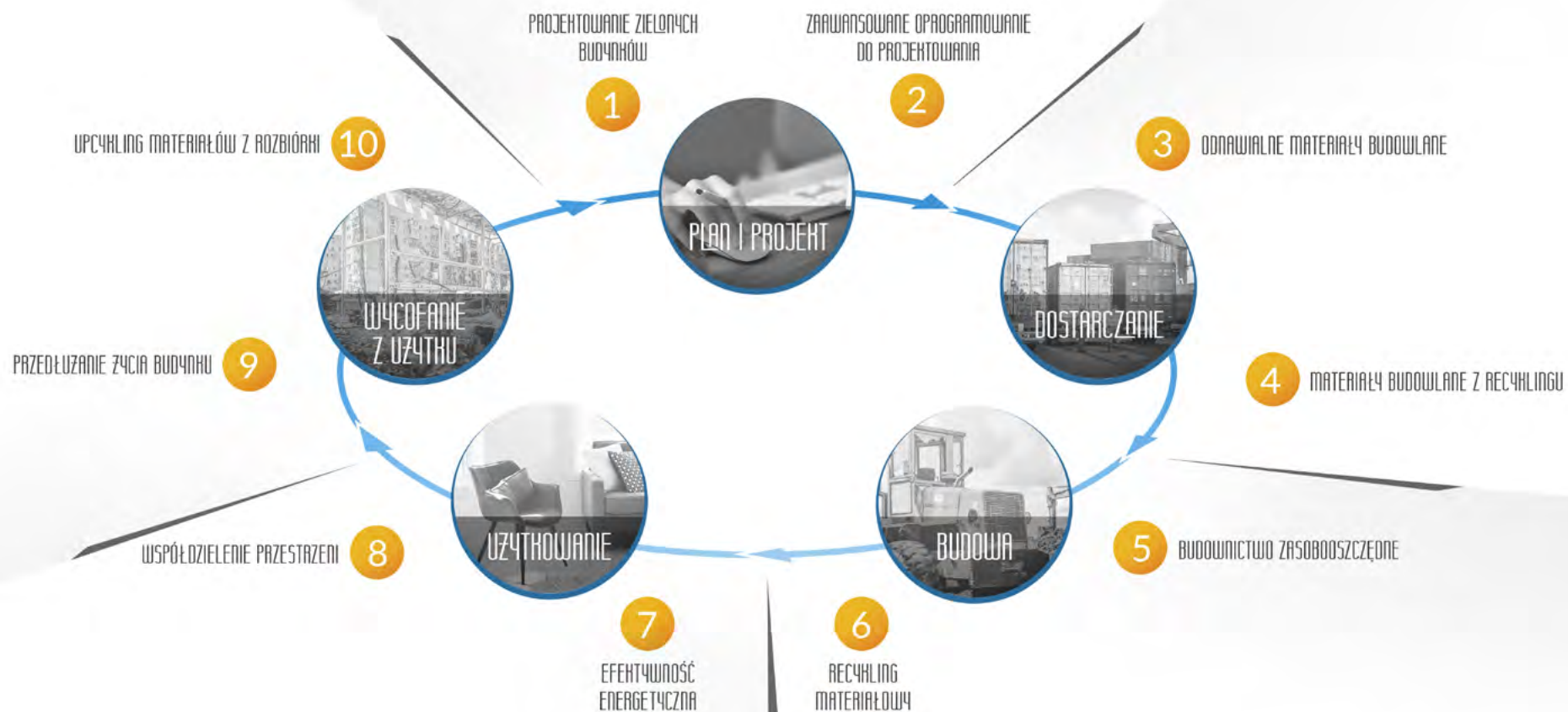
We wspieraniu przejścia na gospodarkę o obiegu zamkniętym kluczową rolę odgrywa, oprócz regulacji prawnych, zmodyfikowane podejście ekonomiczne. Dlatego również budynki powinny być tworzone w oparciu o cyrkularne modele biznesowe, z dostosowaniem do faktycznych potrzeb, przewidzeniem możliwości elastycznych zmian, czy założeniem wykorzystania jak najmniejszej ilości surowców i generowania jak najmniejszej ilości odpadów. Rezultatem takich działań będzie poprawienie efektywności wykorzystania zasobów, np. poprzez przedłużanie żywotności produktów, tak by osiągnąć korzyści ekologiczne przy jednoczesnej realizacji celów ekonomicznych. [1]

W oparciu o światową literaturę zidentyfikowano 10 innowacyjnych cyrkularnych modeli biznesowych [70] w odniesieniu do budownictwa (rys. 8), które mają na celu napędzać zrównoważony rozwój. Dotyczą one fazy od planowania, poprzez produkcję materiałów budowlanych, fazę budowy, recykling materiałów odpadowych pojawiających się na każdym etapie budowy i użytkowania, wykorzystanie optymalizacyjnych narzędzi cyfrowych, po fazę wycofania z eksploatacji i rozbiórkę.

Przyjęcie bardziej cyrkularnego modelu biznesowego stawia wiele wyzwań - branża budowlana musi przede wszystkim przedłożyć cyrkularność nad podejście liniowe, poprzez stworzenie specyficznego ekosystemu współpracy, złożonego z inwestorów, projektantów i budowlanców, dla wypracowania najbardziej optymalnych rozwiązań.

Za rozwojem budownictwa cyrkularnego nie stoi jedynie dobro społeczne i poszanowanie środowiska naturalnego, ale także czynniki ekonomiczne. Model cyrkularny w budownictwie pozwala na traktowanie budynków i konstrukcji jako banków materiałów, przy pomocy których w łatwy sposób można uzyskać korzyści finansowe. Dodatkowo, posiadanie dostępu do pełnych informacji dotyczących materiałów i komponentów, z których budynek jest złożony, umożliwi właścicielom optymalizację utrzymania i dalszych inwestycji kapitałowych.

▼ Rys. 8. Cyrkularne modele biznesowe dla zrównoważonego budownictwa wg Rolanda Bergera [70].

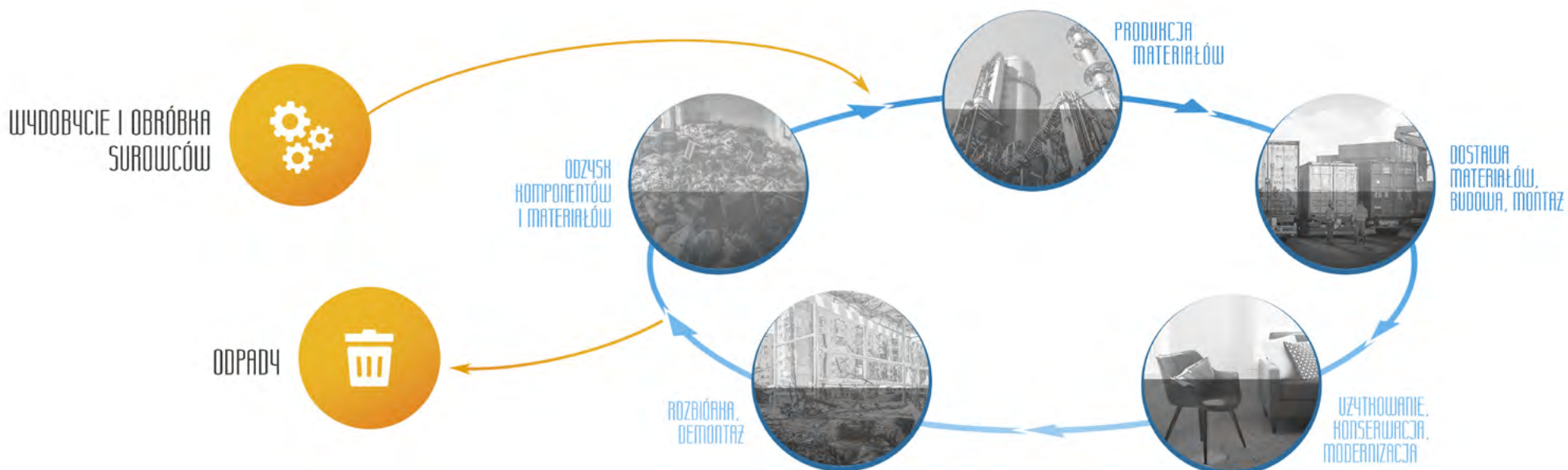


# CYRKULARNOŚĆ W CYKLU ŻYCIA BUDYNKÓW

Wizja całkowitej dekarbonizacji zasobów budowlanych do 2050 r. wykracza poza kwestię operacyjnych (ang. *operational carbon*) emisji gazów cieplarnianych, na której skupiano się do tej pory. Należy mieć na uwadze, że budynki są ważnym bankiem materiałów, w których przez wiele dekad deponuje się zasoby, a sposób ich projektowania ma duży wpływ na emisje w całym cyklu życia, zarówno w budynkach nowych, jak i poddawanych renowacji [56]. Minimalizowanie emisji gazów cieplarnianych w tak długim okresie wymaga oszczędności zasobów oraz wdrażania zasad GOZ. Ogólny wkład budynku w emisje prowadzące do zmiany klimatu w całym cyklu życia wyrażany jest za pomocą współczynnika globalnego ocieplenia. Wyraża on zarówno emisje dwutlenku węgla wbudowane (ang. *embodied carbon*) w materiały budowlane, jak i bezpośrednie i pośrednie emisje dwutlenku węgla na etapie użytkowania.

liwa jest pełna ocena wpływu produktu na środowisko, a także zużycie poszczególnych zasobów środowiskowych. Analiza dotyczy wszystkich etapów żywotności budynku, tj. od momentu pozyskania surowca, poprzez etap produkcji i użytkowania, aż do rozbiórki. Dzięki takiemu podejściu żaden etap istnienia wyrobu nie zostaje pominięty, co umożliwia dokonanie pełnych analiz zagrożeń jakie dla środowiska może stanowić produkcja budowlana.

Działania dekarbonizacyjne w sektorze budownictwa przenoszą nacisk z samej optymalizacji zużycia energii w budynku i wznoszenia budynków w standardzie budynku o niemal zerowym zużyciu energii, na optymalizację całego cyklu życia. Konieczne jest coraz mocniejsze podkreślenie wagi tego, że budynek w całym cyklu życia oddziałuje



Ocena LCA sporządzana najczęściej przez architektów i inżynierów w fazie opracowywania projektów budowlanych jest nowym, ale ważnym elementem projektowania budynków. LCA to metoda stosowana do oceny wykorzystania zasobów i wpływu budynków na środowisko, która obejmuje zarówno materiały, jak i operacyjne zużycie energii. Za pomocą LCA można wyodrębnić elementy o największym wpływie na środowisko w całym cyklu życia i zaproponować rozwiązania optymalizacji doboru odpowiednich materiałów. Szacowanie cyklu życia (rys. 9) pozwala na identyfikację zagrożeń, które wynikają z niewłaściwego zarządzania procesami produkcji, budowy i eksploatacji obiektów budowlanych. W LCA bierze się pod uwagę wszystkie ekosystemy i ich elementy, dzięki czemu moż-

na środowisko naturalne również poprzez materiały, które zostały użyte do jego wybudowania, pełen proces budowy, użytkowania, renowacji i wreszcie na końcu - rozbiórki.

Szacunkowe dane o emisji CO<sub>2</sub> w budynkach zawierają duże rozbieżności co do udziału wbudowanego śladu węglowego w całkowitej emisji w całym cyklu życia wskazując, że stanowi on od 10% do 50% [39]. Raport One Click LCA [31] podaje, że w zależności od typu budynku i lokalizacji w Europie, wbudowany ślad węglowy kształtuje się na poziomie 450 kgCO<sub>2</sub>e/m<sup>2</sup>.

▲ Rys. 9. Przykładowy schemat pełnego cyklu życia budynku



Dane te potwierdzają analizy opublikowane przez DGNB [10], gdzie średnia wartość wbudowanego śladu węglowego budynku znajdującego się w Europie wynosi 435 kgCO<sub>2</sub>e/m<sup>2</sup> przy założeniu 50-letniego cyklu życia. Kolejne analizy przeprowadzone przez Ramboll [36], informują o wbudowanym śladzie węglowym na poziomie 600 kgCO<sub>2</sub>e/m<sup>2</sup> i podkreślają, że 70% tej wartości to emisje wbudowane.

Obecnie analizy oceny budynków w całym cyklu życia nie są wymagane polskimi przepisami i nie są standardowo wykonywane przez inwestorów czy projektantów, a sporządzane są najczęściej na potrzeby certyfikacji wielokryterialnych (np. BREEAM, LEED, ZIELONY DOM itp.). Z reguły wykonują je wyspecjalizowane biura, najczęściej na podstawie projektu, podczas gdy największy potencjał optymalizacji/redukcji emisji CO<sub>2</sub>, także poprzez wbudowanie materiałów budowlanych z odzysku i recyklingu, jest w fazie koncepcyjnej. Trzeba jednak podkreślić, że podstawą upowszechnienia i wiarygodności analiz LCA jest przyjęcie legislacyjnie jednolitej i spójnej metodyki obliczania śladu węglowego budynków, której w Polsce nadal brakuje. Polskie Stowarzyszenie Budownictwa Ekologicznego opracowało metodologię szacowania śladu węglowego budynków, w której można znaleźć [szczegółowe informacje dotyczące tego zagadnienia](#). W większości krajów członkowskich UE wprowadzono odpowiednie regulacje wdrażające obowiązek raportowania śladu węglowego w całym cyklu życia, najczęściej oparte na analizach LCA. Wybrane kraje wprowadziły limity emisji dla różnych typów budynków, zarówno w zakresie operacyjnego, jak i wbudowanego śladu węglowego.

Przykładem tego jest Dania, w której nowe przepisy oparte na LCA obowiązują od 2023 r. i wprowadzą limity emisji na poziomie 12 kg ekwiwalentu CO<sub>2</sub> na m<sup>2</sup> budynku rocznie, z bardziej ambitną opcją wynoszącą 8 kg ekwiwalentu CO<sub>2</sub> na m<sup>2</sup> budynku rocznie. [59]

**Zrównoważone budownictwo to nie tylko wybór materiałów czy komponentów budowlanych o niższym śladzie węglowym, ale weryfikacja tego, jak dany produkt będzie zachowywał się w dłuższym okresie. Przykładowo elementy bardzo trwałe, a także łatwiejsze do adaptacji i ponownego wykorzystania są bardziej ekologicznym wyborem, niż produkty o niższym śladzie węglowym, ale za to mniej trwałe, niemożliwe do recyklingu czy ponownego wykorzystania. Jedynie takie holistyczne podejście i uwzględnienie wszystkich aspektów pozwoli na całkowitą dekarbonizację sektora budowlanego.**

Przy ogromnym nacisku na modernizację istniejących zasobów budowlanych, oczekuje się, że w bliskiej przyszłości wzrośnie również nacisk na wykorzystanie LCA do oceny wpływu projektów renowacji eksploatowanych budynków na środowisko.

Dla ułatwienia opracowania planów gospodarki odpadami na etapie projektowania, do oceny i porównania wpływu na środowisko różnych scenariuszy rozbiórki, powinny zostać wykorzystane bazy danych LCA. Przykładem mogą być działania krajów skandynawskich polegające na harmonizacji metodologii LCA oraz regulacji i rozwiązań w tym zakresie (np. baz danych) tak, aby firmy projektowe i budowlane mogły oferować rozwiązania niskoemisyjne we wszystkich krajach partnerskich. Realizowane jest to w ramach projektu Nordic Sustainable Construction [69].

Niezmiernie ważne jest również wdrożenie podejścia LCT (ang. *Life Cycle Thinking*), zgodnie z którym nie powinno się brać pod uwagę tylko jednego lub niektórych etapów cyklu życia budynku, lecz jego całość. Elementy, które mogą wydawać się idealne na jednym z etapów, np. eksploatacji, mogą zużywać bardzo dużo zasobów na innych, np. na etapie ich wytwarzania lub wycofania z eksploatacji. Stąd też podejście holistyczne jest nieodzowne w projektowaniu budownictwa cyrkularnego i powinno się opierać na całym cyklu życia budynków.

W kontekście budynków podejście to obejmuje etapy [30] przedstawione poniżej:



# GOZ W CERTYFIKACJACH WIELOKRYTERIALNYCH

Istotnym elementem podczas wdrażania działań w budownictwie są dokumenty informujące o cechach środowiskowych wytwarzanych wyrobów budowlanych, czego dobrym przykładem są deklaracje środowiskowe produktu typu III (EPD, ang. *Environmental Product Declaration*). Deklaracja ta to dokument, który w przejrzysty sposób informuje o oddziaływaniu produktu lub materiału budowlanego na środowisko. Deklaracja EPD typu III nie jest typowym certyfikatem, lecz świadectwem oddziaływania produktu na środowisko w całym cyklu życia, tj. od pozyskania materiałów, poprzez etap produkcji, transportu, montażu, użytkowania, kończąc na utylizacji i recyklingu. EPD są sporządzane zgodnie z odpowiednimi normami, tj. ISO 14040/14044, ISO 14025, EN 15804 lub ISO 21930 i są wystawiane zwykle na okres pięciu lat od daty ich sporządzenia.

Praktyczne wykorzystanie normy EN 15804 do sporządzania deklaracji środowiskowych wykazało, że istnieje w niej wiele obszarów, które są różnie interpretowane przez jednostki wydające EPD w Europie. Różnice w deklaracjach mogą być powodowane przez takie czynniki, jak wybór odpowiednich danych, ich jakość i dostępność, szczegóły i założenia metodyczne, scenariusze użytkowania, postępowanie z modułem D (recykling), czy wykluczenia niektórych etapów cyklu życia [32]. W odpowiedzi na te problemy reprezentatywna grupa przemysłu rozpoczęła aktywną współpracę z grupą jednostek wydających EPD w krajach członkowskich UE, w ramach której powstało stowarzyszenie ECO-Platform, zrzeszające jednostki wydające deklaracje EPD dla wyrobów budowlanych w Europie [62]. Organizacja zapewnia ujednoczoną interpretację normy EN 15804 i jej wdrożenie do krajowych praktyk w zharmonizowany sposób. Należy zwrócić uwagę, że część nadal ważnych deklaracji EPD zawiera informacje tylko w zakresie fazy wyrobu (A1-A3 wg metody LCA), natomiast w kontekście cyrkularności istotne są informacje o produkcie w fazach C i D, związanych z końcem życia produktu.

Dostępność deklaracji EPD pozwala architektom, inżynierom i projektantom na wybór najbardziej cyrkularnych i najmniej szkodliwych środowiskowo produktów, a sami producenci są w stanie zoptymalizować dzięki pozyskanym w ramach EPD informacjom wpływ swoich produktów na środowisko. [18, 19, 63, 70].

Deklaracje środowiskowe produktów stanowią podstawę do wykonania LCA w ramach popularnych certyfikacji wielokryterialnych, np. BREEAM, DGNB, LEED czy ZIELONY DOM, w których w kontekście GOZ premiowanie jest stosowanie materiałów naturalnych i ponowne użycie materiałów.

CZY  
**WIESZ,**  
ŻE...

## CZY BETON MOŻE BYĆ SPÓJNY Z KONCEPCJĄ GOSPODARKI O OBIEGU ZAMKNIĘTYM?

Beton może być zgodny z koncepcją gospodarki o obiegu zamkniętym. Na przykład może być stosowany w konstrukcjach wymagających długiej żywotności i wielokrotnego użytku, takich jak budynki i mosty. Ponadto beton może być wykonany z materiałów pochodzących z recyklingu i sam może być poddany recyklingowi, co pomaga zmniejszyć ilość odpadów. Wreszcie, beton można również wykorzystać w połączeniu z odnawialnymi źródłami energii, takimi jak panele słoneczne, w celu stworzenia bardziej wydajnego, zrównoważonego systemu energetycznego. Wykorzystanie materiałów pochodzących z recyklingu do produkcji betonu wzrasta o [10,5% każdego roku od 2011 roku](#).



## BREEAM

W systemie BREEAM najbardziej premiowane jest efektywne wykorzystanie materiałów w całym cyklu życia. W ramach tego oceniane są działania polegające na minimalizowaniu użycia materiałów, zwiększaniu udziału ponownie wykorzystanych materiałów pochodzących z rozbiórki, jak również wykorzystanie materiałów o większej zawartości surowców pochodzących z recyklingu. Działania takie należy rozważać na etapie koncepcji, a następnie konsekwentnie wdrażać podczas realizacji inwestycji budowlanej. Konieczne jest, aby podczas rozmów z zespołem projektowym określić cele, wskaźniki i działania, dzięki którym możliwe będzie efektywne wykorzystanie materiałów, a następnie wykazać ich osiągnięcie w kolejnych etapach. W certyfikacji oceniana jest również trwałość materiałów występujących w odsłoniętych elementach budynku, w celu zmniejszenia częstości ich wymiany i tym samym ograniczenia zużycia materiałów. W tym celu należy zastosować odpowiednie środki ochrony zapobiegające uszkodzeniu wewnętrznych i zewnętrznych elementów budynku, opisanych w kryteriach oceny. Ponadto pod uwagę brana jest również możliwość adaptacji funkcjonalnej budynku, dzięki zastosowaniu zaproponowanych w kryteriach rozwiązań, takich jak systemy ułatwiające wymianę głównych instalacji, budownictwo modułowe oraz możliwość rozbudowy budynku w pionie lub poziomie. [3].

## LEED

W certyfikacji LEED również można odnaleźć obszary oceny wpisujące się w koncepcję GOZ oraz system punktów premium za wdrożenie działań w tym kierunku. Jednym z koniecznych do spełniania warunków jest sporządzenie planu gospodarowania odpadami oraz wykazanie sposobu zagospodarowania odpadów, materiałów budowlanych i rozbiórkowych, którego celem jest monitorowanie redukcji ilości odpadów oraz zwiększania poziomu ich recyklingu lub ponownego użycia. W tym zakresie punkty premium można uzyskać za ograniczenie wytwarzania odpadów budowlanych do maksymalnie 50 kg/m<sup>2</sup> powierzchni użytkowej budynku oraz zwiększenie poziomu odzysku materiałów pochodzących z odpadów budowlanych do minimum 50% lub 75%. Certyfikacja LEED premiuje również ponowne wykorzystanie zabytkowych lub opuszczonych budynków, które powinny być poddane renowacji w minimum 50% powierzchni budynku, tak aby spełniały one odpowiednie wymagania techniczne. Dodatkowe punkty można uzyskać również za ponowne wykorzystanie elementów budynku, takich jak np. podłogi, pokrycia dachowe, ściany, drzwi i systemy sufitowe. Należy również zaznaczyć, że w ramach systemu LEED premiowane jest wykorzystanie materiałów certyfikowanych środowiskowo, czyli posiadających informacje o źródle ich pochodzenia, np. certyfikatu C2C lub EPD typu III. [26]

## DGNB

W certyfikacji DGNB wprowadzono system punktów bonusowych za działania sprzyjające GOZ w ramach wybranych obszarów. Dodatkowe punkty można uzyskać za ponowne wykorzystanie materiałów budowlanych lub wykorzystanie materiałów z recyklingu, ograniczenie odpadów, minimalizację nakładów materiałowych oraz zwiększenie potencjału intensywności użytkowania budynku i możliwości jego współdzielenia. Punkty można otrzymać również za poprawę właściwości środowiskowych silnie zanieczyszczonego gruntu oraz wdrożenie systemów pozwalających na wykorzystanie wody szarej i deszczowej. Ponadto w certyfikacji ocenie podlega uwzględnienie adaptacji budynku w kontekście modyfikacji konstrukcyjnych w trakcie użytkowania, jak również pochodzenie materiałów potwierdzonych odpowiednimi certyfikatami i odpowiedzialne zaplanowanie demontażu budynku po zakończeniu okresu użytkowania, które powinno być uwzględnione już na etapie projektowania, wraz z doбором materiałów budowlanych. Z uwagi na powyższe, certyfikacja DGNB można być uznana jako jeden z najbardziej zaawansowanych systemów w kontekście wdrażania założeń GOZ. [61]

## ZIELONY DOM

ZIELONY DOM, pierwsza polska certyfikacja wielokryterialna dla budownictwa mieszkaniowego również zawiera obszary wpisujące się w ideę GOZ. Ocenie podlega m.in. poziom wykorzystania materiałów naturalnych w budynku. W tym zakresie premiowane jest zastosowanie drewna w konstrukcji, wykorzystanie surowców naturalnych w izolacji przegród budowlanych na poziomie co najmniej 70% oraz wykonanie drewnianej elewacji budynku stanowiącej minimum 40% powierzchni przegród zewnętrznych. Innym kryterium certyfikacji jest stopień ponownego wykorzystania materiałów (min. 10%) i liczby materiałów, które wyprodukowano w oparciu o materiały z recyklingu na poziomie co najmniej 50%. Ponadto premiowane jest wykorzystanie istniejących zabudowań, które zostaną poddane rewitalizacji i stanowią minimum 20% planowanej powierzchni nowej inwestycji. W certyfikacji ZIELONY DOM duży nacisk kładziony jest na stosowanie wyrobów budowlanych posiadających deklaracje środowiskowe EPD, natomiast w przypadku zastosowania drewna wymagane jest potwierdzenie pochodzenia certyfikatem FSC. [58]

# NOWA ROLA ARCHITEKTA, KONSTRUKTORA, PROJEKTANTÓW, INWESTORA I UŻYTKOWNIKA

Przejście na gospodarkę o obiegu zamkniętym będzie wymagało zastosowania nowego podejścia systemowego i holistycznego do sposobu projektowania, użytkowania i konserwacji budynków przez wszystkich zaangażowanych w proces budowlany. Niestety, wdrażanie zasad GOZ w sektorze budownictwa odbywa się dość wolno i tylko nieliczni podejmują odpowiednie działania, a ścisła współpraca projektantów, inwestorów i wykonawców w tym zakresie jest rzadko spotykana. Tym samym edukacja w zakresie GOZ jest dużym wyzwaniem dla branży.

Projektowanie budynków zgodnie z zasadami GOZ polega na zachowaniu jak najwyższej ich wartości przez cały cykl życia. W trakcie projektowania architekci i inżynierowie powinni uwzględniać najnowsze trendy związane z cyklicznością, dotyczące wznoszenia budynku, jego eksploatacji oraz końca użytkowania, biorąc również pod uwagę potencjał odzyskanych materiałów. Niestety, niejednokrotnie zespoły projektowe nie uwzględniają w swoich wyborach materiałów i produktów pochodzących z recyklingu, co jest spowodowane w dużej mierze powszechnym przekonaniem, że takie materiały cechuje dużo gorsza jakość i trwałość. Wobec powyższego konieczne jest upowszechnienie rozwiązań cyrkularnych możliwych do wdrożenia w budownictwie i promowanie dobrych praktyk, co oznacza wzmocnienie roli architekta, jako projektanta cyrkularnych budynków, dbającego o funkcjonalność i koszty w całym cyklu ich życia.

Wdrażanie gospodarki o obiegu zamkniętym dotyczy wszystkich sektorów i grup odbiorców. Natomiast, biorąc pod uwagę udział zużycia materiałów przez poszczególne sektory gospodarki, budownictwo jest uważane za jeden z priorytetowych obszarów wdrażania GOZ. Wynika to między innymi z tego, że sektor budowlany jest zintegrowany z wieloma gałęziami przemysłu i obejmuje obszerny zakres działań oraz liczbę osób zaangażowanych w proces budowlany. Budynek cyrkularny jest trwały, adaptowalny, a w całym cyklu jego życia podejmowane są działania pozwalające na redukujące ilości odpadów i ograniczenie zużycia surowców. W konsekwencji tego w obszarze budownictwa wyodrębnić można wiele etapów, w których możliwe jest wdrożenie cyrkularnych działań i rozwiązań. Najważniejsze etapy to:

1

## ETAP PROJEKTOWANIA

uwzględnia trwałe materiały, rozwiązania konstrukcyjne z potencjałem ponownego wykorzystania oraz adaptowalność budynku

3

## ETAP UŻYTKOWANIA

świadome serwisowanie i naprawianie, efektywne zarządzanie energią

2

## ETAP BUDOWANIA/ WZNOSZENIA

ponownie wykorzystanie materiałów budowlanych, wyrobów z recyklingu oraz odpowiedzialne i zrównoważone gospodarowanie odpadami budowlanymi

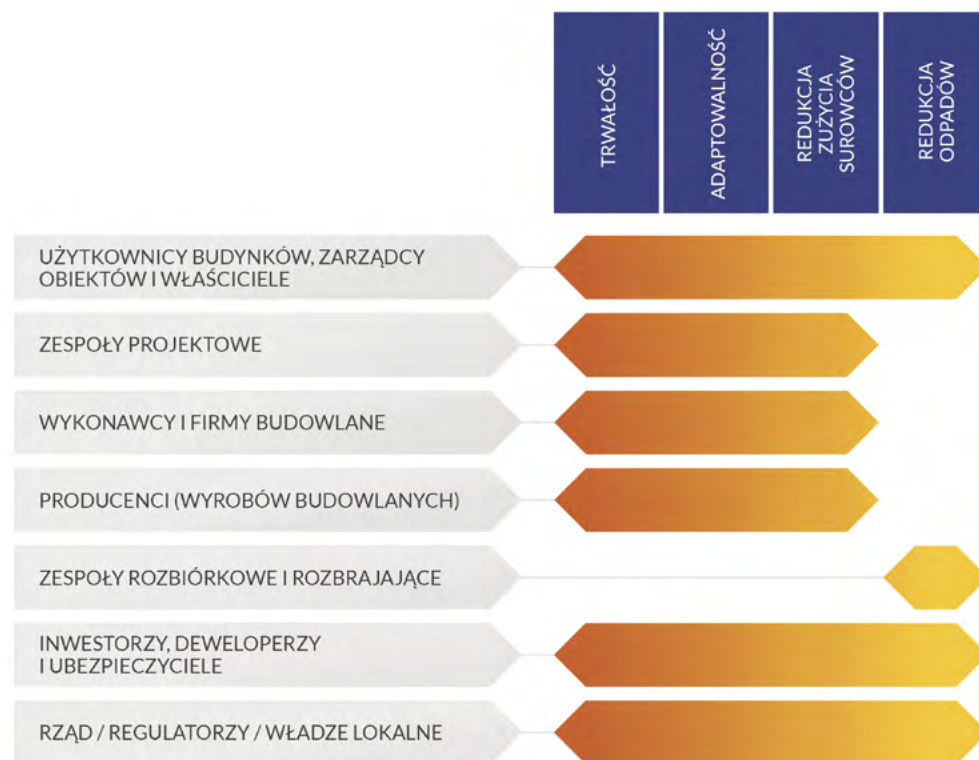
4

## ETAP ROZBIÓRKI/ WYBURZANIA

gromadzenie materiałów rozbiórkowych z potencjałem do ponownego wykorzystania oraz recyklingu



Należy wziąć również pod uwagę szereg interakcji i powiązań poszczególnych grup interesariuszy w łańcuchu procesu budowlanego z określonymi aspektami cyrkularności (rys. 10).



▲ Rys. 10. Zainteresowanie modelem GOZ - grupy odbiorców vs główne cele GOZ

W kontekście GOZ projektanci i architekci powinni uwzględnić:

- zrównoważone strategie i wymagania projektowe
- koncepcję oceny cyklu życia
- potencjał zwiększenia wykorzystania materiałów pochodzących z recyklingu
- potencjał ponownego wykorzystania w przyszłości (odnośnie materiałów, komponentów i budynku)
- potencjał wyrobów budowlanych do recyklingu.

Nie do przecenienia jest rola architekta, który na wstępnym etapie projektowym powinien uwzględnić rozwiązania wpisujące się w zasady GOZ, a rozszerzając konsultacje o konstruktorów, producentów, inwestorów i użytkowników ma szansę na stworzenie zespołu, który wdroży odpowiednie cyrkularne materiały, działania i praktyki. W rezultacie umożliwi to powstanie synergii, która angażuje wszystkich uczestników w działaniach na rzecz zrównoważonego rozwoju (rys. 11).



▲ Rys. 11. Model współpracy podmiotów odpowiedzialnych za projektowanie cyrkularne

**Architekt** powinien projektować budynek przy współpracy z osobami zaangażowanymi w proces budowlany, w celu wypracowania wspólnych rozwiązań wpisujących się w zasady gospodarki o obiegu zamkniętym. Konieczne jest działanie wspólnie z producentami, konstruktorami, inwestorem, użytkownikami i recyklerami, aby zapewnić, że budynek będzie miał jak najmniejszy wpływ na środowisko. Konieczne jest wypracowanie synergii, która zaangażuje wszystkich uczestników rynku i wymagać będzie od nich współpracy w działaniach na rzecz zrównoważonego rozwoju poprzez wdrożenie rozwiązań cyrkularnych (rys. 11).

**Rola końcowych odbiorców**, tj. użytkowników i właścicieli budynków, jest równie ważna, ponieważ to od nich zależy, w jaki sposób budynek jest użytkowany. Konieczna jest więc edukacja użytkowników w kierunku GOZ i nowych rozwiązań jakie oferuje. Jednym z takich przykładów może być współdzielenie elementów lub powierzchni, które mogą być własnością kogoś, kto zapewni użytkownikowi najem lub świadczenie usług. Takie rozwiązanie pozwoli na zachowanie wartości komponentów oraz zmniejszy prawdopodobieństwo, że budynek stanie się w przyszłości niewygodnym zobowiązaniem i źródłem problemów.

# CZY WIESZ, ŻE...

## POWRÓT DO PRZESZŁOŚCI - DOMY Z GLINY

Na Węgrzech coraz popularniejsze staje się budowanie domów z błota i słomy. Ta zapomniana metoda powraca dzięki ograniczonemu wpływowi na środowisko i wysokiej efektywności energetycznej. Takie domy mogą przetrwać nawet 200 lat i określa się je jako naturalnie inteligentne, ponieważ właściwości termiczne używanej jako budulec gliny powodują, że w klimacie umiarkowanym budynki są naturalnie chłodne w lecie i ciepłe w zimie. Ponadto takie domy naturalnie regulują własną wilgotność oraz są ognioodporne i nietoksyczne. Należy również zwrócić uwagę na fakt, że do produkcji budulca używa się tylko naturalnych materiałów (głina i słoma), które nie wymagają przetwarzania oraz po okresie eksploatacji mogą być w całości zwrócone do środowiska naturalnego bez żadnych związanych z tym obciążeń.

**Użytkownicy, zarządcy i właściciele budynków wraz z inwestorami, deweloperami oraz ubezpieczycielami**, mając na celu wzmocnienie budownictwa cyrkularnego, powinni być zainteresowani wszystkimi czterema wymienionymi wcześniej aspektami (Rys. 10). Użytkownicy, zarządcy, właściciele budynków i potencjalni klienci, mogą wywrzeć presję na inwestorach oraz deweloperach, aby ci uwzględnili rozwiązania cyrkularne w procesie budowy. Z kolei towarzystwa ubezpieczeniowe mogą stanowić istotne wsparcie w zakresie zarządzania ryzykiem tak, aby pogodzić wymagania związane z bezpieczeństwem ze zrównoważonym rozwojem. Podobnie sprawa ma się w przypadku administracji rządowej i samorządowej, które powinny wzmocnić wdrażanie gospodarki cyrkularnej w budownictwie, poprzez stworzenie odpowiednich regulacji prawnych uwzględniających cyrkularne rozwiązania jako istotne w procesie zamówień publicznych.

Rolą **zespołów projektowych** jest uwzględnienie wymogów inwestorów w zakresie cyrkularności lub odwrotnie - edukowanie ich poprzez proponowanie konkretnych rozwiązań cyrkularnych. **Wykonawcy** z kolei mają realny wpływ na ograniczenie zużycia surowców (na etapie zamawiania i wykorzystania materiałów/wyrobów budowlanych) oraz na redukcję ilości generowanych odpadów (na etapie budowy). Mogą współpracować z producentami elementów (np. elementów stalowych lub płyt gipsowych) dostarczającymi elementy przygotowane do montażu i na żądany wymiar. W ten sposób możliwe jest nie tylko ograniczenie zużycia surowców na etapie produkcji oraz redukcja ilości generowanych odpadów (fragmentów materiałów), ale także zwiększenie wydajności pracy zespołów wykonawczych poprzez eliminację konieczności dostosowania wymiarów użytkowych elementów. Ponadto, wykonawcy mają możliwość dodatkowej redukcji ilości generowanych na budowie odpadów poprzez między innymi odpowiednie sortowanie odpadów, edukowanie pracowników w zakresie właściwego gospodarowania odpadami, ale także aktywne włączenie się w proces projektowania i już na tym etapie ograniczania ilości odpadów.

W przypadku **producentów** uwaga powinna być skupiona głównie na trwałości, adaptowalności oraz redukcji zużycia surowców pod kątem tworzenia nowych, bardziej zrównoważonych produktów, a także oraz jednocześnie nowych rozwiązań, które umożliwią w przyszłości adaptację pomieszczeń na inne. Przykładem tego mogą być nowe elementy konstrukcji ścianek działowych i nowe materiały wykorzystane w tym celu, aby w przyszłości łatwiej zmienić przeznaczenie pomieszczenia. **Zespoły rozbiórkowe** mają natomiast realny wpływ na ograniczenie ilości generowanych odpadów w fazie rozbiórki, wyodrębniając i segregując odpady na materiały nadające się do ponownego użycia lub recyklingu.



# JAK PROJEKTOWAĆ BUDYNKI ZGODNIE Z KONCEPCJĄ CYRKULARNOŚCI

Na etapie projektowania podejmowane są decyzje, które w głównej mierze wpływają na ślad środowiskowy budynku oraz jego potencjał do odzyskiwania energii i surowców w całym cyklu życia [40]. W przeciwieństwie do modelu liniowego, w projektowaniu budynków zgodnie z zasadą GOZ konieczne jest zdefiniowanie materiałów wtórnych i potencjału ich odzyskania, poziomu wykorzystania powierzchni budynku oraz zachowania rozbiórki budynków w celu zapewnienia wysokiej jakości surowców możliwych do ponownego wykorzystania. Prawdziwie cyrkularny budynek składa się z nietoksycznych elementów, które wcześniej były już wykorzystywane, jak również z elementów w pełni nadających się do ponownego użycia lub recyklingu.

Możliwość odzysku elementów budowlanych należy uwzględnić na etapie projektu kształtując budynek warstwowo i definiując potencjalne scenariusze ponownego użycia na początku procesu projektowego. Takie podejście będzie motywować producentów wyrobów budowlanych do projektowania trwałych i łatwych w naprawie produktów.

## WPROWADZENIE ZASAD GOSPODARKI O OBIEGU ZAMKNIĘTYM W SEKTORZE BUDOWNICTWA W FAZIE PROJEKTOWEJ TO PRZED E WSZYSTKIM



taki sposób zaprojektowania budynku, by użytkowanie budynku wymagało jak najmniej działań remontowych i serwisowych, a adaptacja do innych celów wymagałaby jedynie niewielkich zmian



projektowanie budynku tak, by był zbudowany z komponentów łatwych w demontażu



wykorzystanie naturalnych, odnawialnych materiałów, obniżających ślad węglowy budynku

Ważne jest, aby na wczesnym etapie projektowania ocenić potencjał ponownego wykorzystania materiałów i recyklingu budynku przy użyciu różnych dostępnych środków, w połączeniu z narzędziami cyfrowymi, dzięki którym można opracować różne scenariusze, w oparciu o możliwe do zastosowania rozwiązania. Jednym z takich narzędzi jest inteligentne modelowanie (BIM), za pomocą którego można oszacować oszczędności materiałowe i energetyczne już na wczesnym etapie projektowania, a tym samym umożliwić optymalizację projektu od samego początku.

**W celu spełnienia powyższych założeń projektanci powinni kierować się zasadami:**



projektowanie pod kątem  
adaptowalności



projektowanie pod kątem  
demontażu

Adaptowalność polega na możliwości łatwej modyfikacji budynku lub jego części przez cały cykl życia, w zależności od zmieniających się potrzeb i przyszłych okoliczności [60]. Adaptowalność jest konieczna, aby dostosować się do zmian w rodzaju użytkowania, danych demograficznych, potrzeb użytkowników lub ze względu na potrzebę dostosowania do czynników zewnętrznych, takich jak zmiany klimatu. Z biegiem czasu mogą również zmieniać się potrzeby użytkowników w zakresie ograniczenia możliwości fizycznych, związanych z postępującym wiekiem. W przypadku budynków mieszkalnych cechy adaptowalności mogą umożliwić użytkownikom dostosowanie mieszkań do swoich potrzeb, zmieniających się wraz z wiekiem.

Zgodnie z wymogami normy ISO 20887 dotyczącej projektowania pod kątem demontażu i adaptacji, adaptowalność dzieli się na dwie kategorie:

- specyficzną – dla znanej/oczekiwanej adaptacji
- ogólną – dla nieznanych przyszłych adaptacji

Zdolność do adaptacji umożliwia dokonywanie zmian w trakcie eksploatacji jak najniższym kosztem. Oznacza to projektowanie budynków o otwartym planie, w którym np. ścianki działowe montuje się bez naruszania ich struktury, a zużyte instalacje oraz elementy budowlane (np. elewacje) łatwo wymienia. Wdrożenie tych zasad pozwoli uniknąć w przyszłości kosztownych i trudnych zmian potrzebnych do adaptacji budynku.

Podczas projektowania budynku powinny również zostać uwzględnione elementy i komponenty, które w przyszłości można łatwo zdemontować i ponownie zastosować w innym budynku. To jednak związane jest z ryzykiem ogólnego braku akceptacji przez klienta produktów wcześniej używanych lub noszących ślady użytkowania. Co więcej, produkty projektowane są z założeniem krótkiej żywotności, ponieważ użytkownicy wymagają częstej wymiany elementów na nowe. Aby odejść od modeli biznesowych opartych na tej zasadzie, konieczna jest zmiana nastawienia. W porównaniu z modelem linowym wprowadzenie zasad cyrkularności będzie wymagać poniesienia wyższych inwestycji początkowych, jednak może zwiększyć wartość rezydualną po zakończeniu eksploatacji.

## OGÓLNE ZASADY PROJEKTOWANIA DOTYCZĄCE ZDOLNOŚCI ADAPTACYJNYCH



**uniwersalność (ang. *versatility*)** - dotyczy powierzchni użytkowej, która ma wiele zastosowań w ciągu dnia, tygodnia lub miesiąca, bez konieczności wprowadzania zmian w konstrukcji budynku, np. uwzględnienie przestrzeni potrzebnej do manewrowania wózkem inwalidzkim - szerokość drzwi, brak progów; sala gimnastyczna, która może pełnić funkcję teatru, jeśli jest wyposażona w przenośne siedzenia i panele akustyczne zintegrowane z sufitami i ścianami



**możliwość przekształcenia (ang. *convertibility*)** - dotyczy powierzchni użytkowej, która została zaprojektowana tak, aby można było łatwo zmienić jej przeznaczenie, np. budynek biurowy można zaprojektować i zbudować tak, aby w przyszłości było możliwe jego przekształcenie w budynek mieszkalny. Kolejnym przykładem mogą być obiekty sportowe, które można wykorzystywać do organizacji wydarzeń takich jak koncerty, wystąpienia, czy targi



**możliwość rozbudowy (ang. *expandability*)** - dotyczy możliwości dobudowania dodatkowych kondygnacji lub powierzchni kondygnacji bez większych zmian w konstrukcji budynku.



# CZY WIESZ, ŻE...

## RECYKLING WODY

Recykling wody w budynkach może mieć znaczący wpływ na ochronę zasobów wody. Według EPA przeciętne gospodarstwo domowe może zaoszczędzić ponad 38.000 l wody rocznie, stosując wodooszczędne urządzenia i praktyki, np. przechwytywanie wody deszczowej może zaoszczędzić do 50% zapotrzebowania budynku na wodę, wykorzystanie szarej wody do 30%, a wychwytywanie kondensatu<sup>2</sup> może zaoszczędzić do 10%.

<sup>2</sup> wychwytywanie kondensatu to proces zbierania i gromadzenia wody, która powstaje w wyniku kondensacji pary wodnej, najczęściej na powierzchniach chłodzonych, takich jak klimatyzatory, kanały wentylacyjne i rury wodociągowe.

Oszczędności te mogą przyczynić się do znacznej ochrony zasobów wody. Ponadto praktyki te mogą pomóc obniżyć rachunki za wodę i koszty energii. Zainstalowanie urządzeń oszczędzających wodę, takich jak toalety i krany z niskim przepływem, może zmniejszyć zużycie wody i koszty energii związane z ogrzewaniem wody. Wychwytywanie i ponowne wykorzystywanie wody deszczowej, wody szarej i kondensatu może również obniżyć koszty energii związane z uzdatnianiem wody i pompowaniem.

### OTO KILKA SPOSOBÓW RACJONALNEGO WYKORZYSTANIA WODY W BUDYNKACH:



#### ZBIERAJ

##### WODĘ DESZCZOWĄ

Zainstalowanie systemu zbierania wody deszczowej może przechwytywać i przechowywać wodę deszczową do ponownego wykorzystania w budynkach, np. nawadniania, czyszczenia, a w niektórych przypadkach nawet picia.



#### ZAINSTALUJ

##### WODOOSZCZĘDNE URZĄDZENIA

Instalacja wodooszczędnych urządzeń, takich jak toalety o niskim przepływie i krany, może pomóc zmniejszyć zużycie wody i ilość odpadów.



#### PONOWNE WYKORZYSTANIE

##### SZAREJ WODY

Szara woda to ścieki z umywalek, pryszniców i pralek, które można ponownie wykorzystać do nawadniania lub pielęgnacji krajobrazu.



#### WYCHWYTYWANIE

##### KONDENSATU

Zainstalowanie systemu odzyskiwania kondensatu umożliwia wychwytywanie kondensatu z klimatyzatorów i innych systemów chłodzenia i ponownie wykorzystywać go do innych celów, takich jak nawadnianie.

To tylko kilka sposobów na recykling wody w budynkach i promowanie koncepcji gospodarki o obiegu zamkniętym. Stosując te metody, budynki mogą zmniejszyć zużycie wody i oszczędzać zasoby.

# KLUCZOWE ELEMENTY BUDYNKÓW CYRKULARNYCH

Żywotność elementów budynku i zapewnienie łatwego dostępu do nich jest podstawą kształtowania obiektu zgodnie z **Teorią Warstw** [2], która została po raz pierwszy opracowana przez Stewarta Branda. Według wspomnianej teorii odzysk determinuje formę obiektu w procesie projektowania dla demontażu konstrukcji. Takie podejście jest możliwe, ponieważ na skutek rozwoju techniki i technologii budowlanej budynek stał się ze struktury monolitycznej strukturą warstwową, o różnej wytrzymałości poszczególnych elementów, z możliwością ich indywidualnego projektowania i adaptacji. Wg Stewarta Branda składa się on z 6 części (rys. 12) o różnej trwałości (rys. 12).

Traktowanie budynku jako struktury warstwowej, oprócz wydłużenia jego trwałości, pozwala dodatkowo na efektywniejsze ekonomicznie zarządzanie jego naprawami i modyfikacjami oraz na wysoki poziom adaptacyjności. Może również radykalnie przyczynić się do prostego demontażu budynku oraz odzyskania z niego jak największej wartości ekonomicznej [22].

Z punktu widzenia teorii warstw kluczowymi elementami budynku są struktury, których czas użytkowania jest najkrótszy, a naprawy bywają nieoptymalne lub niemożliwe. Należą do nich elementy wyposażenia takie jak: meble, wykładziny, pokrycia ścian (tapety, boazerie, płytki), oświetlenie, sprzęt audiowizualny i AGD. Niestety, częsta wymiana dyktowana nie jest jedynie ograniczoną żywotnością w stosunku do innych składowych budynków, a przede wszystkim zmieniającymi się trendami modyowymi i rosnącą konsumpcją dóbr materialnych przez współczesne społeczeństwo. W efekcie działania te znacząco wpływają na obniżenie ogólnej cyrkularności budynków. Dlatego tak ważne jest również ciągłe edukowanie i podnoszenie świadomości konsumentów w tej kwestii oraz zachęcanie do zmiany dotychczasowego podejścia.



▲ Rys. 12. Warstwy budynku wg Stewarta Branda tzw. „6 S” [2]

WARSTWA	OPIS	CZAS TRWANIA
Działka SITE	Położenie geograficzne, położenie urbanistyczne i prawnie określona parcela, której granice i kontekst trwają dłużej niż generacje efemerycznych budowli	Wieczna
Konstrukcja STRUCTURE	Fundament i elementy nośne, których wymiana jest niebezpieczna i kosztowna	Żywotność konstrukcji to 30-300 lat, zwykle ok. 50-60 lat
Powłoka, skóra SKIN	Powierzchnie zewnętrzne budynku - elewacja, pokrycie dachowe	Zwykle 20 lat, zależne od mody, nowszych technologii czy konieczności remontu
Instalacje SERVICES	Instalacje wewnętrzne: elektryczne, wodno-kanalizacyjne, telekomunikacyjne, grzewcze, wentylacyjne oraz ruchome części budynku związane z komunikacją (schody ruchome, dźwigi)	Ulegają zużyciu co 7-5 lat, wiele budynków jest wyburzanych jeśli okazuje się, że instalacje są zbyt głęboko
Podziały i układ wnętrza SPACE PLAN	Ściany działowe, sufity podwieszane, drzwi, podłogi	Dla budynków handlowych 3 lata, dla budynków mieszkalnych maksymalnie 30 lat
Wyposażenie i elementy przenośne STUFF	Meble, lampy, obrazy, wyposażenie kuchni, itp.	Od tygodni, miesięcy do kilkunastu lat

▲ Rys. 13. Definicje i trwałość warstw budynku wg Stewarta Branda [2]



# PROCES BUDOWY

Wdrażanie koncepcji GOZ w budownictwie dotyczy w szczególności faz projektowania, użytkowania i wycofywania z eksploatacji budynków, natomiast nie należy zapominać o samym procesie budowy, którego optymalizacja może przyczynić się do ograniczenia negatywnego wpływu na środowisko, oszczędności materiałów i mediów wykorzystywanych w fazie budowy.

Już na początku budowy należy wydzielić teren, z którego będzie mogła korzystać firma budowlana. W tym obszarze powinna zamknąć się wszelka działalność silnie ingerująca w teren inwestycji. Ponadto należy jasno określić i zoptymalizować drogi komunikacji i transportu materiałów budowlanych zarówno na placu budowy, jak i poza nim. Materiały wykorzystane podczas budowy powinny pochodzić od lokalnych producentów, w celu minimalizacji zużycia surowców na potrzeby transportu.

Proces budowy powinien być optymalizowany pod względem zużycia wody, energii i odpadów (opakowaniowych, bytowych i budowlanych), w celu osiągnięcia minimalnych poziomów zużycia i produkcji odpadów, natomiast zebrane odpady należy odpowiednio sortować i przekazywać do dalszego zagospodarowania w zakładach przetwórstwa odpadów.

Wierzchnie masy ziemne, szczególnie o wysokiej zawartości próchnicy, należy przed przystąpieniem do robót zdjąć, aby po zakończeniu inwestycji móc ponownie je wykorzystać do zagospodarowania i rekultywacji terenu. Jeżeli miejscowy plan zagospodarowania przestrzennego, decyzja o warunkach zabudowy lub o pozwoleniu na budowę nie określają warunków i sposobu zagospodarowania mas ziemnych lub skalnych usuwanych lub przemieszczanych w trakcie budowy, to takie masy ziemne traktowane są jako odpady i powinny być w odpowiedni sposób zagospodarowane.

Jedną z zasad gospodarki o obiegu zamkniętym jest idea współdzielenia (ang. *sharing*), czyli korzystanie z dóbr bez konieczności posiadania ich na własność. Idea ta powinna być również stosowana w procesie budowy i dotyczyć np. wykorzystania maszyn budowlanych, rusztowań czy szalunków wielokrotnego użytku.

Ponadto, niejednokrotnie zamiast zakupu nowych elementów budowlanych można skorzystać z magazynów materiałów do ponownego użycia, takich jak BAMB [55], oferujących stare cegły, dachówki, przęsła ogrodzeniowe, balustrady, okna i drzwi. Poza aspektem czysto ekonomicznym i ekologicznym, powstające budynki zyskują na indywidualności i niepowtarzalności.

Wreszcie, by negatywny wpływ budowy na środowisko był maksymalnie ograniczony, dopuszcza się wykorzystywanie i przekształcanie elementów przyrodniczych wyłącznie w takim zakresie, w jakim jest to konieczne. Jeżeli ochrona elementów przyrodniczych nie jest możliwa, to zarówno inwestor, jak i wykonawca zobowiązani są podejmować działania mające na celu naprawę wyrządzonych szkód, prowadzącą do przywrócenia równowagi przyrodniczej na danym terenie i zachowanie walorów krajobrazowych [49, 50].



# UŻYTKOWANIE BUDYNKÓW ZGODNIE Z KONCEPCJĄ CYRKULARNOŚCI

## CYRKULARNOŚĆ W BUDOWNICTWIE OBEJMUJE RÓWNIEŻ SPOSÓB UŻYTKOWANIA BUDYNKU:

- oddziaływania budynku na środowisko
- oszczędnego używania mediów
- komfortu i jakości życia mieszkańców i użytkowników

Z perspektywy użytkownika negatywne oddziaływanie budynku na środowisko może zostać w znacznej mierze zminimalizowane poprzez jego odpowiednią konserwację, np. regularne przeglądy stanu technicznego elementów budynku wraz z przeprowadzaniem prac remontowych. Pozwala to na wydłużenie cyklu życia budynku i ogranicza konieczność przeprowadzania zaawansowanych prac remontowych.

Jednym z najważniejszych aspektów w czasie eksploatacji jest efektywność energetyczna budynku, którą ograniczyć można poprzez:

- zastosowanie odnawialnych źródeł energii cieplnej i elektrycznej w sposób niepowodujący nadmiernego zużycia zasobów naturalnych
- zagospodarowanie ciepła odpadowego, np. poprzez rekuperację ciepła (z wentylacji) czy wody (odzysk ciepła z wody odpływającej do kanalizacji)
- zastosowanie sprzętu domowego (AGD, multimedia, oświetlenie) o wysokiej klasie energetycznej i dłuższej żywotności
- okresowe przeglądy i serwisowanie instalacji i urządzeń ciepłych i elektrycznych, w celu utrzymania odpowiedniego stanu technicznego (wysokiej sprawności energetycznej).

W osiągnięciu wymiernych efektów w oszczędzaniu energii i mediów pomagają też idea tzw. domu inteligentnego, czyli wykorzystanie automatyki i technologii cyfrowych. Przykładem tego mogą być inteligentne gniazdka, które pozwalają włączać i wyłączać urządzenia elektryczne, ustalać harmonogram i monitorować zużycie energii elektrycznej. Innym przykładem jest malowanie ścian na jasne, odbijające światło kolory, co umożliwia późniejsze włączanie oświetlenia.

Kolejnym medium, którego zużycie podczas użytkowania budynku można ograniczyć jest woda. Można to robić na kilka sposobów, poprzez:

- wykorzystanie urządzeń domowych o niższym zapotrzebowaniu na wodę, np. pralki, zmywarki do naczyń
- wykorzystanie wody deszczowej w toaletach lub do nawadniania przydomowych ogrodów
- stosowanie urządzeń pozwalających na racjonalne wykorzystanie wody do codziennych celów, np. perlatory, baterie umywalkowe i prysznicowe reagujące na ruch.





# RENOWACJA BUDYNKÓW ZGODNIE Z KONCEPCJĄ CYRKULARNOŚCI

Budynek, by móc służyć użytkownikom przez długi czas, wymaga okresowych przeglądów i, w miarę potrzeby, napraw. Termin „renowacja” odnosi się do procesu przywracania czegoś do dobrego stanu. W branży budowlanej renowacja odnosi się do procesu ulepszania lub modernizacji starego, zniszczonego lub wadliwego budynku. Renowacja odgrywa kluczową rolę dla istniejących budynków UE i zwiększania ich efektywności energetycznej, a także jest ważnym elementem w osiągnięciu neutralności klimatycznej UE do 2050 r. Renowacja daje również szansę na lepsze gospodarowanie zasobami. Ogromnym wyzwaniem jest zmiana obecnych praktyk, gdzie nadal popularną opcją jest wyburzenie i postawienie budynku na nowo.

Przyjęcie zasad gospodarki o obiegu zamkniętym przy renowacji budynków może zatem zarówno zmniejszyć zużycie materiałów w istniejących budynkach, jak i zminimalizować emisje zawarte w materiałach budowlanych.

Wymienione działania za główny cel stawiają zmniejszenie zapotrzebowania na nowe konstrukcje, które generują większe zużycie materiałów, niż renowacja istniejących budynków, a przez to w znacznie większej mierze odbijają się negatywnie na środowisku.

## CELE CYRKULARNE W ZAKRESIE DZIAŁAŃ RENOWACYJNYCH SĄ PODOBNE JAK PODCZAS PROJEKTOWANIA BUDYNKÓW I MOŻNA JE OSIĄGNAĆ POPRZEZ [13]:

### WYDŁUŻENIE ŻYWOŹNOŚCI

Zwiększenie intensywności użytkowania poprzez przekształcanie istniejących przestrzeni w obszary wielofunkcyjne, czego przykładem może być wykorzystywanie stołówek biurowych jako restauracji poza godzinami funkcjonowania biur. Zmniejsza to zapotrzebowanie na nową przestrzeń w nowych budynkach.

Modernizacja, kiedy budynek przestaje spełniać aktualne wymogi i konieczne jest unowocześnienie jego cech użytkowych. Modernizacja prowadzi do wydłużenia czasu użytkowania istniejących budynków i zmniejszenia popytu na nowe.

Wybór trwałych materiałów i produktów budowlanych poprzez zastąpienie podczas renowacji komponentów najmniej trwałych alternatywą o dłuższej żywotności. Zmniejsza to częstotliwość przyszłych remontów, a nawet opóźnia wyburzenia, a w konsekwencji zmniejsza zapotrzebowanie na nowe budynki.

Opóźnianie wyburzenia budynku poza sytuacjami koniecznymi, np. z powodu zagrożenia związanego ze złym stanem technicznym, powoduje zmniejszenie popytu na nowe budynki.

### ZMNIEJSZENIE ZUŻYCIA MATERIAŁÓW

Stosowanie produktów z potencjałem do ponownego wykorzystania (zgodnie z zasadami Design for Disassembly), co ostatecznie doprowadzi do zmniejszenia zapotrzebowania na surowce, gdy produkty te zostaną ponownie wykorzystane po przyszłej renowacji.

Maksymalizacja ilości materiałów renowacyjnych pochodzących z recyklingu, co zmniejsza zapotrzebowanie na materiały pierwotne.

Maksymalizacja ponownego wykorzystania, w ramach której modelowane są strategie optymalizacji ponownego wykorzystania (np. usuwanie zanieczyszczeń, drobne operacje naprawcze w celu zwiększenia wydajności). Pozwala to zaoszczędzić równoważną ilość nowych, pierwotnych materiałów.

### WYKORZYSTANIE MATERIAŁÓW NOWEJ GENERACJI

Korzystanie z prefabrykowanych fasad, w tym okładzin i izolacji, generuje oszczędność materiału w porównaniu z opcjami nieprefabrykowanymi.

Wybór materiałów/produktów pochodzenia biologicznego, gdzie w miarę możliwości, podczas renowacji elementu budynku, wykorzystuje się biomateriały, oszczędzając w ten sposób zasoby nieodnawialne.

Korzystanie z rozwiązań opartych na naturze, które zakładają, że wszystkie renowacje dachu i elewacji będą obejmować montaż zielonego dachu/fasady.



# DEKONSTRUKCJA BUDYNKÓW ZGODNIE Z KONCEPCJĄ CYRKULARNOŚCI

Niejednokrotnie wyburzenie i zbudowanie obiektu od nowa jest dużo tańsze od kosztownej renowacji czy remontu związanego ze zmianą funkcji budynku istniejącego. Bardzo często inwestor przy zakupie nieruchomości od razu zakłada wyburzenie zabudowań znajdujących się na terenie inwestycji. Jednak takie działania, choć finansowo opłacalne, powodują generowanie dużo wyższych emisji pochodzących z wykorzystywania nowych materiałów oraz utylizacji elementów wyburzanego obiektu.

Istniejące zasoby budowlane zawierają ogromną ilość materiałów budowlanych, które w przyszłości mogą być dostępne do ponownego wykorzystania i recyklingu. Obecnie w Polsce oraz na Islandii nie ma publicznej bazy danych, która odzwierciedlałaby potencjał istniejących budynków jako banków materiałów budowlanych. Taka baza danych powinna zawierać szczegółowe informacje o budynku, takie jak kubatura, powierzchnie dachów, elewacje, podłogi, okna i drzwi, typologia budynku, okres budowy i lokalizacja, a także o rodzaju wykorzystanych materiałów.

BANKI MATERIAŁOWE WPŁYNĄ NA ZMNIEJSZENIE ILOŚCI MATERIAŁÓW Z BUDOWY I ROZBIÓRKI DEPONOWANYCH NA SKŁADOWISKACH LUB UNIESZKODLIWIANYCH W SPALARNIACH ODPADÓW, A TO POZWOLI NA:

stworzenie nowych miejsc pracy oraz rozwój działalności gospodarczej związanej z recyklingiem, co wpłynie na rozwój możliwości biznesowych społeczności lokalnych

zmniejszenie kosztów inwestycji poprzez ograniczenie kosztów zakupu nowych i usunięcia wycofanych z użytkowania starych materiałów; ponowne wykorzystanie materiałów ograniczy również koszty transportu

ograniczenie wpływu na środowisko, wynikającego z wydobycia surowców pierwotnych oraz produkcji nowych materiałów

oszczędność pojemności składowisk odpadów

W odróżnieniu do rozbiórki czy wyburzenia, dekonstrukcja jest procesem demontażu budynków, który ma na celu odzyskanie komponentów do ponownego użycia lub recyklingu. Dekonstrukcja pozwala zachować w obiegu materiały użyteczne i uniknąć generowania znacznych ilości odpadów.

Do zalet dekonstrukcji należą:

- wysoki poziom odzysku materiałów
- ochrona zasobów leśnych (poprzez wykorzystanie drewna rozbiórkowego)
- zachowanie surowców pierwotnych poprzez powtórne wykorzystanie.

W zależności od scenariusza dekonstrukcji, mogą być brane pod uwagę różne kierunki zarządzania odpadami budowlanymi i rozbiórkowymi. Wynika to z ich potencjału do bezpośredniego ponownego wykorzystania, możliwości przetwarzania i późniejszego recyklingu lub ostatecznego unieszkodliwienia. Znajomość powiązanego oddziaływania na środowisko wyrażonego przez współczynnik globalnego ocieplenia (GWP) procesu recyklingu danego materiału oraz abiotyczny potencjał wyczerpywania zasobów (ADP) pozwoli na wybór odpowiedniego scenariusza działań, o najmniejszym wpływie na środowisko.

W ramach analiz LCA (zgodnie z normą EN 15978 [34]), działania związane z dekonstrukcją budynku są ujęte w fazie C:

- selektywny proces rozbiórki lub tradycyjna rozbiórka elementów budowlanych
- zbiórka odpadów budowlanych i proces sortowania na miejscu
- transport do zakładu przetwarzania w celu przeprowadzenia procesów recyklingu/odzysku
- usuwanie odpadów na składowisko.

Dodatkowo w fazie D, wykraczającej poza cykl życia, możliwa jest ocena korzyści i obciążeń z procesu recyklingu, ponownego użycia i odzysku.

Stworzenie platformy dotyczącej odpadów pochodzących z rozbiórki zwiększy świadomość dotyczącą ich wpływu na środowisko oraz potrzeby ponownego użycia i recyklingu materiałów. Połączenie oddziaływań środowiskowych i ekonomicznych pozwoli na wybór najbardziej zrównoważonych i ekonomicznych rozwiązań, co umożliwi lepsze i efektywniejsze podejmowanie decyzji w zakresie gospodarki odpadami.



# NAJWAŻNIEJSZE WSKAZÓWKI I WYTYCZNE DLA PROJEKTÓW CYRKULARNYCH BUDYNKÓW

W niniejszym rozdziale przedstawiono dobre praktyki w zakresie budownictwa cyrkularnego, zawierające podpowiedzi i wytyczne dotyczące realizacji przedsięwzięć w zgodzie z GOZ. W tym kontekście należy podkreślić rolę zespołów projektowych, które podejmują decyzje wpływające na cyrkularność budynków na różnych etapach procesu budowlanego, tj. na etapie koncepcji, projektowania, realizacji oraz użytkowania i końca życia. Projektanci powinni dokonywać modyfikacji projektowania pod kątem GOZ na etapie koncepcji i projektowania, natomiast kierownik projektu wraz z inwestorem są odpowiedzialni za wdrożenie działań w ramach GOZ na etapie realizacji. Firmy wykonawcze powinny brać pod uwagę wytyczne dotyczące redukcji odpadów oraz ponownego wykorzystania elementów konstrukcyjnych w trakcie i po realizacji budowy. Podejmowane w procesie budowlanym decyzje, uwzględniające założenia GOZ powinny być weryfikowane przez kierowników zespołów i kierownika projektu również po zakończonej budowie, w szczególności w zakresie odpadów i utrzymania budynku.

Za wdrażanie rozwiązań w zakresie oszczędności surowców, minimalizacji odpadów oraz wykorzystania odpowiednich materiałów odpowiedzialny jest cały zespół projektowy. Projektanci pełnią w tym zakresie kluczową rolę, ponieważ odpowiedzialni są za planowanie całej inwestycji. Jednak myślenie w kierunku GOZ powinno rozpocząć się

▼ **Tabela 7.** Lista wskazówek dla zespołów projektowych wdrażających GOZ w budownictwie

już na etapie koncepcji i sam inwestor powinien dostrzec korzyści z tym związane i dać poparcie zespołowi projektowemu do realizacji inwestycji zgodnie z GOZ.

Poniżej przedstawiono listę wskazówek dla zespołów projektowych, aby ich inwestycje były realizowane zgodnie z wytycznymi gospodarki o obiegu zamkniętym. Lista wskazówek została opracowana w oparciu o opinię ekspertów grup roboczych projektu Circon w Polsce i na Islandii oraz wytycznych systemu Level(s) [68].

# WSKAZÓWKI

- **Wykorzystaj potencjał istniejących konstrukcji budynków.**

Uwzględnij:

- możliwość adaptacji budynku i dostosowanie go do pełnienia innych funkcji w przyszłości
- możliwość wykorzystania istniejącej konstrukcji nośnej
- możliwość wykorzystania materiałów i elementów budynku (np. elementów posadzki, cegły).

- **Wybierz lokalizację uwzględniając największą dostępność infrastruktury drogowej, sieci elektrycznej, wodociągowej itp., w celu minimalizacji konieczności ich doprowadzenia do terenu inwestycji.**

- **Zaplanuj w nowo projektowanym budynku możliwość zmiany przeznaczenia i adaptowalność budynku w cyklu życia.**

Uwzględnij:

- możliwość dostosowania budynku do przyszłych potrzeb użytkowników
- możliwość zmiany funkcji budynku.

ETAP Koncepcja

ASPEKTY



LOKALIZACJA



FUNKCJA



KONSTRUKCJA



## ETAP PROJEKTOWANIA

ASPEKTY



KONSTRUKCJA

- **Projektuj konstrukcję z uwzględnieniem możliwości rozbudowy, zmiany układu lub przeznaczenia pomieszczeń bez konieczności wykonywania prac budowlanych, gdzie powierzchnia może być współdzielona, przekształcona lub zmodyfikowana.**

Uwzględnij:

- odpowiednie rozstawy siatki słupów – szersze rozstawy słupów umożliwią bardziej elastyczne rozplanowanie kondygnacji
- rozmieszczenie elementów fasady - węższe przęsła zapewnią lepsze możliwości pod względem konfiguracji przestrzeni wewnętrznej
- system ścian wewnętrznych - nienośne ściany wewnętrzne umożliwią łatwiejsze dokonanie zmian w układzie pomieszczeń,
- większą wysokość kondygnacji do powierzchniowego poprowadzenia instalacji - zwiększy to elastyczność w zakresie prowadzenia instalacji wewnętrznych
- wielkość pomieszczeń i dostęp do nich - łatwy dostęp do pomieszczeń lub wyodrębnionej grupy pomieszczeń zwiększy możliwość w zakresie podnajmu
- fasady niepełniące funkcji nośnej - fasady niepełniące funkcji nośnej umożliwią łatwiejsze zmiany zarówno rozkładu wewnętrznego, jak i elementów zewnętrznych
- nośność konstrukcji zachowującą aktualność - wbudowanie niewykorzystanej nośności konstrukcji będzie sprzyjało przyszłym zmianom fasady i sposobu użytkowania budynku
- projekt konstrukcyjny sprzyjający rozbudowie w przyszłości - projekty konstrukcyjne o wytrzymałej konstrukcji poziomej pozwalającej udźwignąć dodatkowe kondygnacje umożliwi zwiększenie powierzchni użytkowej w przyszłości
- możliwość przekształcenia parteru do pełnienia innej funkcji
- łatwy dostęp do wszystkich pomieszczeń – zapewnienie dostępu dla osób z niepełnosprawnościami, osób starszych i dzieci.

- **Zaprojektuj pomieszczenia w sposób uniwersalny i dostosowany do potrzeb osób z niepełnosprawnościami.**

Uwzględnij:

- uniwersalność układu pomieszczeń - projektowanie powinno szanować wszystkich ludzi, uwzględniając bezpieczeństwo i wygodę użytkowników, niezależnie od wieku, płci i sprawności
- dostępność do pomieszczeń i ich funkcji - stosuj m.in. szerokie drzwi, wygodną wysokość blatów, oświetlenie kontrastowe oraz poręcze i uchwyty
- łatwość poruszania się po pomieszczeniach - bezpieczne i stabilne powierzchnie podłóg, unikanie schodów i innych przeszkód.

## ETAP PROJEKTOWANIA

### ASPEKTY



### KONSTRUKCJA

- **Zaprojektuj konstrukcję budynku, tak aby możliwy był jej demontaż, tj. łatwa dostępność do poszczególnych elementów i unikanie stałych połączeń elementów konstrukcji (połączenia klejowe lub nitowe).**

Uwzględnij:

- niezależne i łatwe do wyodrębnienia elementy i ich części – możliwość łatwego demontażu elementów na części składowe
- zmniejszenie ilości połączeń między elementami (hierarchiczna struktura budynku zamiast poziomej), zwiększając tym samym potencjał demontażu
- sekwencyjną hierarchiczną strukturę montażu (podział elementów na poziomy i montaż tych samych poziomów równolegle oraz w kolejności od najwyższego poziomu do najniższego), która umożliwi równoległy demontaż. Wykorzystanie połączeń i elementów o możliwie jak najbardziej uproszczonej geometrii oraz prefabrykowanych (prefabrykacja off-site umożliwia wykorzystanie standaryzowanych połączeń, łatwiejszy dostęp do komponentów oraz redukcję odpadów związanych z przygotowaniem elementu on-site)
- priorytetyzację połączeń mechanicznych i odwracalnych (np. złącza typu click, połączenia ryglowe, połączenia śrubowe), a dopiero w następnej kolejności połączeń chemicznych (np. szpachlowych, klejonych, spawanych)
- połączenia łatwo dostępne
- specyfikację elementów o znormalizowanych wymiarach
- potencjał budownictwa modułowego.

## ETAP PROJEKTOWANIA

### ASPEKTY



### MATERIAŁY I SUROWCE

- **Wykorzystaj narzędzia umożliwiające minimalizację wykorzystania materiałów**

Wykorzystaj:

- modele BIM zapewniające lepszą wizualizację, koordynację prac i optymalizację zużycia materiałów
- modele 3D do szybkiego i precyzyjnego obliczania wymiarów i wskaźników efektywności materiałów
- techniki projektowania prefabrykacji, aby zmniejszyć zużycie materiałów.

- **Podjmij działania mające na celu minimalizację wykorzystania materiałów.**

Uwzględnij:

- dobór materiałów (w miarę możliwości) używanych, z upcyklingu, recyklingu i downcyklingu. Należy przyjąć, że metodą preferowaną wykorzystania materiałów/elementów budynku po okresie eksploatacji jest ponowne użycie, a w dalszej kolejności upcykling, recykling lub downcykling
- dobór materiałów o najwyższej trwałości i odporności na użytkowanie oraz o najmniejszym stopniu przetworzenia
- dobór materiałów, które nie zawierają surowców krytycznych
- wybór materiałów o znanym pochodzeniu – najlepiej z certyfikowanych źródeł
- ograniczanie ogólnej ilości zużywanych materiałów i surowców
- wykorzystanie materiałów i produktów posiadających deklaracje EPD typu III
- stosowanie rozwiązań technologicznych, materiałów konstrukcyjnych i wykończeniowych oraz instalacji, które są cyrkularne i ograniczają wpływ na środowisko oraz minimalizują zużycie surowców pierwotnych.



## ETAP PROJEKTOWANIA

### ASPEKTY



INSTALACJE WEWNĘTRZNE  
I WYPOSĄŻENIE TECHNICZNE

- **Projektuj i dobieraj urządzenia techniczne instalacji wewnętrznych o jak najdłuższym czasie użytkowania, z możliwością uwzględnienia zmian i adaptacji oraz łatwej naprawy.**

Uwzględnij:

- łatwy dostęp do kanałów instalacji wewnętrznych - instalacje wewnętrzne, które nie są wbudowane w konstrukcję budynku zapewnią lepszy dostęp
  - łatwy dostęp do pomieszczeń technicznych i sprzętu, co ułatwi wymianę sprzętu technicznego w przyszłości
  - kanały wzdłużne do prowadzenia instalacji wewnętrznych, co zapewni elastyczność w rozmieszczeniu punktów odbioru mediów
  - wyższą kondygnację do poprowadzenia instalacji wewnętrznych, co zwiększy elastyczność w zakresie prowadzenia instalacji wewnętrznych
  - doprowadzenie instalacji wewnętrznych do wyodrębnionych części budynku - zapewnienie możliwości indywidualnej konserwacji pomieszczeń sanitarnych w wyodrębnionych częściach budynku zwiększy możliwości w zakresie podnajmu lub zmiany funkcji pomieszczeń/lokalu.
- **Projektuj budynek o wysokiej efektywności energetycznej, co najmniej wg obowiązujących przepisów zawartych w krajowych przepisach budowlanych, z wykorzystaniem odnawialnych źródeł energii.**
  - **Unikaj lub ewentualnie minimalizuj wykorzystanie energii pochodzącej z negatywnie wpływających na środowisko źródeł.**
  - **Zaprojektuj rozwiązania redukujące zużycie wody, wykorzystujące wodę deszczową oraz wodę szarą do celów gospodarczych.**
  - **Zaprojektuj odpowiednią regulację i automatykę w budynku, umożliwiające optymalne oszczędności energii.**
  - **Rozważ zastosowanie odzysku ciepła.**

## ETAP BUDOWY

### ASPEKTY



TRANSPORT  
MATERIAŁÓW



WZNOSENIE  
BUDYNKÓW

- **Pozyskuj materiały budowlane w miarę możliwości z lokalnych źródeł.**
- **Maksymalizuj i optymalizuj potencjał wykorzystania transportu.**
- **Zwracaj uwagę na rodzaj opakowania dostarczanych materiałów – powinien być wielokrotnego użytku z możliwością recyklingu.**
- **Wykorzystaj sprzęt, maszyny i urządzenia o wysokiej jakości, z wysoką klasą energetyczną, w dbałości o niskie zużycie energii elektrycznej.**
- **Wykorzystaj elementy wspomagające proces budowy np. elementy z druku 3D, prefabrykaty lub dowolne inne materiały wielokrotnego użytku (np. szalunek).**
- **Wykorzystaj odnawialne źródła energii oraz wodę deszczową w trakcie realizacji inwestycji.**
- **Skorzystaj z urządzeń oferowanych w ramach usług wynajmu.**

## ETAP BUDOWY

### ASPEKTY



#### ODPADY BUDOWLANE

- **Zaprojektuj optymalną przestrzeń do gromadzenia i segregowania odpadów budowlanych, umożliwiając ich odzysk.**
- **Opracuj plan gospodarowania odpadami budowlanymi na terenie inwestycji:**
  - uwzględnij sposoby postępowania z odpadami niebezpiecznymi i z odpadami innymi niż niebezpieczne
  - zaplanuj środki dla selektywnej zbiórki poszczególnych rodzajów odpadów z budowy
  - przechowuj zgromadzone materiały budowlane pod zadaszeniem, zabezpieczając je przed oddziaływaniem niekorzystnych warunków atmosferycznych.
- **Określ listę dobrych praktyk, które mogą ograniczyć ilość odpadów na miejscu budowy:**
  - maksymalizuj wykorzystanie elementów prefabrykowanych
  - zastosuj odpowiednie techniki sortowania, z uwzględnieniem możliwości wykorzystania, przetwarzania i unieszkodliwiania odpowiednich materiałów odpadowych (np. odpady obojętne, niebezpieczne lub inne niż niebezpieczne)
  - przypisz odpadom odpowiednie kody, zgodnie z krajowym wykazem odpadów
  - ogranicz ryzyko uszkodzenia dostarczanych materiałów poprzez ograniczenie czasu, jaki materiały są składowane luzem na miejscu – dostosuj dostawę materiałów do etapu realizacji oraz zaplanuj odpowiednie magazynowanie materiałów pod przykryciem (zabezpieczenie przed działaniem warunków pogodowych)
  - rozważ sposoby minimalizowania ilości materiałów zamawianych w nadmiarze (np. w drodze konkretnych kluczowych wskaźników efektywności i klauzul umownych).
- **Wyznacz cele i kluczowe wskaźniki efektywności zgodnie z krajową hierarchią postępowania z odpadami i krajowym wykazem odpadów.**

Rozważ:

  - unieszkodliwianie  $\leq 10\%$  odpadów innych niż niebezpieczne na składowisku
  - recykling i ponowne użycie  $\geq 40\%$  z wszystkich odpadów obojętnych
  - odzysk, recykling i ponowne użycie materiałów na poziomie  $\geq 95\%$  w przypadku frakcji odpadów obojętnych, gromadzonych selektywnie.

## ETAP BUDOWY

### ASPEKTY

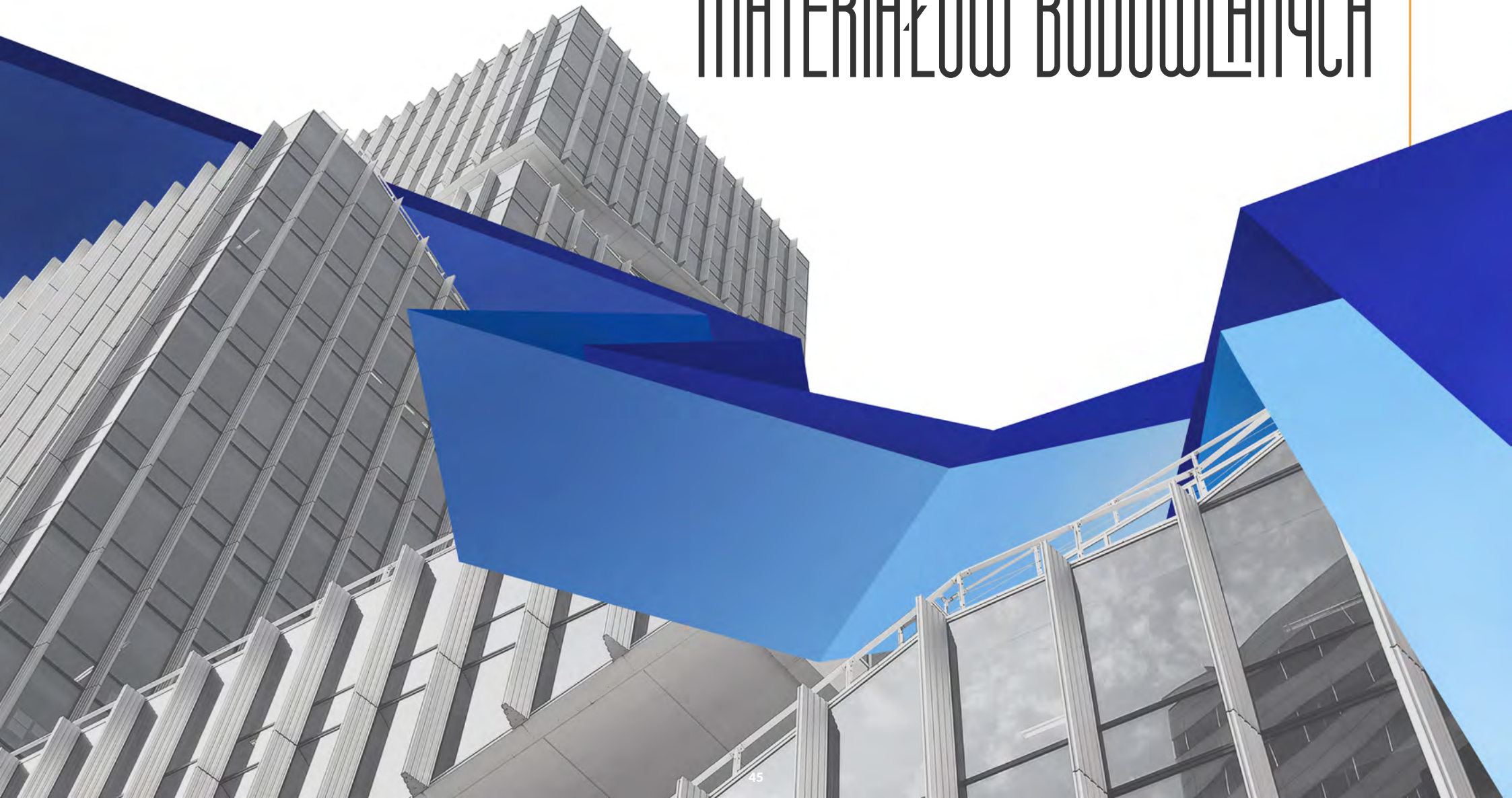


#### EWAŁUACJA

- **Oblicz częściowe wskaźniki cyrkularności oraz wskaźnik końcowy CI.**
- **Sprawdź, czy metodą preferowaną pozyskania materiałów/elementów do budowy jest ponowne użycie, czyli wykorzystanie gotowych elementów wcześniej wykorzystywanych, a dopiero w dalszej kolejności upcykling, recykling lub downcykling.**
- **Sprawdź, czy zwrócono uwagę, by budynek był bankiem materiałowym i zawierał jak największy udział elementów, które mogą być ponownie wykorzystane, poddane upcyklingowi, recyklingowi lub downcyklingowi.**
- **Sprawdź, czy zwrócono uwagę, aby budowa obiektu była prowadzona przy optymalizacji zużycia energii, minimalizacji zużycia surowców pierwotnych oraz odpadów budowlanych. Analiza cyrkularności budynku powinna być porównana z innymi analizami wpływu na środowisko, w celu wyboru najkorzystniejszych wspólnych rozwiązań.**



# POTENCJAŁ CYRKULARNOŚCI MATERIAŁÓW BUDOWLANYCH



Wykorzystanie materiałów cyrkularnych zaczyna cieszyć się coraz większą popularnością, zarówno wśród producentów materiałów i produktów budowlanych, jak i użytkowników (klientów). Dzieje się tak nie tylko ze względów środowiskowych (wykorzystanie materiałów cyrkularnych wiąże się z redukcją wykorzystania surowców naturalnych i równoczesnym zmniejszeniem ilości generowanych odpadów), ale także dlatego, że mogą stanowić tańszą i przede wszystkim dostępną alternatywę dla materiałów nowych. Mają one również swoje wady i ograniczenia, takie jak na przykład mniejsza wytrzymałość i trwałość w porównaniu do materiałów nowych, dlatego należy je rozpatrywać indywidualnie, biorąc pod uwagę ich typ oraz planowane zastosowanie.

W przypadku budownictwa cyrkularnego, materiały spełniające co najmniej jedno z powyższych kryteriów powinny być przez zespoły projektowe wybierane w pierwszej kolejności. Jednak, aby w pełni ocenić jakość środowiskową danego materiału, należy także wziąć pod uwagę jego potencjał zużycia surowców mineralnych (ang. *Abiotic Depletion Potential* - ADP), dający kompleksową informację dotyczącą rzadkości występowania danego materiału lub jego składowych. Szacunkowe wartości ADP dla wybranych materiałów, opracowane na podstawie baz danych, zawarte zostały w załączniku do niniejszego opracowania.

W deklaracjach EPD dla określonych wyrobów budowlanych można natomiast znaleźć specyficzne wartości ADP konkretnego wyrobu często uwzględniające bardziej szczegółowo proces jego produkcji niż w przypadku generycznych baz danych. Należy mieć jednak na uwadze, aby posługiwać się najbardziej aktualnymi deklaracjami, ponieważ wartości ADP dla surowców są stale aktualizowane, co wpływa na wypadkową wartość ADP wyrobu. Z uwagi na brak przyjętych granic systemu wyznaczania ADP, jego wartości dla podobnych wyrobów mogą znacząco się różnić. Dlatego w przypadku posługiwania się specyficznymi wartościami ADP konieczne jest doświadczenie, w celu wykluczenia skrajnych wartości.

Współcześnie, najczęściej wykorzystywanymi ponownie lub przetwarzanymi materiałami w budownictwie są stal, drewno, szkło, cegły, beton, cement i elementy betonowe, a także tworzywa sztuczne, czy osprzęt oświetleniowy. W kolejnych podrozdziałach omówiono najważniejsze z nich.

## MATERIAŁY BUDOWLANE (Z UWZGLĘDNIENIEM ICH PROCESU PRODUKCJI I POZYSKANIEM ORAZ WYKORZYSTANIEM SUROWCÓW) O NISKIM NEGATYWNYM WPŁYWIE NA ŚRODOWISKO [33] TO TAKIE, KTÓRE:



są stosunkowo łatwe w montażu, charakteryzujące się możliwością adaptacji do nowych zastosowań (np. systemy sufitowe umożliwiające łatwy dostęp do instalacji) i niewymagające do tego dodatkowych szkodliwych środowiskowo komponentów



są niskoenergetyczne, w tym charakteryzujące się niskim poziomem energii wbudowanej



są wykonane z surowców odnawialnych, surowców pochodzących z odzysku, surowców certyfikowanych (np. drewno z certyfikatem FSC) lub wtórnie przetworzonych materiałów (odpadów)



nie emitują szkodliwych substancji zarówno w procesie produkcji i użytkowania, jak i po zakończeniu cyklu użytkowania



mają cechy umożliwiające ich powtórne przetworzenie lub bezpośrednie wykorzystanie do ponownego użytku



zostały wyprodukowane relatywnie blisko inwestycji, tym samym ograniczając transport materiału na miejsce



zostały opakowane materiałami możliwymi do odzysku lub ponownego wykorzystania



# STAL

## Znaczenie stali dla budownictwa

Stal stanowi jeden z podstawowych materiałów w budownictwie, z powodu wysokiej wytrzymałości i trwałości, połączonej z lekkością oraz odpornością na warunki atmosferyczne. Stal jest również ognioodporna, co czyni ją idealnym wyborem dla budynków zlokalizowanych na terenach narażonych na klęski żywiołowe. Niezwykła wszechstronność stali (jej wytrzymałość i plastyczność) pozwala na wykorzystanie jej do tworzenia różnorodnych konstrukcji i komponentów, od ram i kolumn po więzary dachowe i belki. Dodatkowo, stal może być poddawana wielokrotnemu recyklingowi bez ryzyka obniżenia jej właściwości, co w połączeniu z wysokim zapotrzebowaniem na ten materiał spowodowało rozwój infrastruktury przetwórczej, zmniejszając tym samym jej negatywny wpływ na środowisko.

## Energochłonność produkcji i wykorzystania stali w budownictwie

Zużycie energii podczas produkcji i wykorzystania stali w budownictwie zależy od typu stali, rodzaju wykończenia, jej zastosowania oraz wielkości budynku. Generalnie, zużycie energii do produkcji stali szacuje się na około 10 GJ/t wyprodukowanej stali. Dlatego też jej wykorzystanie jest bardziej energochłonne niż na przykład wykorzystanie drewna, jednak charakteryzuje się większą wytrzymałością i trwałością.

## Wykorzystanie stali w budownictwie w kontekście gospodarki o obiegu zamkniętym

Jak wspomniano wcześniej, stal może być poddawana wielokrotnemu recyklingowi, bez utraty właściwości. Dlatego też jest ona jednym z najczęściej poddawanych recyklingowi materiałów na świecie i może być ponownie wykorzystana w postaci na przykład prętów zbrojeniowych, stali konstrukcyjnej, stalowych belek stropowych i innych elementów. Jednakże, coraz większy nacisk kładziony jest na bezpośrednie ponowne wykorzystanie (*reuse*) stali konstrukcyjnej w postaci pierwotnej (np. konstrukcji nośnych budynków, elewacji) lub jej regenerację z konstrukcji kompozytowych (np. konstrukcji zespolonych stalowo-betonowych), co pozwala na znaczne obniżenie śladu węglowego oraz redukcję zużycia wody, dzięki uniknięciu konieczności przetwarzania złomu stalowego [4, 33, 46]. W kontekście bezpośredniego ponownego wykorzystania elementów stalowych nadmienić należy, że jest to dodatkowo ułatwione poprzez ujednoczenie ich wymiarów [33]. Ponadto, w kontekście gospodarki o obiegu zamkniętym, stal może być także wykorzystywana do wznoszenia budynków przeznaczonych do demontażu i ponownego wykorzystania (ang. *Design for Disassembly*), jak na przykład prefabrykowane konstrukcje stalowe PEB (ang. *Pre-Engineered Steel Buildings*).



## Wpływ na środowisko produkcji i stosowania stali w budownictwie

Produkcja i wykorzystanie stali w budownictwie może mieć znaczący wpływ na środowisko, ponieważ są one źródłem zanieczyszczeń powietrza, w tym dwutlenku siarki, tlenków azotu i cząstek stałych. Spalanie paliw kopalnych do produkcji stali również przyczynia się do globalnych zmian klimatycznych. Ponadto, produkcja stali generuje niebezpieczne odpady, takie jak żużel i pył, które należy utylizować w sposób niewyrządzający szkód dla środowiska. Wreszcie, jak wspomniano wcześniej, proces produkcji stali związany jest także ze znaczną konsumpcją wody.



## Możliwości recyklingu i ponownego wykorzystania stali w budownictwie

**Bezpośrednie ponowne wykorzystanie (*reuse*) stali konstrukcyjnej:** stal konstrukcyjna jest trwałym materiałem, który może być ponownie wykorzystany na wiele sposobów, zarówno w postaci pierwotnej, jak i zmodyfikowanej (na przykład poprzez zmianę wymiarów – przycięcie). To sprawia, że elementy stalowe są atrakcyjną opcją do ponownego wykorzystania w różnego typu projektach, jako na przykład belki, okładziny dachowe, rury, schody, czy też elementy dekoracyjne [33]. Przykładem takiego wykorzystania jest elewacja wykonana ze zużytej blachy stalowej w centrum recyklingu [Kringloop Zuid](#) w Maastricht (Holandia) lub wykorzystanie elementów stalowych ze starej hali pojazdów przy budowie [Centrum Recyklingu w Almere](#) (Holandia) oraz platformy recyklingu.

**Recykling złomu stalowego:** stal może być poddawana recyklingowi i ponownie wykorzystywana do tworzenia elementów konstrukcji budowlanych.

**Ponowne wykorzystanie stali w projektowaniu wnętrza:** stal może być używana do tworzenia mebli lub innych elementów wyposażenia wnętrz, nadając każdej przestrzeni industrialny, a jednocześnie nowoczesny wygląd.



# DREWNO

## Znaczenie drewna dla budownictwa

Drewno jako materiał budowlany ma wiele zalet, ponieważ jest materiałem odnawialnym, a jego produkcja i przetwarzanie mają mniejszy wpływ na środowisko w porównaniu z innymi materiałami budowlanymi, takimi jak beton i stal. Drewno jest również trwałe i odporne na korozję oraz ma naturalne właściwości izolacyjne, co pozwala na oszczędność energii niezbędnej do ogrzewania pomieszczeń. Współcześnie drewno jest wykorzystywane w budowie domów (zarówno jako materiał nośny, jak i dekoracyjny), a także w konstrukcjach dachowych, ramach okiennych, drzwiach, podłogach, balustradach, czy też schodach.

## Energochłonność produkcji i wykorzystania drewna

Produkcja i wykorzystanie drewna w budownictwie ma znacznie mniejszą energochłonność w porównaniu do innych materiałów budowlanych, takich jak beton czy stal, co wynika w głównej mierze z faktu, że:

- Proces produkcji betonu i stali związany jest ze znacznym zapotrzebowaniem na energię i ciepło (głównie z powodu konieczności zastosowania procesów termicznych, np. do produkcji cementu i procesów wydobywania, np. kruszywa), podczas gdy obróbka drewna jest procesem znacznie mniej energochłonnym.
- Drewno jest materiałem odnawialnym, w przeciwieństwie do betonu czy stali. Oznacza to, że w przypadku zrównoważonej gospodarki leśnej, zasoby drzewne mogą być na bieżąco odnawiane bez uszczerbku dla bioróżnorodności ekosystemów leśnych.
- Drewno ma bardzo dobre właściwości izolacyjne, dzięki czemu jego zastosowanie może zmniejszyć zużycie energii w budynkach poprzez zapobieganie stratom ciepła.



## Wykorzystanie drewna w budownictwie w kontekście gospodarki o obiegu zamkniętym

Wykorzystanie surowców odnawialnych jest kluczowe dla zrównoważonego rozwoju. Dlatego też drewno jest jednym z najważniejszych materiałów, które można wykorzystać w obszarze budownictwa cyrkularnego. Może być ono wykorzystane jako tak zwane drewno z odzysku, czyli takie, które zostało odzyskane ze starych konstrukcji i otrzymało nowe życie w projektach budowlanych, w postaci, między innymi, mebli, elementów konstrukcyjnych (np. krokwi), czy też materiałów wykończeniowych (np. parkietów, schodów, okładzin ścian). Nadmienić należy jednak, że istotnym aspektem związanym z ponownym zastosowaniem drewna w budownictwie jest jego konserwacja (zabezpieczająca je przed szkodliwym działaniem czynników atmosferycznych, owadów, czy też grzybów), z powodu której odzysk drewna może być niemożliwy. Wynika to z wykorzystania toksycznych środków konserwujących, które stwarzają zagrożenie dla ludzkiego zdrowia podczas przetwarzania lub uniemożliwiają łączenie elementów przez niepożądane reakcje między konserwantami a klejami [33]. Istotnym aspektem jest także przechowywanie elementów drewnianych tak, aby uniknąć ich zawilgocenia, skutkującego uszkodzeniem lub deformacją [21].



## Wpływ produkcji i stosowania drewna w budownictwie na środowisko

Produkcja i stosowanie drewna w budownictwie mają wpływ na środowisko, jednakże jest on zazwyczaj znacznie mniejszy niż w przypadku materiałów konwencjonalnych, takich jak beton czy stal. Niemniej jednak, nacisk należy kłaść na zrównoważoną gospodarkę leśną, która minimalizuje negatywny wpływ przemysłu drzewnego na bioróżnorodność i zasoby leśne.

## Możliwości recyklingu i ponownego wykorzystania drewna w budownictwie

Drewno jest materiałem, który może być łatwo poddawany recyklingowi i ponownie wykorzystany, co stanowi korzyść dla środowiska naturalnego, ponieważ pozwala na zmniejszenie ilości odpadów i zużycia surowców naturalnych. Możliwości recyklingu i ponownego wykorzystania drewna w budownictwie są następujące:



**Bezpośrednie ponowne wykorzystanie elementów drewnianych (reuse):** elementy drewniane, takie jak na przykład ramy okienne, drzwi, belki stropowe, czy krokwie, mogą zostać ponownie wykorzystane po uprzednim sprawdzeniu ich stanu technicznego. Przykładem tego jest ponowne wykorzystanie 80-90% materiałów (między innymi drzwi, belek, okładzin ścian) z rozbioru [siedziby administracji samorządowej w Terneuzen](#) (Holandia) przy realizacji innych projektów budowlanych.

**Recykling elementów drewnianych:** elementy drewniane, takie jak meble, palety, skrzynie, mogą zostać przetworzone na inne meble, podłogi, ozdoby, elementy dekoracyjne lub konstrukcje ogrodowe. Przykładem takiego wykorzystania jest przetworzenie stołków barowych oraz podłogi z pobliskiego klasztoru na podłogę w pawilonie [Circl](#) w Amsterdamie (Holandia).

**Recykling odpadów drewnianych:** odpady drewniane (np. trociny lub drewniane odpady budowlane) mogą zostać wykorzystane do produkcji, na przykład materiałów izolacyjnych (takich jak wełna drzewna), płyt wiórowych lub kompozytowych typu OSB [33], klejonek [37], czy ścian z materiałów odnawialnych wyprodukowanych przy użyciu technologii druku 3D [25].



# SZKŁO

## Znaczenie szkła dla budownictwa

Szko jest niezwykle ważnym materiałem w budownictwie, z uwagi na swoje właściwości, takie jak przezroczystość, wytrzymałość, ochrona przed promieniowaniem UV i izolacja termiczna. Przykładem zastosowania szkła w budownictwie są okna, drzwi, ścianki działowe czy też balustrady. Szko jest również popularnym materiałem do tworzenia elewacji budynków, w tym fasad, ponieważ pozwalają one na wprowadzenie do budynku dużych ilości naturalnego światła, co poprawia komfort mieszkańców i użytkowników.

## Energochłonność produkcji i wykorzystania szkła w budownictwie

Energochłonność wykorzystania szkła w budownictwie związana jest nie tylko z procesem jego produkcji, ale także z użytkowaniem. Sam proces produkcji szkła jest złożony i wymaga dużych ilości energii elektrycznej i cieplnej (pochodzącej ze spalania paliw kopalnych) potrzebnych do działania wysokotemperaturowych piecy, w których surowce mineralne (głównie krzemionka, węgiel sodu i tlenek wapnia) są topione i formowane w szkło. Ponadto, transport oraz montaż elementów szklanych, często wymagający specjalnych pojazdów i sprzętu, ze względu na wagę i kruchość szklanych wyrobów, obciążony jest również relatywnie wysokim zużyciem energii.

Szko jest jednak materiałem, który można łatwo recyklingować bez utraty jego pierwotnych właściwości. Recykling szkła może wymagać znacznie mniejszej ilości energii niż jego produkcja, dlatego im większa będzie ilość szkła poddawanej recyklingowi, tym mniejsze będzie zużycie energii w procesie produkcji nowego szkła, minimalizując tym samym jego wpływ na środowisko.

## Zastosowanie szkła w sektorze budownictwa w kontekście gospodarki o obiegu zamkniętym

Jak wspomniano wcześniej, szkło jest materiałem, który można łatwo poddawać recyklingowi bez utraty jego pierwotnych właściwości, co czyni go atrakcyjnym materiałem w kontekście GOZ. Bezpośrednie ponowne wykorzystanie (*reuse*) elementów szklanych jest jednak utrudnione, ze względu na kruchość samego szkła, trudność w jego demontażu oraz niewystarczające właściwości izolacyjne. Pokruszone szkło (stłuczka szklana) może natomiast być wykorzystane zarówno do produkcji nowych wyrobów szklanych (np. okien, drzwi, nośników szklanych, elementów fasad i ścianek działowych), jak i jako zamiennik kruszywa w produkcji betonu i wełny szklanej, źródło krzemu w produkcji wyrobów ceramicznych, czy też do produkcji szkła spienionego [33]. Istotnym jednak jest odpowiednie sortowanie odpadów szklanych, z uwzględnieniem ich koloru, rodzaju materiału oraz sposobu produkcji, co pozwoli na utrzymanie jakości materiału podczas procesu przetwarzania. Bez odpowiedniego sortowania wsad szklany może ulec zanieczyszczeniu, a co za tym idzie, jego jakość może ulec znacznemu pogorszeniu.

## Wpływ produkcji i stosowania szkła w budownictwie na środowisko produkcji i stosowania szkła w budownictwie

Produkcja i stosowanie szkła w budownictwie ma zarówno pozytywny, jak i negatywny wpływ na środowisko. Jego negatywny wpływ wiąże się z między innymi z intensywnym zużyciem surowców niezbędnych do jego produkcji (piasku kwarcowego, węgla sodu i tlenku wapnia) oraz wysokim zużyciem energii i emisją zanieczyszczeń (gazów cieplarnianych, tlenków azotu, tlenków siarki). Jednakże, jak wspomniano wcześniej, szkło może być łatwo poddawane recyklingowi, co pozwala na znaczne zmniejszenie zużycia surowców naturalnych używanych do jego produkcji. Należy jednak nadmienić, że recykling szkła również wiąże się z emisją gazów cieplarnianych, co przyczynia się do globalnego ocieplenia.

## Możliwości recyklingu i ponownego wykorzystania szkła w budownictwie

**Bezpośrednie ponowne wykorzystanie elementów szklanych** wiąże się często z problemami technicznymi, ze względu na kruchość szkła i problemy z jego demontażem. Pomimo to jednak elementy szklane wykorzystywane są z powodzeniem w budownictwie, jak w przypadku fasady i dachu wykonanego z szyb z pojazdów wycofanych z eksploatacji w [Glass Chapel](#) w Masons Bend (USA).

**Recykling stłuczki szklanej do produkcji elementów i produktów szklanych:** stłuczka szklana może być poddawana recyklingowi wielokrotnie (pod warunkiem braku zanieczyszczenia oraz odpowiedniego sortowania odpadów szklanych), co pozwala na produkcję nowych wyrobów, takich jak na przykład elementy elewacji, balustrady, drzwi, okna, oświetlenie.

**Wykorzystanie stłuczki szklanej w produkcji izolacji:** stłuczka szklana może być wykorzystywana do produkcji materiałów izolacyjnych, takich jak wełna szklana lub szkło piankowe, które są stosowane jako materiały izolacyjne, przyczyniające się do zmniejszenia zużycia energii w budynkach i polepszające akustykę pomieszczeń.

**Wykorzystanie stłuczki szklanej podczas produkcji materiałów budowlanych:** stłuczka szklana może zostać wykorzystana jako zamiennik surowców wykorzystywanych przy produkcji materiałów budowlanych, np. jako zamiennik kruszywa w produkcji betonu lub źródło krzemu w produkcji wyrobów ceramicznych, czy też cegły [33].



# CEGLA

## Znaczenie cegły dla budownictwa

Cegła to jeden z najstarszych materiałów budowlanych, który do dziś ma wielkie znaczenie dla budownictwa ze względu na:

- **Trwałość:** cegła jest bardzo trwałym materiałem budowlanym, który może przetrwać wiele dziesięcioleci bez konieczności wymiany. Dzięki temu, budynki wzniesione z cegły są bardzo stabilne i odporne na różne czynniki atmosferyczne, jak również na pożary i trzęsienia ziemi.
- **Energochłonność:** produkcja cegieł wymaga stosunkowo małej ilości energii w porównaniu do innych materiałów budowlanych.
- **Estetykę:** cegła może być stosowana w różnych stylach architektonicznych i daje budynkom unikalny i elegancki wygląd. Cegła ma również wiele różnych kolorów i faktur, co pozwala na stworzenie unikalnych projektów.
- **Łatwość w montażu:** cegła jest stosunkowo łatwa w montażu i może być stosowana do budowania różnych elementów, takich jak ściany, kolumny, łuki, schody i inne.
- **Przyjazność środowiskową:** cegła jest wytwarzana z wykorzystaniem materiałów naturalnych i może być również łatwo poddawana recyklingowi lub bezpośredniemu powtórnemu wykorzystaniu.

## Energochłonność produkcji i wykorzystania cegły w budownictwie

Produkcja cegieł wymaga stosunkowo niewielkiej ilości energii, w porównaniu do innych materiałów budowlanych, takich jak beton czy stal. W przypadku tradycyjnej produkcji cegieł energia zużywana jest na proces wypalania gliny, a także na obróbkę i transport. Jednak w celu zmniejszenia energochłonności oraz śladu środowiskowego procesu produkcji cegieł, wielu wytwórców stosuje odzysk ciepła i inne innowacyjne rozwiązania. Ponadto, jako że cegła jest dobrym izolatorem termicznym, jej wykorzystanie może pomóc zmniejszyć zużycie energii potrzebnej do ogrzewania lub chłodzenia budynku, w którym jest zastosowana.



## Zastosowanie cegły w sektorze budownictwa w kontekście gospodarki o obiegu zamkniętym

W kontekście GOZ cegła może być wykorzystywana w różne sposoby, aby zminimalizować ilość odpadów budowlanych i zwiększyć efektywność zasobów budowlanych. Jednym ze sposobów jest bezpośrednio ponowne wykorzystanie cegły, w którym kluczowym jest jednak odpowiedni sposób rozbiórki murów. Cegła może być odzyskana z porzuconych lub rozbiórkowych budynków, a następnie poddana procesowi obróbki i czyszczenia, aby mogła być ponownie wykorzystana w nowych konstrukcjach. Proces czyszczenia cegieł może zachodzić mechanicznie, bez wykorzystania wody oraz dodatkowych chemikaliów, a odzyskane cegły mogą uzyskać certyfikację CE [57]. Nadmienić należy jednak, że istotny wpływ na możliwość odzyskania cegieł ma rodzaj zastosowanej zaprawy murarskiej. I tak, czyszczenie cegieł z nowoczesnych zapraw (silnie wiążących) często powoduje ich uszkodzenie i może być dużo bardziej czasochłonnym procesem niż w przypadku zastosowania zaprawy wapiennej [33]. W przypadku niemożności rozbiórki muru bez znacznego uszkodzenia cegieł czasami możliwe jest bezpośrednie wykorzystanie całościowych fragmentów murów. Rozdrobnione cegły służyć mogą także jako kruszywo do produkcji nowych materiałów budowlanych, np. mieszanki betonowej lub, ostatecznie, jako materiał wypełniający, na przykład w budowie dróg lub ścieżek.



## Wpływ produkcji i stosowania cegły w budownictwie na środowisko

Wpływ na środowisko naturalne produkcji i stosowania cegły w budownictwie jest uzależniony w dużej mierze od lokalnych uwarunkowań, takich jak dostępność surowców naturalnych, metody produkcji i transportu. W związku z tym ważnym jest podejmowanie działań mających na celu jak największe wykorzystanie cegły z lokalnych źródeł oraz, w miarę możliwości, odzyskanej cegły rozbiórkowej.



## Możliwości recyklingu i ponownego wykorzystania cegły w budownictwie

• **Bezpośrednie ponowne wykorzystanie (*reuse*) murów ceglanych:** mury ceglane mogą zostać wykorzystane bezpośrednio w postaci paneli, jak na przykład w przypadku projektu [Resource Rows](#) w Kopenhadze duńskiej firmy Lendager.

• **Bezpośrednie ponowne wykorzystanie zregenerowanych cegieł:** cegła może być poddana procesowi regeneracji, który polega na usuwaniu starej zaprawy czy farby, czyszczeniu, a następnie ponownym użyciu w budownictwie, jak w przypadku [Muzeum Sztuki w Ravensburg](#) (Niemcy), w którym wykorzystano cegły pochodzące z rozbiórki XIV-wiecznego klasztoru, tym samym osadzając nowy budynek w historycznym krajobrazie miasta. Podobnym przykładem zachowania dziedzictwa kulturowego poprzez wykorzystanie cegieł rozbiórkowych jest [Muzeum Historyczne w Ningbo](#) (Chiny), którego fasada została wykonana z cegieł datowanych na nawet tysiąc lat.

• **Wykorzystanie cegieł do budowy systemów drenażowych:** cegła może być wykorzystana do budowy systemów drenarskich w ogrodach, parkach lub innych przestrzeniach zielonych.

• **Recykling cegieł w postaci rozdrobnionej:** rozdrobniona (pokruszona) cegła może być wykorzystana np. jako kruszywo do produkcji nowych materiałów konstrukcyjnych [33].



# BETON

## Znaczenie betonu dla budownictwa

Beton jest jednym z najważniejszych materiałów budowlanych, wykorzystywanym w budownictwie na całym świecie, ze względu na jego:

- **Trwałość i wytrzymałość:** beton jest jednym z najtrwalszych i najbardziej wytrzymałych materiałów budowlanych. Dzięki swojej wytrzymałości na ściskanie i rozciąganie jest on idealnym materiałem do budowy mostów, wieżowców, dróg, kanałów i innych konstrukcji.
- **Uniwersalność:** beton może być formowany w różne kształty o różnych rozmiarach, dzięki czemu można go wykorzystać do budowy praktycznie każdego typu konstrukcji, od małych budynków mieszkalnych po duże obiekty przemysłowe.
- **Ognioodporność:** beton jest jednym z najbardziej ognioodpornych materiałów, zwiększając tym samym bezpieczeństwo pożarowe konstrukcji.
- **Niska cena:** beton jest stosunkowo tani w porównaniu do innych materiałów budowlanych, co czyni go bardziej dostępnym dla szerszej grupy odbiorców.
- **Łatwość produkcji:** produkcja betonu jest stosunkowo prosta i wymaga niewielkiej ilości surowców, takich jak woda, cement, żwir i piasek. Z tego powodu beton jest szeroko stosowany na całym świecie, zwłaszcza w krajach rozwijających się.

## Energochłonność produkcji i wykorzystanie betonu w budownictwie

Energochłonność wykorzystania betonu w budownictwie związana jest głównie z produkcją cementu. W celu zmniejszenia energochłonności procesu produkcji cementu, poza automatyzacją procesów, odpowiednią konserwacją i obsługą maszyn i sprzętu, może zostać zastosowany szereg technologii (np. bardziej wydajne technologie mielenia, wykorzystanie ciepła odpadowego do wytwarzania energii) lub na przykład zastąpienie klinkieru innymi materiałami (np. metakaolinem – ang. *calcinated clay*) [23]. Obniżenie energochłonności wykorzystania betonu może także nastąpić poprzez częściowe zastąpienie cementu, na przykład odpadami z procesów spalania (granulowanym żużlem czy popiołem lotnym) [33].

## Zastosowanie betonu w sektorze budownictwa w kontekście gospodarki o obiegu zamkniętym



W kontekście gospodarki o obiegu zamkniętym beton może być zarówno bezpośrednio ponownie wykorzystany (w postaci elementów konstrukcyjnych, np. belki, stropy czy słupy, wielkiej płyty czy też betonowych bloków, używanych przykładowo jako płyty ogrodowe), jak i recyklingowany w postaci skruszonej. W przypadku recyklingu betonu skruszonego, jednym z największych wyzwań obecnie jest utrzymanie wymaganych parametrów produktu końcowego [38], w związku z czym beton z recyklingu często wykorzystuje się w budownictwie drogowym lub do produkcji elementów nienośnych [33].

## Wpływ produkcji i stosowania betonu w budownictwie na środowisko



Produkcja i wykorzystanie betonu w budownictwie jest związane ze znacznym zużyciem energii i emisją gazów cieplarnianych. Według raportu **Global Cement and Concrete Association** [66] produkcja cementu jest odpowiedzialna za około 8% globalnej emisji gazów cieplarnianych. Co więcej, procesy wytwórcze betonu wymagają energii i surowców, takich jak woda, co wpływa negatywnie na środowisko naturalne. Jednak dzięki innowacjom technologicznym oraz wprowadzaniu bardziej ekologicznych alternatyw, takich jak beton z dodatkiem popiołów lotnych, wykorzystanie energii podczas produkcji betonu może zostać zredukowane.

## Możliwości recyklingu i ponownego wykorzystania betonu w budownictwie



**Bezpośrednie ponowne wykorzystanie (*reuse*) elementów betonowych w ramach ich pierwotnej funkcji:** elementy pozbawione wad projektowych, technologicznych i użytkowych mogą zostać ponownie użyte w ramach pierwotnej funkcji, czego przykładem może być wykorzystanie istniejących ścian, stropu piwnicy, szybu windy oraz pasażu wejściowego w projekcie [Brunnerstasse 9](#), zrealizowanym przez Brandlhuber & Emde & Burlon w Berlinie, czy też [wykorzystanie wielkiej płyty w projekcie bungalów w Berlinie](#) zrealizowanym przez Carsten Wiewiorra.

**Bezpośrednie ponowne wykorzystanie (*reuse*) elementów betonowych w ramach innej niż jej pierwotna funkcja:** elementy betonowe mogą zostać wykorzystane także do pełnienia nowej funkcji, jak na przykład wykorzystanie betonowych bloków jako płyt ogrodowych i chodnikowych, co miało miejsce w przypadku projektu [Urban Outfitters HQ](#), zrealizowanego przez D.I.R.T. Studio w Pensylwanii, USA.

**Recykling kruszonego betonu:** skruszony beton może zostać wykorzystany jako źródło nieuodnionego cementu [23], kruszywo odpadowe [38] (które może zostać wykorzystane zarówno do produkcji elementów konstrukcyjnych, jak i niekonstrukcyjnych, na przykład drenażu), i, ostatecznie, jako baza pod drogi, parkingi lub wypełnienie dołów na budowie [33].

# OCENA CYRKULARNOŚCI

BUDYNEK CYRKULARNY

WSKAŹNIKI





Pojęcie cyrkularności budynków nie jest nowe, jednakże nie doczekało się ono jeszcze konkretnej definicji, przez co bardzo często jest różnie rozumiane. Zwykle mówiąc o **budynku cyrkularnym** mowa jest o budynku, który został wzniesiony i jest użytkowany bez nadmiernego wykorzystania zasobów naturalnych i zanieczyszczenia środowiska. Ważne są przy tym nie tylko aspekty materiałowe, ale również środowiskowe i ekonomiczne. Dodatkowo, istotne są czynniki związane z samą funkcją budynków, ich uniwersalność i możliwość adaptacji do różnych zastosowań.

Powyższy opis wskazuje raczej kierunek, w jakim powinno podążać budownictwo, niż definiuje pojęcie budynku cyrkularnego. Ocena cyrkularności danego budynku jest problematyczna, podobnie jak porównanie dwóch różnych projektów pod względem zgodności z celami gospodarki o obiegu zamkniętym.

Wskazane jest więc **stworzenie mechanizmu oceny cyrkularności**, opartego na wskaźnikach odnoszących się do poszczególnych zjawisk i procesów. Pożądane jest również stworzenie końcowego wskaźnika, który byłby ostateczną miarą cyrkularności. Wskaźniki takie mogą być wykorzystane jako podstawa do ewaluacji i porównań oraz jako element wparcia procesu decyzyjnego.

O zasadności i efektywności każdego projektu decyduje ocena techniczna, ekonomiczna, społeczna i środowiskowa. Ocena cyrkularności jest nowym, dodatkowym elementem. Jest w pewnym sensie związana obszarowo z oceną środowiskową, jednakże nie ma ona jej zastąpić, **a uzupełnić o elementy związane ściśle z cyrkularnością w zakresie efektywnego wykorzystywania materiałów, a także wdrażania głównych zasad GOZ.**

Mechanizm oceny cyrkularności jest oparty na myśleniu w kategoriach pełnego cyklu życia (and. *Life Cycle Thinking* - LCT) oraz na zasadach gospodarki o obiegu zamkniętym, w tym w szczególności z uwzględnieniem schematu ReSolve.

Z punktu widzenia oceny ważne jest oszacowanie jakości domykania obiegów, czyli zagwarantowania odpowiedniego wykorzystania surowców, odpadów, a także, w szczególności ponownego wykorzystania elementów budynku tak, by surowce jak najdłużej były utrzymywane w obiegu, przy zachowaniu ich możliwie wysokiej wartości.

Cyrkularność wiąże się nie tylko z bezpośrednim efektywnym wykorzystaniem surowców, ale z wdrażaniem nowych trendów w zakresie funkcjonalności, które w konsekwencji prowadzą również do optymalizacji wykorzystania surowców. Przykładem jest optymalizacja organizacji i użytkowania powierzchni tak, by mogła być ona współdzielona lub w łatwy i niepowodujący dodatkowych kosztów ekonomicznych i środowiskowych sposób adaptowalna do pełnienia różnych funkcji, a także umożliwiała łatwe powiększanie rozmiarów i zmianę kształtu budynku.

▼ Rys. 14. Miejsce i rola procesu oceny cyrkularności



PEŁNA EWALUACJA  
PROJEKTÓW BUDOWALNYCH MUSI SIĘ OPIERAĆ NA  
ANALIZIE ŚRODOWISKOWEJ (LCA), ANALIZIE CYRKULARNOŚCI,  
ANALIZIE EKONOMICZNEJ (LCC) ORAZ ANALIZIE TECHNICZNEJ  
(RYS. 14). OCENĘ CYRKULARNOŚCI NALEŻY WIĘC UZNAĆ  
JAKO NOWY ELEMENT, POZWALAJĄCY NA BARDZIEJ  
OBIEKTYWNE WSPARCIE PROCESU DECZYZYJNEGO,  
POPRAZ UWZGLĘDNIENIE NAJNOWSZYCH TRENDÓW  
ZWIĄZANYCH Z WDRAŻANIEM ZASAD  
ZRÓWNOWAŻONEGO ROZWOJU.

# BUDYNEK CYRKULARNY – DEFINICJA

Budownictwo cyrkularne powinno opierać się na dobrych praktykach, które obejmują głównie **minimalizację zużycia** surowców mineralnych oraz zmniejszanie zużycia energii i nieużywanie toksycznych materiałów oraz na świadomości, że **materiały i surowce są ograniczone**. W takim podejściu zawsze w pierwszej kolejności powinno być brane pod uwagę ponowne wykorzystanie zarówno całego budynku, jak i poszczególnych materiałów i komponentów, a recykling powinien być ostatecznością.

Za taką koncepcją nie przemawia jedynie dobro społeczne czy dbałość o środowisko, ale także czynniki ekonomiczne. Takie spojrzenie na cyrkularny model biznesowy w budownictwie pozwala na traktowanie budynków i konstrukcji jako banków materiałów, przy pomocy których w łatwy sposób będzie można w przyszłości odzyskać materiały i tym samym zainwestowane w budowę pieniądze. Do tego celu konieczne jest stworzenie odpowiedniej bazy danych z pełnymi informacjami na temat surowców, części i materiałów, z których budynek jest skon-

struowany. Ułatwi to wdrożenie cyrkularności i jej praktyczne zastosowanie, a także pozwoli na opracowanie nowych regulacji prawnych.

Aby móc mówić o budownictwie cyrkularnym konieczne jest opracowanie definicji budynku cyrkularnego, tym bardziej, że w obecnym stanie prawnym takiej definicji nie ma. Autorzy kompendium, bazując na wiedzy ekspertów z różnych obszarów budownictwa, własnym doświadczeniu oraz obszernym przeglądzie literatury na temat cyrkularności, przedstawiają wypracowaną definicję, która będzie pomocna interesariuszom sektora budownictwa w dyskusjach i działaniach na rzecz wdrażania GOZ w budownictwie.

Skonstruowanie budynku w 100% cyrkularnego jest bardzo trudne, a przy dzisiejszym stanie sektora budownictwa wręcz niemożliwe. Nie mniej, cele wyznaczone w poniższej definicji, do których realizacji należy dążyć, powinny być wyznacznikiem podejmowanych działań w całym cyklu życia budynku.

BUDYNEK CYRKULARNY TO BUDYNEK, KTÓRY W CAŁYM CYKLU ŻYCIA NIE ZUBAŻA ZASOBÓW NIEODNAWIALNYCH ZIEMI I NIE POWODUJE DEGRADACJI EKOSYSTEMU

Aby to osiągnąć, budynek powinien:

być zaprojektowany, użytkowany i rozebrany zgodnie z powyższą zasadą

być wykonany w całości z materiałów, które były już wcześniej w użyciu

być energooszczędny w fazie budowy i użytkowania oraz bazować na energii odnawialnej, która w pełnym cyklu życia nie będzie powodowała zubażania zasobów nieodnawialnych Ziemi

minimalizować generowanie odpadów w fazie budowy i użytkowania

umożliwiać jego elastyczne wykorzystanie i rozbudowę

umożliwiać jego ponowne wykorzystanie w całości, we fragmentach lub w postaci materiałów użytych do jego budowy



# WSKAŹNIKI CYRKULARNOŚCI

Cyrkularność budynków można ocenić za pomocą wskaźników obiegu zamkniętego, które mierzą GOZ w różnym zakresie. Zgodnie z nomenklaturą OECD, wskaźnik to **ilościowy lub jakościowy czynnik lub zmienna, która zapewnia prosty i wiarygodny sposób pomiaru osiągnięć, odzwierciedla zmiany związane z implementacją lub pomaga ocenić uzyskane wyniki.**

Do głównych zalet podejścia opartego na ocenie cyrkularności w budownictwie należy zwrócenie większej uwagi na odnawialność zasobów wykorzystywanych w fazie budowy, większe skupienie na fazie użytkowania i możliwości ponownego zastosowania materiałów oraz wprowadzenie oceny możliwości odzysku materiałów po okresie użytkowania. Istniejące wskaźniki w większości opierają się jedynie na informacjach dotyczących masy materiałów poddanych recyklingowi lub nadających się do recyklingu, czy też na odnawialności/nieodnawialności wykorzystywanych materiałów, a nie biorą pod uwagę rzeczywistego wpływu budynków na środowisko (najczęściej uwzględniając tylko aspekty energetyczne).

Najpowszechniej przyjętym na całym świecie wskaźnikiem dotyczącym cyrkularności w budownictwie jest wskaźnik cyrkularności materiałów **MCI (ang. Material Circularity Indicator)** [11]. Opiera się on na trzech głównych parametrach, opisujących:



pochodzenie i ilość surowca



użytkowanie produktu (żywołność)



ilość odpadów niemożliwych do poddania recyklingowi

Uzupełnieniem MCI jest wskaźnik DDF (ang. *Disassembly Determining Factors*), które razem tworzą wskaźnik cyrkularności produktów PCI (ang. *Product Circularity Indicator*). Wskaźnik DDF identyfikuje możliwości niezależnego demontażu materiałów w fazie projektowania produktu, koncentrując się na integracji funkcji i rodzajach połączeń.

Na przykład, potencjalnie wysoki wynik MCI płytek ściennych pochodzących z recyklingu zostanie znacznie obniżony, ponieważ połączeń chemicznych nie można łatwo rozmontować bez uszkodzenia odzyskiwanego materiału.

Produkty są również klasyfikowane w systemach opartych na warstwach budynków wg Branda [2]. Względna ilość każdego produktu w systemie jest określona przez jego masę. Wskaźniki cyrkularności systemu (ang. *System Circularity Indicator* - SCI) są mnożone przez współczynnik żywotności (różniący się w zależności od warstwy), dając wskaźnik cyrkularności budynku (ang. *Building Circularity Indicator* - BCI), który odnosi się do całego budynku.

W ocenach cyrkularności, a zwłaszcza w ocenie BCI, duży wpływ na wynik dotyczący cyrkularności budynku ma żywotność warstwy budowlanej. Materiały budowlane w planie przestrzennym lub poszyciu będą wymieniane częściej (krótsza żywotność funkcjonalna) niż materiały w konstrukcji (dłuższa żywotność), więc ich wpływ na całkowity wynik cyrkularności budynku będzie większy. Kolejnym ważnym czynnikiem jest masa materiału budowlanego, która w stosunku do całkowitej masy warstwy budowlanej decyduje o jej wpływie na poziom cyrkularności w warstwie budowlanej. W rezultacie materiały kamienne mają większy wpływ na cyrkularność niż na przykład materiały izolacyjne i produkty drewniane, takie jak ramy okienne i schody.

Wskaźnik BCI wydaje się być obecnie najbardziej wszechstronnym narzędziem do pomiaru cyrkularności budynków [29], jednak należy pamiętać, że bazuje jedynie na materiałach, z których są zbudowane (obszar materiałowy), a nie dotyczy funkcjonalności tych budynków (np. optymalizacja organizacji i użytkowania powierzchni).

Omówione powyżej, najpopularniejsze, opracowane przez różne ośrodki naukowe wskaźniki różnią się przydatnością w zależności od: celu analizy (budynki istniejące lub nowobudowane), rodzaju budynku (mieszkalne, użyteczności publicznej, zabytkowe) oraz skali pomiaru (poziom materiału, produktu lub budynku) i jak już wspomniano, najczęściej wykorzystują metody ilościowe, a nie dotyczą metod jakościowych (aspekty społeczne, jak zdrowie, kultura, dobre samopoczucie).

Do tej pory nie opracowano znormalizowanej metodologii dotyczącej wskaźników cyrkularności, a istniejące różnią się pod względem skali zastosowania, przyjętego zakresu oraz definicji cyrkularności i nadal są przedmiotem dyskusji.

Opracowane i przedstawione w niniejszym opracowaniu wskaźniki są wynikiem dogłębnej analizy problemu i bazują na najlepszej wiedzy z zakresu GOZ w branży budowlanej, zarówno jeśli chodzi o obszar materiałowy, jak i funkcjonalny. Zaproponowane wskaźniki stanowią z jednej strony nowe ujęcie problemu, a z drugiej są twórczym rozwinięciem tego, co do tej pory zostało opracowane. Dobór wskaźników, jak również ich kształt był wielokrotnie konsultowany z szerokim gronem praktyków i przedstawicieli przedsiębiorstw branży budowlanej.

Wskaźniki opracowane w niniejszym kompendium opisują poszczególne elementy cyrkularności. W związku z tym:

**budynek w pełni cyrkularny to budynek,  
dla którego wszystkie wskaźniki będą  
przyjmowały wartości maksymalne.**

Ocena cyrkularności projektu budowlanego opiera się na wyliczeniu wskaźników cząstkowych, związanych z obszarem materiałowym i obszarem funkcjonalności. Na podstawie wskaźników cząstkowych można wyliczyć wskaźnik końcowy.

## WSKAŹNIKI CZĄSTKOWE TO:



SMU

**WSKAŹNIK UŻYCIA SUROWCÓW WTÓRNYCH**  
(ang. *Secondary Materials Use indicator*)  
związany z procesem budowy



MRP

**WSKAŹNIK POTENCJAŁU PONOWNEGO  
WYKORZYSTANIA MATERIAŁÓW**  
(ang. *Materials Reusability Potential indicator*)  
związany z etapem po zakończeniu eksploatacji budynku



SR

**WSKAŹNIK ODWRACALNOŚCI PRZESTRZENNEJ**  
(ang. *Spatial Reversability indicator*)  
związany z użytkowaniem budynku

SSP

**WSKAŹNIK POTENCJAŁU WSPÓLDZIELENIA**  
(ang. *Sharing Space Potential indicator*)  
związany z użytkowaniem budynku

Wskaźnik SMU ilustruje procesy związane z procesem budowy, wskaźniki SR i SSP, są związane z etapem użytkowania budynku, natomiast wskaźnik MRP jest związany z etapem po zakończeniu eksploatacji budynku. Obejmują one więc cały cykl życia (rys. 15). Wszystkie działania związane z cyrkularnością budynku muszą być jednak zaplanowane na etapie projektowania. **Wskaźniki** powinny być **wyliczane już na etapie planowania** inwestycji i korygowane w trakcie dalszych prac nad realizacją inwestycji.





▲ Rys. 15. Relacja pomiędzy wskaźnikami cyrkularności a cyklem życia

Wszystkie wyżej wymienione wskaźniki mogą być zagregowane do jednego **wskaźnika cyrkularności (rys. 16)**, będącego miarą cyrkularności budynku (CI – ang. *Circularity Index*). Osiągnięcie wartości wskaźnika CI na poziomie 100% będzie oznaczało, że budynek jest w pełni cyrkularny.

▼ Rys. 16. Schemat oceny wskaźnikowej



# SMU – WSKAŹNIK UŻYCIA SUROWCÓW WTÓRNYCH

W koncepcji cyrkularności budynków istotnym elementem jest minimalizacja zużycia surowców pierwotnych. Oznacza to, że należy dążyć do sytuacji, w której nowe budynki będą tworzone z materiałów, które już wcześniej były użyte – czyli z materiałów pochodzących z recyklingu oraz takich, które zostały ponownie użyte jako materiał lub cały element.

Aby spełnić założenia cyrkularności w pełnym zakresie, budynek powinien być w 100% wybudowany z materiałów wtórnych, czyli takich, które nie pochodzą bezpośrednio ze źródeł pierwotnych. Jeżeli nie jest to możliwe, to powinniśmy dążyć do tego, by procent użytych materiałów wtórnych był jak największy.

Jednakże należy zauważyć, że materiały są jednak jakościowo różne np. pod względem rzadkości ich występowania, dostępności czy też związanej z tym wartości rynkowej. Stąd też, błędem byłoby traktowanie wszystkich materiałów jako jednakowo cenne i uzasadnione jest prowadzenie oceny nie tylko ilościowej, ale również jakościowej.

Jako miara wagi poszczególnych materiałów może posłużyć potencjał wyczerpywania zasobów (ADP - ang. *Abiotic Depletion Potential*), który jest wykorzystywany w analizach środowiskowych. Jest on wyznaczany na podstawie konsumpcji poszczególnych surowców i ich zasobów w skali globalnej, które są odniesione do zasobu referencyjnego, na który został wybrany antymon (Sb).

Określa on potencjał zubożenia zasobów nieodnawialnych (minerałów, ropy naftowej, gazu ziemnego, metali) na skutek wydobycia i przetwarzania surowców potrzebnych do produkcji danego materiału. ADP uwzględnia ilość i jakość zużytych zasobów oraz ich potencjalny czas odnowy. Im wyższy współczynnik ADP dla danego materiału, tym większy jest jego wpływ na zubożenie naturalnych zasobów Ziemi, a tym samym większe obciążenie dla środowiska.

WYCZERPYWANIE ZASOBÓW MINERALNYCH JEST  
POWSZECHNIE UZNANĄ KATEGORIĄ WPŁYWU W RÓŻNYCH  
METODOLOGIACH EWALUACJI WPŁYWU NA ŚRODOWISKO





Dzięki wykorzystaniu wskaźnika potencjału wyczerpywania zasobów (ADP) możliwa jest ocena nie tylko ilościowa, ale również jakościowa. Przez analogię do analiz ekonomicznych można powiedzieć, że ADP jest miarą wartości, czyli swoistego rodzaju „ceną środowiskową” danego materiału. Jeżeli na przykład wykorzystujemy dwa materiały, to w celu określenia ich wartości musimy dysponować informacjami nt. ich ilości, jak również ceny jednostkowej. Podobnie w przypadku oceny cyrkularności, wiedza dotycząca ilości poszczególnych substancji to za mało. Należy wziąć pod uwagę zarówno ilość materiału (kg) jak i jego „jednostkową cenę środowiskową”, czyli ADP (wyrażony w kg Sb/kg).

Z punktu widzenia cyrkularności istotnie jest oszczędzanie surowców pierwotnych. Z tego względu ważne jest rozróżnienie materiałów, które pochodzą z recyklingu, downcyklingu i materiałów ponownie używanych. Recykling zwykle wiąże się z wykorzystaniem procesów technologicznych związanych na przykład z przygotowaniem materiałów do produkcji wyrobów budowlanych (np. rozdrabnianie kruszyw uzyskanych z materiałów rozbiórkowych). Procesy te nie będą konieczne, jeżeli materiał będzie ponownie wykorzystywany np. w postaci gotowych elementów (np. wykorzystanie konstrukcyjnych prętów stalowych, które nie wymagają żadnej adaptacji). Stąd też uwzględnienie różnic pomiędzy ponownym użyciem a recyklingiem i downcyklingiem w procesie oceny cyrkularności jest nieodzowne.

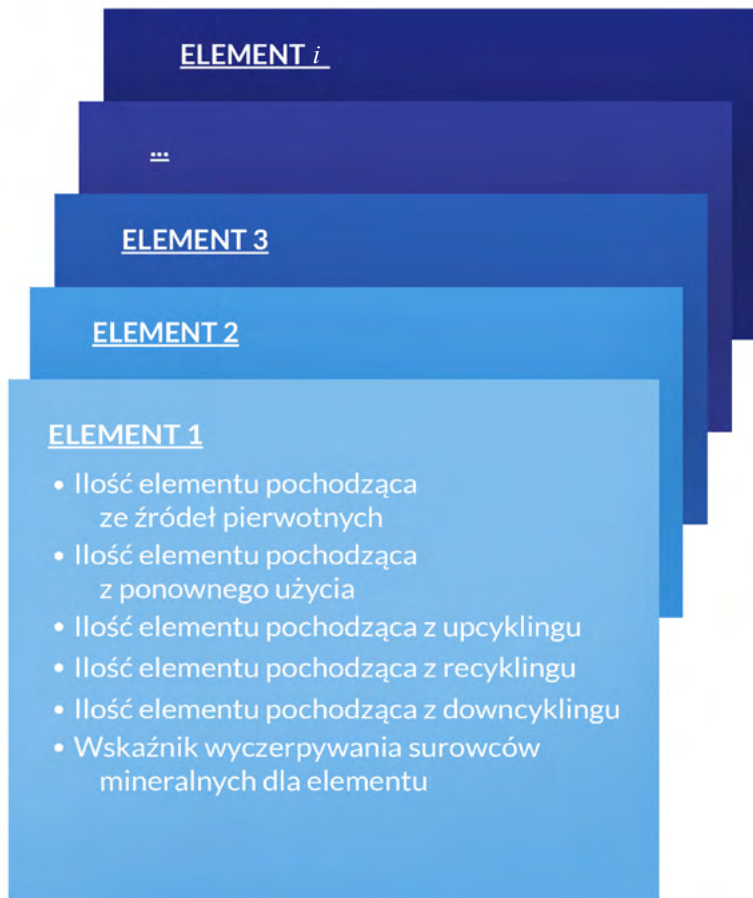
SMU uwzględnia wszystkie materiały wbudowane w obiekt wraz z ich wartością środowiskową - ADP.

Aby wskaźnik był miarodajny **powinien uwzględniać wszystkie elementy budynku**. Przy czym jako element może być traktowany zarówno gotowy element (okno, drzwi, elementy konstrukcji) ale również materiały takie jak piasek, żwir czy cement. Z punktu widzenia procesu oceny, zarówno poszczególny materiał czy cały element konstrukcji jest traktowany w taki sam sposób. Dla każdego takiego elementu konieczna jest znajomość wielkości APD odnosząca się do całego elementu i wyrażona w kg Sb, a następnie przeliczona na ilość danego elementu.

Ilością elementu (IQ - ang. *item quantity*) może być masa (w przypadku materiałów podstawowych, takich jak cement, piasek itp.), powierzchnia (w przypadku gotowych elementów, takich jak określone pokrycie dachowe) lub sztuka (w przypadku gotowych elementów o określonych wymiarach).

WSKAŹNIK UŻYCIA SUROWCÓW WTÓRNYCH SMU  
JEST MIARĄ UDZIAŁU ZAOSZCZĘDZONYCH MATERIAŁÓW  
PIERWOTNYCH WYRAZONYCH W JEDNOSTCE MASY  
ANTYMONU EKWIWALENTNEGO. UWZGLĘDNI  
ON WIĘC NIE TYLKO MASĘ ZAOSZCZĘDZONYCH  
SUROWCÓW, ALE RÓWNIEŻ ICH WAGĘ Z PUNKTU  
WIDZENIA ICH RZADKOŚCI WYSTĘPOWANIA.

▼ Rys. 17. Schemat ideowy wyznaczenia wskaźnika SMU.



Wskaźnik użycia surowców wtórnych jest zdefiniowany następująco:

$$SMU = \frac{\sum_i (M_{i,reu} \cdot WF_{reu} + M_{i,upc} \cdot WF_{upc} + M_{i,rec} \cdot WF_{rec} + M_{i,downc} \cdot WF_{downc}) \cdot ADP_i}{\sum_i (M_i \cdot ADP_i)} \cdot 100\%$$

gdzie:

- $M_i$  – całkowita ilość elementu  $i$  [IQ, np. kg, m<sup>3</sup>, m<sup>2</sup>]
- $M_{i,reu}$  – ilość elementu  $i$  pochodząca z ponownego użycia [IQ]
- $M_{i,upc}$  – ilość elementu  $i$  pochodząca z upcyklingu [IQ]
- $M_{i,rec}$  – ilość elementu  $i$  pochodząca z recyklingu [IQ]
- $M_{i,downc}$  – ilość elementu  $i$  pochodząca z downcyklingu [IQ]
- $ADP_i$  – potencjał wyczerpywania zasobów dla materiału  $i$  [kg Sb<sub>eq</sub>/IQ] – wg załącznika do niniejszego opracowania lub wg deklaracji EPD (Fazy A1-A3)
- $WF_{reu}$  – wskaźnik istotności dla elementu pochodzącego z ponownego użycia [-]
- $WF_{upc}$  – wskaźnik istotności dla elementu pochodzącego z upcyklingu [-]
- $WF_{rec}$  – wskaźnik istotności dla elementu pochodzącego z recyklingu [-]
- $WF_{downc}$  – wskaźnik istotności dla elementu pochodzącego z downcyklingu [-]

Wartości wskaźników istotności (WF, ang. weight factors) zostały opracowane na podstawie uzgodnień panelu ekspertów z branży budowlanej i wynoszą:

- ponowne użycie (ang. reuse):  $WF_{reu} = 1,0$
- upcykling (ang. upcycling):  $WF_{upc} = 0,7$
- recykling (ang. recycling):  $WF_{rec} = 0,6$
- downcykling (ang. downcycling):  $WF_{downc} = 0,3$



Wielkości wskaźników wyczerpywania surowców mineralnych nie zawsze są łatwe do pozyskania. W przypadku braku informacji tego typu, należy przyjąć uproszczoną metodologię oceny. Jako podstawę można przyjąć jednostki masy wykorzystanych materiałów. Należy pamiętać, że nie zostanie tym samym uwzględniona wartość środowiskowa poszczególnych materiałów wynikająca z ich dostępności w środowisku naturalnym. Rozwiązanie takie ma więc wady, ale czasami może okazać się jedynym wyjściem przy ograniczonej dostępności informacji.



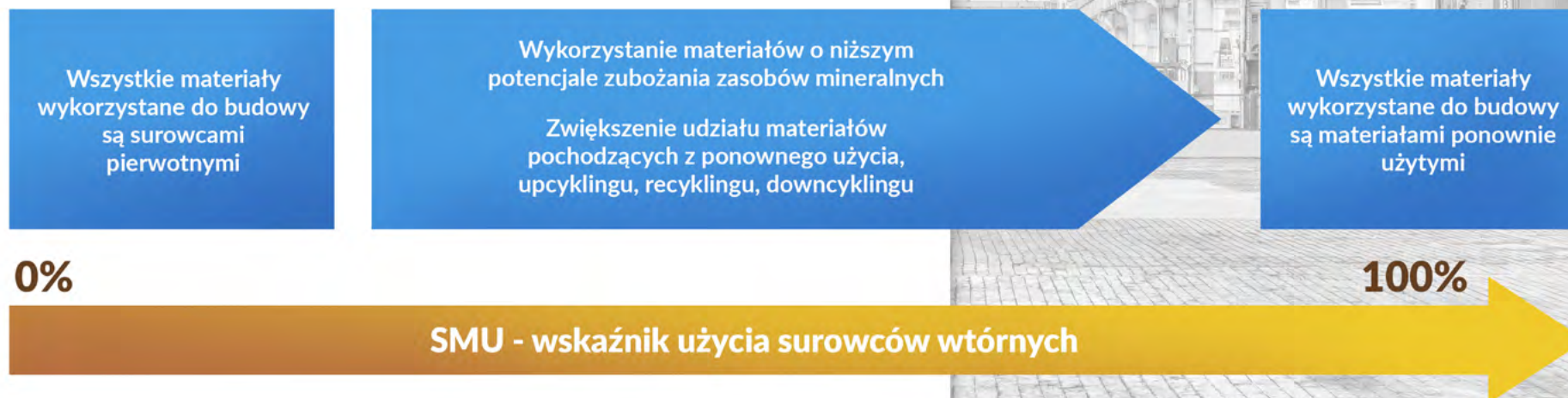
## wskaźnik SMU odnosi się do fazy budowy

**Uproszczony wskaźnik użycia surowców wtórnych** jest zdefiniowany następująco:

$$SMU_s = \frac{\sum_i (M_{i,reu} \cdot WF_{reu} + M_{i,upc} \cdot WF_{upc} + M_{i,rec} \cdot WF_{rec} + M_{i,downc} \cdot WF_{downc})}{\sum_i M_i} \cdot 100\%$$

W powyższym wzorze należy uwzględnić tylko te elementy, dla których ilość elementu (IQ) jest wyrażona w jednostce masy. W przypadku posiadania informacji o ilości niektórych elementów w innej jednostce (np. sztuki elementów stalowych itp.), należy oszacować masę i tę oszacowaną wielkość podstawić do powyższego wzoru.

▼ Rys. 18. Ilustracja stanu 0 i 100% cyrkularności wskaźnika SMU oraz czynniki wpływające na jego polepszenie.



## PRZYKŁAD

Do budowy zostały wykorzystane następujące materiały:



### CEMENT

5 ton (ADP =  $1,10e^{-06}$  Mg<sub>Sb</sub>/Mg)  
w całości traktowany jako materiał pierwotny



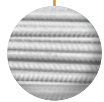
### PIASEK I ŻWIR

40 ton (ADP =  $2,26e^{-09}$  Mg<sub>Sb</sub>/Mg)  
przy czym 30t jest materiałem pierwotnym, a 10t materiałem odzyskanym  
(ponowne użycie)



### CEGŁY

40 ton (ADP =  $1,13e^{-07}$  Mg<sub>Sb</sub>/Mg)  
przy czym 10t jest materiałem pierwotnym, a 30t materiałem odzyskanym  
(ponowne użycie)



### FABRYKOWANE ELEMENTY METALOWE

4 tony (ADP =  $3,79e^{-06}$  Mg<sub>Sb</sub>/Mg)  
przy czym 2t są materiałem pierwotnym, a 2t materiałem odzyskanym  
(recykling)

Dla takich warunków obliczenia będą następujące:

$$\sum_i (M_{i,reu} \cdot WF_{reu} + M_{i,upc} \cdot WF_{upc} + M_{i,rec} \cdot WF_{rec} + M_{i,downc} \cdot WF_{downc}) \cdot ADP_i =$$

$$= 10 \cdot 1 \cdot 2,26e^{-09} + 30 \cdot 1 \cdot 1,13e^{-07} + 2 \cdot 0,6 \cdot 3,79e^{-06} = 7,96e^{-06} [\text{tSb}_{eq}]$$

$$\sum_i (M_i \cdot ADP_i) = 5 \cdot 1,10e^{-06} + 40 \cdot 2,26e^{-09} + 40 \cdot 1,13e^{-07} + 4 \cdot 3,79e^{-06} =$$

$$= 2,53e^{-05} [\text{tSb}_{eq}]$$

$$SMU = \frac{7,96e^{-06}}{2,53e^{-05}} \cdot 100\% = 31,5\%$$

Oznacza to, że stworzona konstrukcja jest cyrkularna w kategorii użycia surowców wtórnych w 31,5%. Innymi słowy: dzięki zastosowaniu surowców odzyskanych i wtórnych możliwe było uniknięcie zużycia 31,5% masy antymonu ekwiwalentnego w porównaniu do sytuacji, gdyby wszystkie surowce były pierwotne.

Należy pamiętać, że wyliczony wskaźnik powinien ujmować **wszystkie elementy** ocenianego budynku. Powyższy przykład uproszczono w celu klarowności przekazu.

Dla omawianego przypadku wskaźnik uproszczony SMU<sub>s</sub>, który uwzględnia tylko masy, przybierze następujący kształt:

$$\sum_i (M_{i,reu} \cdot WF_{reu} + M_{i,upc} \cdot WF_{upc} + M_{i,rec} \cdot WF_{rec} + M_{i,downc} \cdot WF_{downc}) =$$

$$= 10 \cdot 1 + 30 \cdot 1 + 2 \cdot 0,6 = 41,2 [\text{t materiałów}]$$

$$\sum_i M_i = 5 + 40 + 40 + 4 = 89,0 [\text{t materiałów}]$$

$$SMU_s = \frac{41,2}{89,0} \cdot 100\% = 46,3\%$$

Wskaźnik uproszczony SMU<sub>s</sub> jest znacząco wyższy i wskazuje na cyrkularność na poziomie 46%. Czyli udało się „zaoszczędzić” 46% całkowitej masy materiałów będących surowcami pierwotnymi, które zostały użyte do budowy.

Wartości SMU<sub>s</sub> i SMU są różne. SMU jest niższe. Ma na to głównie wpływ fakt, że cement jest znacznie cenniejszy środowiskowo (w sensie materiałowym – wyczerpywania zasobów) niż pozostałe materiały (ADP =  $1,1E^{-06}$  kg Sb/kg cementu) w wyniku czego wpływa on znacznie bardziej na wartość wskaźnika SMU niż pozostałe materiały.



# MRP – WSKAŹNIK POTENCJAŁU PONOWNEGO WYKORZYSTANIA MATERIAŁÓW

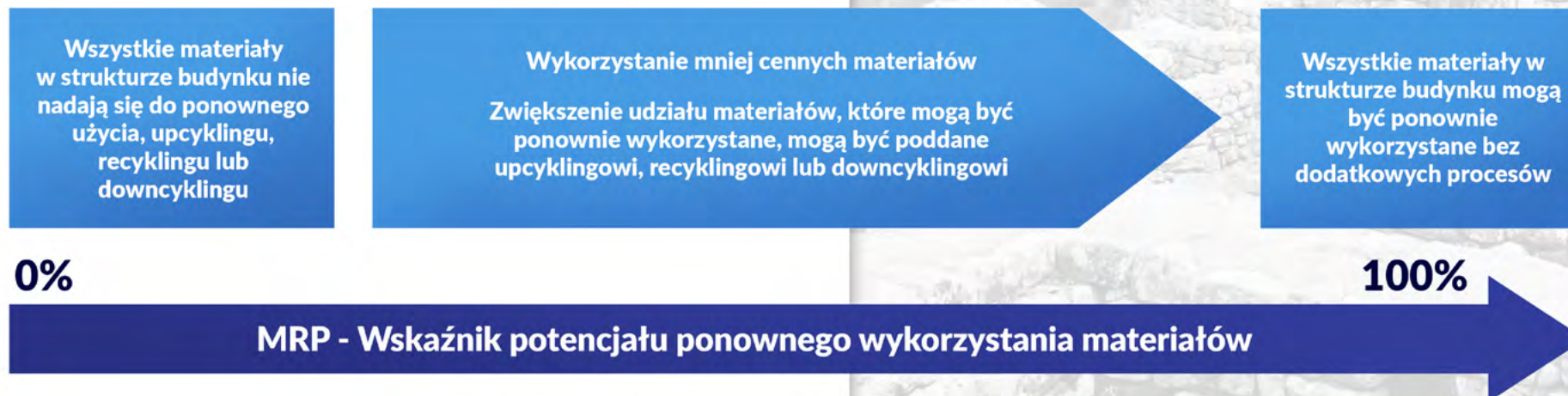
Dobrze zaprojektowany budynek powinien umożliwiać łatwe i efektywne wykorzystanie materiałów po zakończeniu eksploatacji. Im więcej materiałów będzie wykorzystanych ponownie, tym mniej odpadów będzie generowanych oraz mniej surowców pierwotnych będzie wykorzystywanych na przyszłych placach budów.

Dzięki cyrkularnemu projektowi, materiały w budynkach zachowują swoją wartość. Zamiast być odpadem, budynki staną się bankami cennych materiałów.

Wskaźnik MRP opisuje, w jakim stopniu materiały użyte do budowy mogą być wykorzystane w przyszłości do innych zastosowań po okresie eksploatacji i rozbiórce budynku i tym samym przyczynić się do ochrony zasobów. Jest to więc miara potencjału wykorzystania materiałów użytych do budowy w przyszłości.

Wskaźnik w swojej konstrukcji jest podobny do wskaźnika SMU. Uwzględnia wszystkie elementy budynku wraz z ich potencjałem wyczerpywania zasobów ADP. W odróżnieniu od SMU, wskaźnik MRP uwzględnia jednak **przyszłe możliwe wykorzystanie elementów** (materiałów), a nie ich pochodzenie.

▼ Rys. 19. Ilustracja stanu 0 i 100% cyrkularności wskaźnika MRP oraz czynniki wpływające na jego polepszenie.



wskaźnik MRP odnosi się do fazy po użytkowaniu budynku



Wskaźnik potencjału ponownego wykorzystania materiałów jest zdefiniowany następująco:

$$MRP = \frac{\sum_i (M_{i,reu(p)} \cdot WF_{reu(p)} + M_{i,upc(p)} \cdot WF_{upc(p)} + M_{i,rec(p)} \cdot WF_{rec(p)} + M_{i,downc(p)} \cdot WF_{downc(p)}) \cdot ADP_i}{\sum_i (M_i \cdot ADP_i)} \cdot 100\%$$

gdzie:

- $M_{i,reu(p)}$  – ilość elementu  $i$  zawartego w strukturze budynku, który może być ponownie użyty [IQ]
- $M_{i,upc(p)}$  – ilość elementu  $i$  zawartego w strukturze budynku, który może być poddany upcyklingowi [IQ]
- $M_{i,rec(p)}$  – ilość elementu  $i$  zawartego w strukturze budynku, który może być poddany recyklingowi [IQ]
- $M_{i,downc(p)}$  – ilość elementu  $i$  zawartego w strukturze budynku, który może być poddany downcyklingowi [IQ]
- $ADP_i$  – potencjał wyczerpywania zasobów dla materiału  $i$  [kg  $Sb_{eq}$ /IQ]
- $WF_{reu(p)}$  – wskaźnik istotności dla elementu, który może być ponownie użyty [-]
- $WF_{upc(p)}$  – wskaźnik istotności dla elementu, który może być poddany upcyklingowi [-]
- $WF_{rec(p)}$  – wskaźnik istotności dla elementu, który może być poddany recyklingowi [-]
- $WF_{downc(p)}$  – wskaźnik istotności dla elementu, który może być poddany downcyklingowi [-]

Wartości wskaźników istotności WF zostały opracowane na podstawie uzgodnień panelu ekspertów z branży budowlanej i wynoszą:

- potencjał do ponownego użycia (ang. reuse potential):  $WF_{reu(p)} = 1,0$
- potencjał do upcyklingu (ang. upcycling potential):  $WF_{upc(p)} = 0,7$
- potencjał do recyklingu (ang. recycling potential):  $WF_{rec(p)} = 0,6$
- potencjał do downcyklingu (ang. downcycling potential):  $WF_{downc(p)} = 0,3$

Podobnie jak w przypadku wskaźnika SMU, w razie braku informacji na temat ADP można uznać ich wartość za równą 1. Wówczas wskaźnik MRP będzie miarą udziału masowego materiałów, które są zawarte w strukturze budynku, i które można wykorzystać do innych zastosowań (zarówno jako materiały, jak i gotowe elementy) bez uwzględniania wartości poszczególnych materiałów wynikającej z ich dostępności w środowisku naturalnym, czyli ADP.

Uproszczony wskaźnik potencjału ponownego wykorzystania materiałów jest zdefiniowany następująco:

$$MRP_s = \frac{\sum_i (M_{i,reu(p)} \cdot WF_{reu(p)} + M_{i,upc(p)} \cdot WF_{upc(p)} + M_{i,rec(p)} \cdot WF_{rec(p)} + M_{i,downc(p)} \cdot WF_{downc(p)})}{\sum_i M_i} \cdot 100\%$$

Za najbardziej zgodną z koncepcją cyrkularności należy uznać taką sytuację, gdy wszystkie materiały z jakich wykonany jest budynek mogą być w całości ponownie wykorzystane bez dodatkowych znaczących zabiegów technologicznych.



## PRZYKŁAD

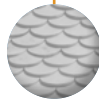
W strukturze budynku znajdują się następujące materiały:



### CEGŁY

30 ton (ADP =  $1,13E^{-07}$  Mg<sub>sb</sub>/Mg)

przy czym 10t może być ponownie wykorzystane (ponowne użycie), a 20t może być poddane recyklingowi



### CERAMICZNE DACHÓWKI

2 tony (ADP= $4,58E^{-05}$  Mg<sub>sb</sub>/Mg),

które mogą być odzyskane i ponownie użyte w 100%

Wskaźnik MRP:

$$\sum_i (M_{i, \text{reu}(p)} \cdot WF_{\text{reu}(p)} + M_{i, \text{upc}(p)} \cdot WF_{\text{upc}(p)} + M_{i, \text{rec}(p)} \cdot WF_{\text{rec}(p)} + M_{i, \text{downc}(p)} \cdot WF_{\text{downc}(p)}) = \\ = 10 \cdot 1 + 20 \cdot 0.6 + 2 \cdot 1 = 24 \text{ [t]}$$

$$\sum_i M_i = 30 + 2 = 32 \text{ [t]}$$

$$\text{MRP}_s = \frac{24}{32} \cdot 100\% = 75\%$$

Wskaźnik uproszczony MRPs:

$$\sum_i (M_{i, \text{reu}(p)} \cdot WF_{\text{reu}(p)} + M_{i, \text{upc}(p)} \cdot WF_{\text{upc}(p)} + M_{i, \text{rec}(p)} \cdot WF_{\text{rec}(p)} + M_{i, \text{downc}(p)} \cdot WF_{\text{downc}(p)}) = \\ = 10 \cdot 1 + 20 \cdot 0,6 + 2 \cdot 1 = 24 \text{ [t materiałów]}$$

$$\sum_i M_i = 30 + 2 = 32 \text{ [t materiałów]}$$

$$\text{MRP}_s = \frac{24}{32} \cdot 100\% = 75\%$$

Należy pamiętać, że wyliczony wskaźnik powinien ujmować wszystkie elementy ocenianego budynku. Powyższy przykład jest uproszczony w celu klarowności przekazu.

W przedstawionym wyżej przykładzie MRP i MRPs są znacznie od siebie różne, co wynika z relatywnie wysokiego wskaźnika ADP dachówek, które jednocześnie mogą być w całości ponownie wykorzystane.

# SR - WSKAŹNIK ODWRACALNOŚCI PRZESTRZENNEJ

Przekształcenia przestrzenno-budowlane jako zmiana funkcji budynku i ich wpływ na strukturę budynku są analizowane na etapie wykonalności i projektu wstępnego. W trakcie projektowania powinna być zapewniona zdolność przestrzeni i konstrukcji do przyjęcia różnych funkcji **bez powodowania poważnych prac rekonstrukcyjnych, rozbiórek i strat materiałowych**. Im mniejszy wysiłek potrzebny do przekształcenia budynku, tym większy będzie jego potencjał transformacji. Im większa różnorodność i liczba opcji modyfikacji (opcje ponownego wykorzystania budynku), tym większy potencjał transformacji. Im większy potencjał transformacji, tym rozwiązanie jest bardziej zgodne z koncepcją gospodarki o obiegu zamkniętym i tym samym ma większy wpływ na zmniejszenie użycia surowców pierwotnych.

Rozróżnić można trzy główne typy możliwej transformacji (rys. 20):

- monofunkcyjnej
- transfunkcyjnej
- wielowymiarowej.



**Transformacja monofunkcyjna** polega na możliwości przekształcenia układu budynku w ramach jednej funkcji. Na przykład budynek biurowy może przekształcić układ tradycyjnego z podziałem na pokoje na biuro typu open office lub na salę spotkań bez konieczności przeprowadzenia rozległych prac adaptacyjnych.

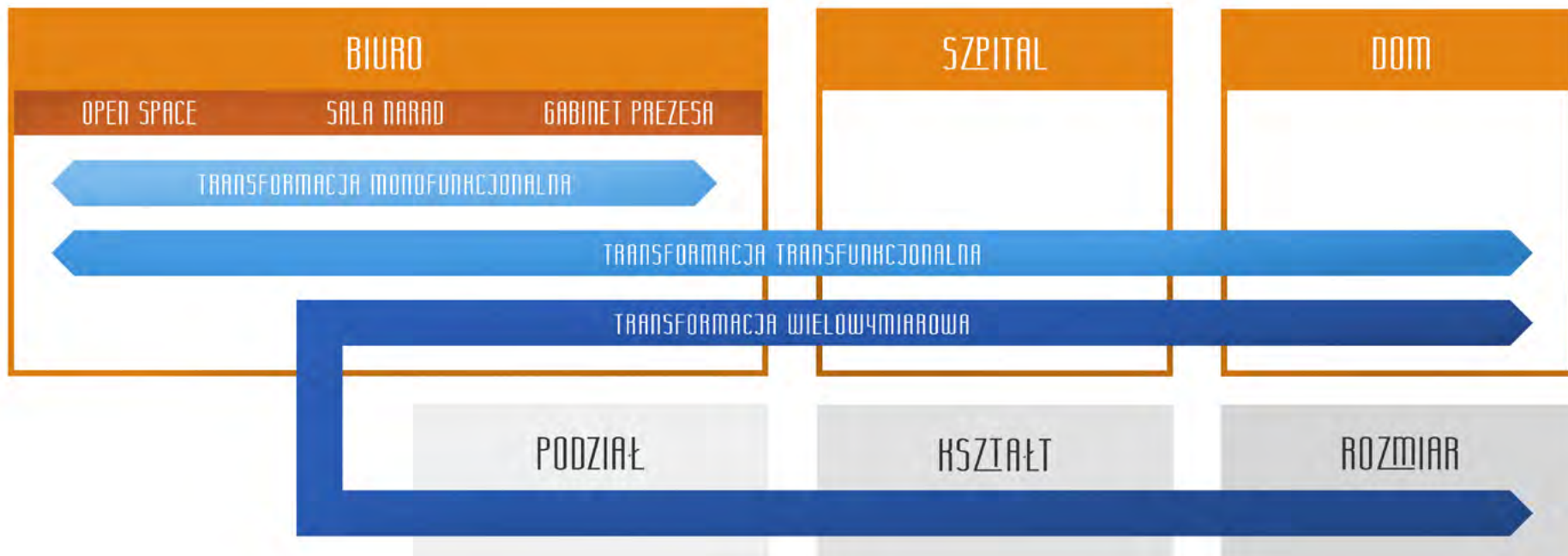


**Transformacja transfunkcyjna** polega tylko na możliwości przekształcenia jednej funkcji w drugą. Na przykład budynek biurowy może zostać przekształcony w budynek mieszkalny, szkołę lub inny budynek użyteczności publicznej.



**Transformacja wielowymiarowa** polega na możliwości pełnego przekształcenia budynku z jednej funkcji w drugą, jednocześnie z możliwością jego rozbudowy, zmiany wielkości, modyfikacji kształtu lub nawet przeniesienia budynku w inne miejsce.

▼ Rys. 20. Schemat ideowy różnych typów transformacji





Wskaźnik SR odwracalności przestrzennej odnosi się do fazy użytkowania i opisuje w jakim stopniu powierzchnia użytkowa budynku może zostać wykorzystana do innych zastosowań niż pierwotnie planowana.

**Wskaźnik odwracalności przestrzennej jest zdefiniowany następująco:**

$$SR = \frac{A_{mono(t)} \cdot WF_{mono(t)} + A_{trans(t)} \cdot WF_{trans(t)} + A_{multi(t)} \cdot WF_{multi(t)}}{A_{tot}} \cdot 100\%$$

gdzie:

- $A_{mono(t)}$  – powierzchnia użytkowa budynku, która może być poddana transformacji monofunkcyjnej [m<sup>2</sup>]
- $A_{trans(t)}$  – powierzchnia użytkowa budynku, która może być poddana transformacji transfunkcyjnej [m<sup>2</sup>]
- $A_{multi(t)}$  – powierzchnia użytkowa budynku, która może być poddana transformacji wielofunkcyjnej [m<sup>2</sup>]
- $A_{tot}$  – całkowita powierzchnia użytkowa budynku [m<sup>2</sup>]
- $WF_{mono(t)}$  – wskaźnik istotności związany z powierzchnią, która może być poddana transformacji monofunkcyjnej [-]
- $WF_{trans(t)}$  – wskaźnik istotności związany z powierzchnią, która może być poddana transformacji transfunkcyjnej [-]
- $WF_{multi(t)}$  – wskaźnik istotności związany z powierzchnią, która może być poddana transformacji wielofunkcyjnej [-]

Wartości wskaźników transformacji zostały opracowane na podstawie uzgodnień panelu ekspertów z branży budowlanej i wynoszą:

- transformacja monofunkcyjna:  $WF_{mono(t)} = 0,5$
- transformacja transfunkcyjna:  $WF_{trans(t)} = 0,8$
- transformacja wielowymiarowa:  $WF_{multi(t)} = 1,0$

## PRZYKŁAD

Całkowita powierzchnia użytkowa budynku biurowego wynosi 1200 m<sup>2</sup>. Został on zaprojektowany tak, że znaczna część (1000 m<sup>2</sup>) może być w łatwy sposób przekształcona i dostosowana do różnych celów, jednakże mieszczących się w zakresie działalności biurowej. Pozostała część budynku (200 m<sup>2</sup>) jest w pełni adoptowalna do różnych zastosowań – a więc może pełnić funkcje biurowe, ale również mieszkaniowe, i może być rozbudowywana.

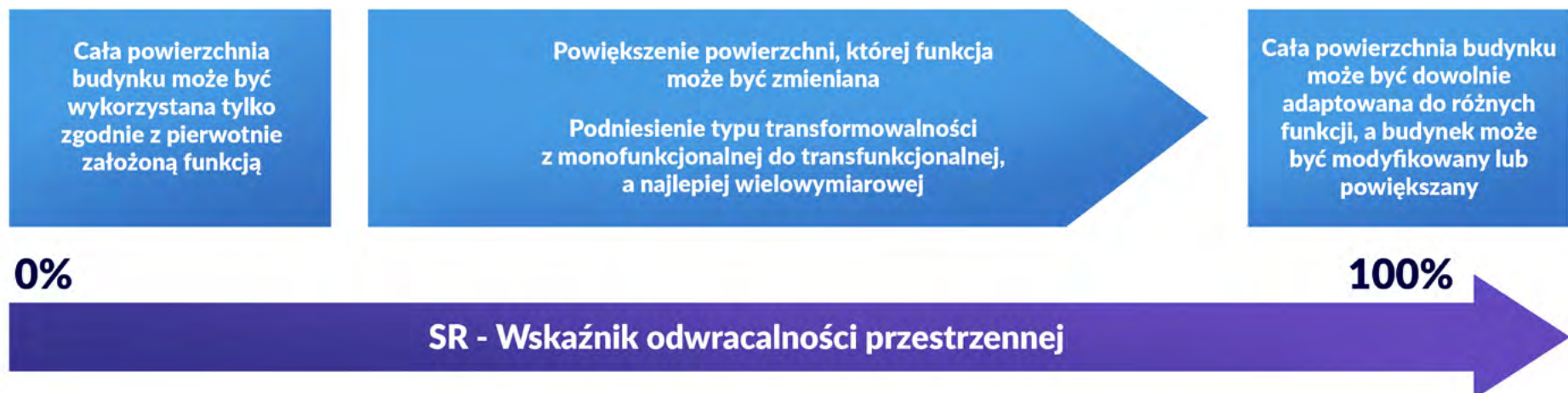
W przypadku tego budynku 1000 m<sup>2</sup> może być transformowane monofunkcyjnie, a pozostała część (200 m<sup>2</sup>) wielowymiarowo.

**Wskaźnik SR przybierze wartość:**

$$SR = \frac{1000 \cdot 0,5 + 200 \cdot 1}{1200} \cdot 100\% = 58,3\%$$

Jak widać na powyższym przykładzie, pełną odwracalność przestrzenną można osiągnąć jeżeli projekt będzie umożliwiał nie tylko modyfikację układu w ramach jednej funkcji (w tym przypadku biurowej) ale również miał potencjał transformacji wielowymiarowej, włącznie z potencjałami rozbudowy i zmiany powierzchni.

▼ Rys. 21. Ilustracja stanu 0 i 100% cyrkularności wskaźnika SR oraz czynniki wpływające na jego polepszenie



# SSP – WSKAŹNIK POTENCJAŁU WSPÓŁDZIELENIA

Współdzielenie jest elementem, który zajmuje znaczące miejsce w koncepcji gospodarki o obiegu zamkniętym. Dzięki współdzieleniu możliwe jest znaczące ograniczenie konieczności budowy nowych budynków czy też dodatkowych pomieszczeń oraz optymalizacja wykorzystania tych już istniejących. W rezultacie może to prowadzić do znaczącego ograniczenia zużycia surowców mineralnych.

Wskaźnik potencjału współdzielenia jest zdefiniowany następująco:

$$SSP = \frac{A_{sh}}{A_{tot}} \cdot 100\%$$

gdzie:

$A_{sh}$  – powierzchnia użytkowa budynku, która może być współdzielona [m<sup>2</sup>]

$A_{tot}$  – całkowita powierzchnia użytkowa budynku [m<sup>2</sup>]

Za najbardziej zgodną z koncepcją cyrkularności należy uznać taką sytuację, gdy cała powierzchnia użytkowa nadaje się do potencjalnego współdzielenia SSP = 100% (rys. 22).

▼ Rys. 22. Ilustracja stanu 0 i 100% cyrkularności wskaźnika SR oraz czynniki wpływające na jego polepszenie



wskaźnik SSP odnosi się do fazy użytkowania

## PRZYKŁAD

Całkowita powierzchnia użytkowa biura wynosi 60 m<sup>2</sup>. Powierzchnia jest podzielona na dwie części. W pierwszej części są zabudowane szafy, dodatkowo masywne biurka. W drugiej części powierzchnia 29 m<sup>2</sup> jest wolna od instalacji i zabudowy trwałe oraz może być współdzielona.

$$SSP = \frac{29}{60} \cdot 100\% = 48,3\%$$

W budynku nie ma powierzchni współdzielonych

0%

Powiększenie powierzchni, która może być współdzielona

Cała powierzchnia w budynku jest współdzielona

100%

SSP - Wskaźnik potencjału współdzielenia



# WSKAŹNIKI DLA BUDYNKÓW PODDANYCH RENOWACJI

Proces oceny budynków poddawanych renowacji jest analogiczny do procesu oceny budynków nowych z wykorzystaniem tych samych wzorów. Sam sposób wyliczenia wskaźników jest podobny, przy czym w niektórych przypadkach wstępują różnice w zakresie stosowalności i należy liczyć tylko te wskaźniki, które odzwierciedlają zakres działań modernizacyjnych. I tak:

**SMU<sub>R</sub>**

Wskaźnik użycia surowców wtórnych (ang. *Secondary Materials Use Indicator*)  
wyliczany jest dla surowców, które będą używane do prowadzenia prac renowacyjnych

**MRP<sub>R</sub>**

Wskaźnik potencjału ponownego wykorzystania materiałów  
(ang. *Materials Reusability Potential Indicator*)  
wyliczany jest dla materiałów, które będą używane do prowadzenia prac renowacyjnych

**SR<sub>R</sub>**

Wskaźnik odwracalności przestrzennej (ang. *Spatial Reversability Indicator*)  
wyliczany jest dla stanu docelowego po renowacji

**SSP<sub>R</sub>**

Wskaźnik potencjału współdzielenia (ang. *Sharing Space Potential Indicator*)  
wyliczany jest dla stanu docelowego po renowacji



# CI – WSKAŹNIK CYRKULARNOŚCI

Budynek całkowicie cyrkularny to taki, dla którego wszystkie wskaźniki cząstkowe osiągną wartość najwyższą tzn. 100%. Niestety osiągnięcie takiego stanu jest trudne, wręcz niemożliwe. W ramach projektowania budynku cyrkularnego warto wybrać scenariusz, który będzie odznaczał się jak najwyższą całkowitą cyrkularnością.

Warto podkreślić, że mogą zdarzyć się sytuacje, w których jednoznaczna ocena cyrkularności nie zawsze będzie oczywista. Na przykład, rozważając dwa różne scenariusze projektu cyrkularnego budynku, dla pierwszego scenariusza uzyskujemy dwa cząstkowe wskaźniki cyrkularności na poziomie blisko 100%, a pozostałe dwa na poziomie 0%, a w drugim scenariuszu odwrotnie. Który scenariusz jest bardziej cyrkularny? Mamy tutaj do czynienia z problemem ważności poszczególnych wskaźników i ich finalnego wpływu na ostateczny wynik, który będzie zawsze subiektywny.

Wskaźnik cyrkularności można wyznaczyć na podstawie wskaźników cząstkowych:

$$CI = \begin{cases} SMU \cdot WF_{SMU} + MRP \cdot WF_{MRP} + (0,7 \cdot SR + 0,7 \cdot SPP) \cdot WF_{USE} & \text{dla } (0,7 \cdot SR + 0,7 \cdot SPP) \leq 100\% \\ SMU \cdot WF_{SMU} + MRP \cdot WF_{MRP} + WF_{USE} - 100\% & \text{dla } (0,7 \cdot SR + 0,7 \cdot SPP) > 100\% \end{cases}$$

gdzie:

- SMU – wskaźnik użycia surowców wtórnych [%]
- $WF_{SMU}$  – waga wskaźnika użycia surowców wtórnych,  $WF_{SMU} = 0,33$
- MRP – wskaźnik potencjału ponownego wykorzystania materiałów [%]
- $WF_{MRP}$  – waga wskaźnika potencjału ponownego wykorzystania materiałów,  $WF_{MRP} = 0,33$
- SR – wskaźnik odwracalności przestrzennej [%]
- SSP – wskaźnik potencjału współdzielenia [%]
- $WF_{USE}$  – waga wskaźników funkcjonalności (SR i SSP),  $WF_{USE} = 0,34$

Przypisanie wag poszczególnym wskaźnikom cząstkowym nie było zadaniem łatwym i opierało się na szerokiej dyskusji w gronie specjalistów z zakresu budownictwa oraz analiz wpływu na środowisko. Wartości wag wskaźników zostały opracowane na podstawie uzgodnień panelu ekspertów z branży budowlanej. Wskaźniki odnoszące się do materiałów są oceniane osobno i każdy z nich posiada swoją wagę. W przypadku wskaźników odnoszących się do cyrkularności związanej z użytkowaniem są one rozpatrywane łącznie. Waga sumaryczna wskaźników SSP i SR wynosi 0,34. Oznacza to, że maksymalną wartość tej części wskaźnika cyrkularności można otrzymać gdy np. jeden ze wskaźników wynosi 100% lub gdy oba wynoszą po 50%. Przyjęto takie podejście ze względu na częściową tożsamość funkcji jakie reprezentują oba wskaźniki.

DLA PODJĘCIA OSTATECZNEJ  
DECYZJI PRZYDATNY JEST  
JEDEN WSKAŹNIK, KTÓRY  
OPARTY JEST NA WSZYSTKICH  
WSKAŹNIKACH CZĄSTKOWYCH  
Z UWZGLĘDNIENIEM ICH WAG



Przy prezentacji wyniku obliczeń wskaźnika CI warto przedstawić wartości wskaźników cząstkowych.

Jako 100% cyrkularny można uznać budynek którego wskaźnik CI =100% (Rys. 23).

## PRZYKŁAD

Dla budynku wyliczono następujące cząstkowe wskaźniki cyrkularności:

SMU	100%	MRP	75%	SR	40%	SSP	80%
-----	------	-----	-----	----	-----	-----	-----

Wagi poszczególnych wskaźników wynoszą:

$WF_{SMU}$	0,33	$WF_{MRP}$	0,33	$WF_{USE}$	0,34
------------	------	------------	------	------------	------

Wskaźnik CI możemy wyliczyć w następujący sposób:

$$(0,7 \cdot 40 + 0,7 \cdot 80) = 84\% < 100\% \Rightarrow$$

$$CI = 100 \cdot 0,33 + 75 \cdot 0,33 + (0,7 \cdot 40 + 0,7 \cdot 80) \cdot 0,34 = 86,3\%$$

▼ Rys. 23. Ilustracja stanu 0 i 100% cyrkularności wskaźnika CI

Wszystkie cząstkowe wskaźniki cyrkularności wynoszą 0%

Zwiększenie wartości cząstkowych wskaźników cyrkularności

Wszystkie cząstkowe wskaźniki cyrkularności wynoszą 100%

0%

100%

CI - wskaźnik cyrkularności

# PROCES OCENY

Budynek składa się z szeregu elementów. Są to ściany, okna, drzwi, konstrukcja stalowa itp. Aby wyliczyć wskaźnik cyrkularności należy dokonać inwentaryzacji jakościowej i ilościowej tych elementów. Istotnym jest, aby uwzględnić możliwie wszystkie elementy. Jako element można traktować np. blok betonowy lub każdy z materiałów użytych do jego wytworzenia. Zależy to głównie od dostępności danych. Łatwiej jest operować dużymi elementami o ile dostępne są ich paszporty materiałowe i wyliczone wskaźniki zubażania surowców mineralnych (ADP). W przypadku posiadania tylko informacji na temat ilości materiałów użytych do budowy, wówczas każdy z materiałów należy traktować jako osobny element.

▼ Rys. 24. Etapy procesu oceny cyrkularności

OPIS ELEMENTÓW BUDYNKU

OPIS FUNKCJONALNOŚCI POWIERZCHNI

OPIS PARAMETRÓW ENERGETYCZNYCH

WYZNACZENIE WSKAŹNIKÓW CZĄSTKOWYCH

WYZNACZENIE KOŃCOWEGO  
WSKAŹNIKA CYRKULARNOŚCI

## OPIS ELEMENTÓW BUDYNKU

W tym etapie należy określić:

1. Jednostkę miary całego elementu. Jednostka jest uzależniona od typu elementu i z reguły jest to jednostka masy. Natomiast w niektórych przypadkach może się okazać, że najwygodniejszą albo jedyną dostępną będzie inna, np. m<sup>2</sup>. Wynika to z przyjętej jednostki inferencyjnej w deklaracji środowiskowej danego wyrobu budowlanego.
2. Wielkość całkowitą wyrażoną w zdefiniowanej wyżej jednostce miary.
3. Dane dotyczące materiałów wejściowych (ang. *Input materials*). Dane te dotyczą źródła materiałów użytych do wytworzenia danego elementu. Chodzi o określenie jaki procent jest ponownie użyty, jaki pochodzi z recyklingu lub downcyklingu. Pozostała część to materiał pierwotny.
4. Dane dotyczące materiału wyjściowego (ang. *Output materials*). Dane te dotyczą potencjału materiałów użytych do wytworzenia danego elementu. Pozwala to określić jaki procent można wykorzystać w sposób bezpośredni jako ponowne użycie, jaki może być poddany recyklingowi lub downcyklingowi. Pozostała część to odpad.

## OPIS FUNKCJONALNOŚCI POWIERZCHNI

1. Całkowitą powierzchnię budynku.
2. Procent powierzchni, która jest transformowalna monofunkcjonalnie, transfunkcjonalnie i wielowymiarowo.
3. Procent powierzchni, która może być współdzielona np. pomiędzy kilkoma użytkownikami.

## WYZNACZENIE WSKAŹNIKÓW CZĄSTKOWYCH

Po opisanu wszystkich elementów budynku można przystąpić do wyliczenia wskaźników cząstkowych w oparciu o wzory przedstawione wcześniej:

SMU – wskaźnik użycia surowców wtórnych

MRP – wskaźnik potencjału ponownego wykorzystania materiałów

SR – wskaźnik odwracalności przestrzennej

SSP – wskaźnik potencjału współdzielenia.

## WYZNACZENIE KOŃCOWEGO WSKAŹNIKA CYRKULARNOŚCI

Finalnym etapem jest wyznaczenie na podstawie wskaźników cząstkowych końcowego wskaźnika cyrkularności CI.



An aerial photograph of a city, likely New York City, showing a dense grid of buildings. A large, blue, 3D ribbon graphic is overlaid on the image, starting from the top left and winding downwards and to the right. The ribbon has a gradient from dark blue to light blue. The text 'STUDIA PRZYPADKÓW' is positioned in the upper right quadrant, enclosed in a thin orange border.

# STUDIA PRZYPADKÓW

Budynki cyrkularne są określeniem stosunkowo nowym, jednak działania i modele biznesowe związane z gospodarką o obiegu zamkniętym w budownictwie funkcjonują już od kilku lat. Świadomi inwestorzy i firmy produkujące materiały budowlane często wprowadzają działania polegające na wykorzystywaniu wybranych materiałów z odzysku, odpowiednim gromadzeniu i sortowaniu odpadów budowlanych w perspektywie przeznaczenia ich do recyklingu. Coraz częściej wybrane budynki poddawane są rewitalizacji zachowującej w znacznym stopniu wbudowane materiały konstrukcyjne, a czasami wykończeniowe. Podejmowane działania nie są jednak standardową praktyką, a wdrażane rozwiązania realizują tylko niewielki aspekt cyrkularności. Można stwierdzić, że w pełni cyrkularnych budynków w zasadzie nie ma, ale można znaleźć doskonałe przykłady budynków, które zawierają w sobie istotne elementy cyrkularności. Przykłady te w różnym zakresie spełniają poszczególne aspekty cyrkularności i niejednokrotnie wprowadzają pionierskie rozwiązania w ramach GOZ.

Najlepsze przykłady budynków cyrkularnych przedstawiono na kolejnych stronach niniejszego opracowania. W każdym z przykładów wyróżniono występujące w nim aspekty cyrkularności:

- **użycie surowców wtórnych:** do budowy lub renowacji obiektu wykorzystano materiały pochodzące z ponownego użycia, recyklingu lub zastosowano biomateriały
- **potencjał do ponownego wykorzystania:** konstrukcja budynku została wykonana z myślą o demontażu w przyszłości lub przeniesieniu obiektu w całości lub części do innej lokalizacji
- **potencjał współdzielenia:** powierzchnia budynku lub jej część jest ogólnodostępna (tzw. powierzchnie wspólne) lub dostosowana do najmu okazjonalnego
- **potencjał odwracalności przestrzennej:** konstrukcja i elementy budynku lub jego części zostały zaprojektowane z myślą o zmianie funkcji w przyszłości.

Powyższe aspekty cyrkularności są odpowiednie do obszarów ocenianych w ramach wskaźników cyrkularności, jednak z uwagi na brak dostępnych danych ilościowych nie zostały obliczone ich wartości. W przykładach przedstawiono natomiast najlepsze rozwiązania cyrkularnych budynków, które mogą stać się inspiracją do przyszłych projektów.

CZY  
**WIESZ,**  
ŻE...

## CZY MATERIAŁY KOMPOZYTOWE W BUDOWNICTWIE SĄ CYRKULARNE?

Według raportu Fundacji Ellen MacArthur 1% wszystkich materiałów kompozytowych używanych w budownictwie jest poddawanych recyklingowi, natomiast reszta umieszczana jest na składowiskach odpadów lub spalana. Dzieje się tak, ponieważ kompozyty zbudowane są z wielu materiałów trwale ze sobą połączonych, co utrudnia rozdzielenie ich na materiały składowe w celu ponownego użycia lub recyklingu. Ponadto wiele materiałów kompozytowych zawiera niebezpieczne związki chemiczne, takie jak środki zmniejszające palność lub metale ciężkie, które należy usunąć przed ponownym użyciem lub recyklingiem. Procesy recyklingu tych materiałów należą więc do kosztownych i czasochłonnych oraz nieprzyjaznych dla środowiska przyrodniczego. Dane te pokazują, że sektor budowlany musi opracować lepsze rozwiązania w kierunku gospodarki o obiegu zamkniętym, aby zmniejszyć swoją zależność od materiałów kompozytowych nienadających się do recyklingu.



# ALLIANDER HQ



Użycie surowców wtórnych



Potencjał ponownego wykorzystania materiałów



Potencjał współdzielenia



Potencjał odwracalności przestrzennej

**Lokalizacja:**  
Duiven, Holandia

**Powierzchnia:**  
21 852 m<sup>2</sup>

**Projektant:**  
RAU architects

**Główne aspekty cyrkularności:**  
Ponowne wykorzystanie większości istniejących budynków oraz materiałów z nich pochodzących

Paszporty materiałowe

**Status:**  
funkcjonujący

**Przeznaczenie budynku:**  
budynek biurowy

**Rodzaj prac:**  
renowacja

**Rok zakończenia prac:**  
2015

## ASPEKTY CYRKULARNOŚCI:

Alliander HQ to pierwszy projekt renowacyjny w Holandii, który uzyskał certyfikat BREEAM-NL Outstanding Sustainability. Obiekt jest przeznaczony dla 1550 pracowników, a jego powierzchnia wynosi 21 852 m<sup>2</sup>. Kompleks powstał z połączenia i renowacji budynków istniejących na terenie inwestycji. W efekcie powstało duże atrium, które łączy sześć różnych kubatur i dzięki temu tworzy przestrzeń spotkań. W dobudowanym dachu umieszczono duże świetliki, co zwiększa dostęp do światła dziennego w przestrzeni atrium. Wszystkie fasady istniejących budynków ocieplono. Na nowych zewnętrznych ścianach atrium zostały zamieszczone okna o dużej powierzchni umożliwiające naturalną wentylację. Na parkingu umieszczono panele słoneczne, które pełnią funkcję parkingu solarnego. Nadwyżka produkcji energii nad potrzeby energetyczne budynku zasila sąsiednie budynki w okolicy poprzez system Smart Grid.

### Użycie surowców wtórnych

W ramach realizacji projektu przeprowadzono adaptację i renowację istniejących obiektów oraz ich zintegrowanie nowymi elementami konstrukcyjnymi. Do rozbudowy budynku ponownie użyto materiały pochodzące z rozbiórki części istniejących na terenie inwestycji obiektów:

- drewno odpadowe, które zostało przeznaczone na elewacje
- beton z części wyburzonych obiektów
- konstrukcję stalową do rozbudowy budynków istniejących
- recyklingowy asfalt z istniejących dachów
- wyposażenie toalet
- płyty sufitowe
- istniejące drzwi, które przekształcono na meble.

### Potencjał ponownego wykorzystania materiałów

W celu zwiększenia potencjału ponownego wykorzystania, dla każdego z materiałów wykonano paszport materiałowy. Zastosowano metalową konstrukcję dachu, której specjalne zaprojektowane zminimalizowało użycie materiałów i ciężaru, a w przyszłości możliwy będzie jej łatwy demontaż i ponowne użycie w innym projekcie.

### Źródła:

<https://www.arch2o.com/alliander-hq-rau-architects/> (dostęp: 05.05.2023)

<https://www.archdaily.com/777783/alliander-hq-rau-architects> (dostęp: 05.05.2023)

# BIOSINTRUM



Użycie surowców wtórnych



Potencjał ponownego wykorzystania materiałów



Potencjał współdzielenia



Potencjał odwracalności przestrzennej

**Lokalizacja:**  
Oosterwolde, Holandia

**Projektant:**  
Paul de Ruiter Architects

**Główne aspekty cyrkularności:**  
Biomateriały i materiały z recyklingu

**Status:**  
funkcjonujący

**Przeznaczenie budynku:**  
budynek o mieszanym przeznaczeniu  
(7 sal konferencyjnych, sala wykładowa,  
restauracja, laboratorium, biura)

**Rodzaj prac:**  
budowa nowego obiektu

**Rok zakończenia prac:**  
2018

## ASPEKTY CYRKULARNOŚCI:

Biosintrum to centrum wiedzy i innowacji w dziedzinie biogospodarki. Budynek jest neutralny energetycznie i został zbudowany z naturalnych materiałów. Gmina Ooststellingwerf w 2016 r. wydała pozwolenie na budowę Biosintrum w ramach ECOMunity Park - ekologicznego parku biznesowego. Za projekt odpowiedzialny jest amsterdamski architekt Paul de Ruiter, który przed rozpoczęciem budowy przeprowadził sześciomiesięczne intensywne konsultacje z wszystkimi interesariuszami. Budowa trwała niecały rok. Pośrodku budynku o powierzchni ok. 1000 m<sup>2</sup> znajduje się atrium z drzewem rosnącym pod świetlikiem. Budynek powstał na planie litery Y, co symbolizuje trzy główne strony zaangażowane w projekt: przedsiębiorców, instytucje edukacyjne i samorząd. Każde z ramion, które łączą się w centralnym atrium, poświęcone jest innej dyscyplinie. Na parterze znajduje się restauracja, sale spotkań i sala konferencyjna, a także część edukacyjna, biura i zaplecze laboratoryjne. Wokół atrium rozmieszczono pokoje do nauki, wzmacniając stymulowanie interakcji i współpracy.

Wiele elementów z biomateriałów użytych do budowy centrum pozostawiono na widoku. Wśród detali są to m.in. nieobrobione drewniane ramy okienne Accoya, podłogi, kopia izolacyjna z tworzywa sztucznego pochodzącego z recyklingu, okładziny ścienne z biokompozytu czy ogród warzywny i ziołowy.

### Użycie surowców wtórnych

Obiekt jest zbudowany w 80% z biomateriałów, jak również elementów wykorzystujących materiały z recyklingu:

- drewniana konstrukcja została wykonana z drewna Accoya, rodzimego modrzewia ze Staatsbosbeheer oraz z biokompozytu z odpadów drzewnych
- ściany zostały ocieplone konopiami, celulozą i jeansem z gminnych zbiórek
- podłoga składa się w 50% z trawy Miscanthus
- obudowę przyłączy elektrycznych wykonano z kukurydzy
- płyty sufitowe wykonano z lnu
- podłoga w toaletach zrobiona została z łupin kakaowych
- ścianę akustyczną w sali wykładowej wykonano z grzybni
- płytki dywanowe wykonano z sieci rybackich z recyklingu
- krzesła wykonano z przetworzonych butelek PET.

### Źródła:

<https://paulderuiter.nl/en/projects/het-biosintrum/> (dostęp: 26.04.2023)

<https://biosintrum.nl/> (dostęp: 26.04.2023)



# BUITENPLAATS BRIENENOORD



Użycie surowców wtórnych



Potencjał ponownego wykorzystania materiałów



Potencjał współdzielenia



Potencjał odwracalności przestrzennej

**Lokalizacja:**  
Rotterdam, Holandia

**Projektant:**  
Superuse Rotterdam

**Główne aspekty cyrkularności:**  
Ponowne użycie materiałów

Wykorzystanie materiałów z recyklingu

Budynek otwarty dla wszystkich

**Status:**  
funkcjonujący

**Przeznaczenie budynku:**  
budynek użyteczności publicznej

**Rodzaj prac:**  
budowa nowego obiektu

**Rok zakończenia prac:**  
2020

## ASPEKTY CYRKULARNOŚCI:

Budynek Buitenplaats Brienoord powstał na wyspie zlokalizowanej na rzece Moza, w miejscu, do którego jedyna droga prowadzi przez most o maksymalnym udźwigu 15 ton. Celem tej inwestycji było zbudowanie obiektu dla lokalnej społeczności, używając minimalnego budżetu i z jak najmniejszym wpływem na środowisko. Z uwagi na ograniczenia ładowności mostu, do budowy ponownie wykorzystano lokalnie dostępne materiały pochodzące głównie z konstrukcji innych budynków.

### Użycie surowców wtórnych

Budynek zbudowany w 90% z materiałów pochodzących z ponownego użycia. Jedyne nowe elementy to materiał mocujący poszczególne elementy konstrukcyjne, pięć drewnianych wiązarów, kolumny oraz część przeszkleń.

### Potencjał współdzielenia

Budynek ma służyć społeczności lokalnej. Jest miejscem, w którym realizowane są programy dla mieszkańców, wydarzenia kulturalne, kulinarne, edukacyjne jak i inne spotkania społeczne.

### Źródła:

<https://www.superuse-studios.com/projectplus/buitenplaats-brienoord/> (dostęp: 20.02.2023)





Użycie surowców wtórnych



Potencjał ponownego wykorzystania materiałów



Potencjał współdzielenia



Potencjał odwracalności przestrzennej

#### Lokalizacja:

Amsterdam, Niderlandy

#### Projektant:

Architekten Cie

#### Główne aspekty cyrkularności:

Ponownie wykorzystane elementy: ramy okienne, szklana fasada i ścianki działowe, drewno odpadowe i część elementów wyposażenia wnętrza

Demontowalna konstrukcja wykonana z drewna niemalowanego

Przestrzeń otwarta dla odwiedzających i przestrzeń wspólna

Adaptowalna do potrzeb użytkowników konstrukcja

Tynk tekstylny i tekstylne materiały izolacyjne (odzież końcowego użytkownika)

#### Status:

funkcjonujący

#### Przeznaczenie budynku:

budynek użyteczności publicznej (siedziba banku, lokale usługowe, coworking)

#### Rodzaj prac:

budowa nowego obiektu

#### Rok zakończenia prac:

2017

#### ASPEKTY CYRKULARNOŚCI:

Pawilon Circl jest praktycznym przykładem zrównoważonego i cyrkularnego projektowania. Opiera się on na idei zapewnienia, że konstrukcja budynku może odznaczać się minimalną konsumpcją zasobów naturalnych, a gospodarka cyrkularna stanowiła inspirację dla pawilonu.

Zespół projektowy przetestował różne koncepcje dotyczące GOZ obejmujące wydłużenie okresu użytkowania, odzyskanie wartości, modele usług i energię odnawialną. Circl wykorzystuje nowoczesny materiał zmieniający fazę (PCM) w celu wyrównania temperatury. Materiały PCM Gaia upłynniają się w temperaturze 20 stopni, absorbując nadmiar ciepła, które następnie uwalniane jest w nocy, co pozwala na utrzymanie odpowiedniej temperatury i minimalizuje zużycie energii. Odpowiednią temperaturę powietrza w pomieszczeniach zapewnia również system geotermalny. Oświetlenie LED jest zasilane przez dachowe panele słoneczne.

W ramach cyrkularnego podejścia projektanci obiektu narzucili pięć ważnych działań projektowych, które uwzględniły:

- materiały i produkty, które w przyszłości mogą być ponownie wykorzystane bez konieczności dostosowywania do nowych funkcji – *reuse 1:1*
- produkty lub części produktów są ponownie wykorzystywane, odbudowywane i łączone z naprawionymi i nowymi częściami w nowe obiekty/elementy o nowej funkcji zmieniającej ich pierwotne specyfikacje – *reuse + remanufacture*
- przekształcanie starych materiałów w nowe materiały i przedmioty – *recycle*
- optymalizację zachowania wartości w procesie projektowania – *reusable*
- możliwość dzierżawy/leasingu elementów budynku – *product as a service*.

#### Użycie surowców wtórnych

Pawilon jest wykonany głównie z materiałów pochodzących z recyklingu:

- podłoga jest wykonana z drewna odpadowego, pochodzącego ze stołków barowych i podłogi z klasztoru
- ramy okienne w salach konferencyjnych pochodzą ze starego biura firmy Philips
- budynek jest izolowany przy użyciu materiału wykonanego z 16 000 par starych dżinsów pracowników firmy ABN AMRO
- tynk tekstylny na ścianach piwnicy został wykonany z przetworzonej odzieży biznesowej firmy ABN AMRO
- wybrane meble pochodzą z magazynów ABN AMRO, podczas gdy inne zostały zbudowane z materiałów pochodzących z recyklingu i są w całości przetwarzalne
- windy budynku funkcjonują w formule *product as a service* - właścicielem windy pozostał producent, któremu zarządca budynku płaci ustaloną kwotę za każdy przejazd windy
- wszystkie materiały, części i komponenty użyte do stworzenia budynku zostały zapisane w formie „cyfrowego bliźniaka”, paszportu budynku, określanego jako LLMNT
- korytka kablowe, parkiet z twardego drewna i stara szklana fasada zostały pobrane z różnych „budynków dawców” i wykorzystane jako wewnętrzne ścianki działowe
- przedmioty otrzymują nowe życie w innym kontekście, na przykład stare sejfy wykorzystano jako wyposażenie kuchenne, do przechowywania materiałów.



- szkielet budynku wykonany jest z nowego i lokalnie pozyskiwanego drewna modrzewiowego. Belki są dłuższe niż jest to konieczne, aby umożliwić większy potencjał do ponownego wykorzystania lub recykling. Kiedy pawilon zostanie rozebrany, belki mogą zostać zamienione na deski o standardowych wymiarach
- drewno nie jest malowane, ponieważ utrudniłoby to recykling.

#### Potencjał ponownego wykorzystania materiałów

Cały budynek został zaprojektowany tak, aby można go było zdemontować i teoretycznie odzyskać materiały zbliżone do ich pierwotnej formy. Oznacza to, że w przyszłości materiały/produkty mogą być odsprzedane i wykorzystane w innych budynkach:

- konstrukcja drewniana jest łączona za pomocą systemu szczelin i śrub, a po zakończeniu eksploatacji budynku drewniane belki mogą być użyte w nowej konstrukcji lub wykorzystane do innego celu
- w całym wnętrzu podjęto kroki mające na celu zminimalizowanie zużycia materiałów i odpadów poprzez wykorzystanie właściwości surowców i montaż konstrukcji za pomocą suchych mocowań, tak aby można je było zdemontować i ponownie wykorzystać w przyszłości
- w projekcie ponownie wykorzystano wiele produktów i przedmiotów, w tym stare gabloty wystawowe z Stedelijk Museum „s-Hertogenbosch oraz niechciane meble z dawnej siedziby banku.

#### Potencjał współdzielenia

Budynek jest otwarty dla odwiedzających. Zaplanowano w nim przestrzeń publiczną, gdzie przechodnie i pracownicy mogą się spotkać. We wnętrzu budynku znajduje się ponad 2 000 m<sup>2</sup> powierzchni do spotkań i pracy, ale zarezerwowano również miejsce na „żywe laboratorium”, gdzie można zastosować i przetestować najnowsze innowacje. Przykładowo część fasady została przystosowana we współpracy z Uniwersytetem Technicznym w Delft do oceny zastosowania nowych materiałów, w celu zbadania możliwości jeszcze bardziej zrównoważonych zastosowań – znajdują się tam całoroczne rozwiązanie regulacji klimatu wewnętrznego i ogród zimowy, który zapewnia naturalną wentylację. Należy podkreślić, że właściciel budynku ABN AMRO udostępnił swoje plany poprzez „prawo do kopiowania”, aby zachęcić innych do tworzenia podobnych budynków, które mogą pozytywnie przekształcić środowisko miejskie.

#### Potencjał odwracalności przestrzennej

Przebieg budynku została zaprojektowana w taki sposób, aby była jak najbardziej elastyczna, zapewniając maksymalny poziom wykorzystania, a także gotowość do przyszłych zastosowań. Dzięki wielofunkcyjnym i ruchomym elementom wyposażenia, wnętrze może być zaadaptowane do różnych funkcji, w tym opieki dziennej, miejsca występów, spotkań, rynku wewnętrznego, wystaw lub pokazów filmowych. Przesuwane ściany są zdalnie sterowane poprzez panel sterowania, umożliwiając całkowite przekształcenie planu podłogi. Ruchome panele wykonane są z aluminium pochodzącego z recyklingu i siatki cięto-ciągnionej, z warstwą materiału wykonanego z przetworzonych dzinsów, umieszczoną w środku, aby zapewnić bufor akustyczny. Otwarty dla publiczności pawilon Circl może być dostosowany do różnych zastosowań dzięki zmianie układu ruchomych ścian, bez konieczności opuszczania budynku przez ludzi znajdujących się w jego wnętrzu. Dzięki technologii podnoszenia i przesuwania, zmiany formatów przestrzeni można dokonać w ciągu kilku minut, a obsługa wnętrza jest łatwa i bezpieczna.

#### Źródła:

<https://inhabitat.com/sustainable-circular-economy-principles-inform-amsterdams-flexible-circl-pavilion/> (dostęp: 20.04.2023)

<https://www.oneplanetnetwork.org/news-and-events/news/construction-circl-pavilion-amsterdam> (dostęp: 20.04.2023)

<https://architecturenow.co.nz/articles/from-the-inside-sustainability-in-interiors/> (dostęp: 20.04.2023)

[https://www.doepelstrijkers.com/en//circl\\_interior\\_abn\\_amro/](https://www.doepelstrijkers.com/en//circl_interior_abn_amro/) (dostęp: 20.04.2023)

<https://circl.nl/> (dostęp: 20.04.2023)

# CORK HOUSE



Użycie surowców wtórnych



Potencjał ponownego wykorzystania materiałów



Potencjał współdzielenia



Potencjał odwracalności przestrzennej

**Lokalizacja:**  
Berkshire, Anglia

**Powierzchnia:**  
44 m<sup>2</sup>

**Projektant:**  
Matthew Barnett Howland,  
Dido Milne, Oliver Wilton

**Główne aspekty cyrkularności:**  
Elementy konstrukcji wykonane z odpadów przemysłu leśnego

Demontowalna konstrukcja drewniana wyposażona w bloki wykonane z naturalnego korka

**Status:**  
funkcjonujący

**Przeznaczenie budynku:**  
budynek mieszkalny

**Rodzaj prac:**  
budowa nowego budynku

**Rok zakończenia prac:**  
2019

## ASPEKTY CYRKULARNOŚCI:

Konstrukcja budynku Cork House opiera się na modułowej budowie z bloków korkowych, które są połączone z drewnianymi elementami bez użycia kleju czy zaprawy murarskiej. Dzięki temu realizacja budynku i szacowanie emisji CO<sub>2</sub> w całym cyklu życia jest o 15% mniejsze w porównaniu do tradycyjnej konstrukcji. Budynek składa się z pięciu segmentów, które połączone są w całość i pokryte piramidalnymi świetlikami. Konstrukcja opiera się na blokach korkowych, które są wspierane przez elementy drewniane. W przyszłości budynek może być łatwo zdemontowany, poddany recyklingowi lub ponownie wykorzystany.

## Użycie surowców wtórnych

Zastosowany w konstrukcji korek jest ekspandowany czystym biomateriałem wytwarzanym z odpadów z leśnictwa. Kora dębu korkowego jest zbierana ręcznie co dziewięć lat, bez szkody dla drzewa i bez naruszania lasu.

## Potencjał ponownego wykorzystania materiałów

System konstrukcyjny budynku został wykonany w technologii „na sucho”, dzięki czemu wszystkie 1268 bloków korka może być odzyskane po zakończeniu eksploatacji budynku do ponownego wykorzystania, recyklingu lub powrotu do biosfery.

## Źródła:

<https://www.architecture.com/awards-and-competitions-landing-page/awards/riba-regional-awards/riba-south-award-winners/2019/cork-house> (dostęp: 14.04.2023)

<https://www.dezeen.com/2019/07/29/cork-house-matthew-barnett-howland-sustainable-architecture/> (dostęp: 14.04.2023)

<https://www.matthewbarnetthowland.com/cork-house> (dostęp: 14.04.2023)

[https://www.designingbuildings.co.uk/wiki/Cork\\_House](https://www.designingbuildings.co.uk/wiki/Cork_House) (dostęp: 14.04.2023)





# DE LOSKADE



Użycie surowców wtórnych



Potencjał ponownego wykorzystania materiałów



Potencjał współdzielenia



Potencjał odwracalności przestrzennej

**Lokalizacja:**  
Groningen, Holandia

**Projektant:**  
Van Wijnen

**Główne aspekty cyrkularności:**  
W pełni demontowalne  
budynki tymczasowe

**Status:**  
funkcjonujący/w fazie rozbudowy

**Przeznaczenie budynku:**  
osiedle mieszkaniowe

**Rodzaj prac:**  
budowa nowego obiektu

**Rok zakończenia prac:**  
2019

## ASPEKTY CYRKULARNOŚCI:

De Loskade to prototyp innowacyjnego osiedla, które obejmuje 46 budynków (14 domów parterowych i 32 studia), a jego wielkość dostosowana jest do obecnych potrzeb. Osiedle zlokalizowane jest na terenie Suikerfabriek, na którym oficjalnie zabronione jest mieszkanie. Projekt De Loskade, który dzierżawi ten teren do 2023 r., uzyskał pozwolenie wyłącznie na tymczasowy wynajem domów i krótkotrwały pobyt. Najem domu jest możliwy od 4 do 6 miesięcy (studenci do 10 miesięcy). Osiedle wykorzystuje również odnawialne źródła energii integrowane z inteligentnym systemem SmartGrid. Energia pozyskana z paneli fotowoltaicznych wykorzystywana jest na potrzeby energetyczne osiedla. Dodatkowo planowana jest instalacja turbin wiatrowych i systemów magazynowania energii w celu całkowitego uniezależnienia energetycznego osiedla od zewnętrznych źródeł. W osiedlu zastosowano również system kontroli dystrybucji wody szarej i zbierania wody deszczowej do podlewania ogrodu.

### Użycie surowców wtórnych

- wykorzystano ponownie kostkę brukową i maszty drewniane, na których zamontowano oświetlenie LED
- ściany wykonano z odpadów tworzyw sztucznych, na których umieszczono rośliny, w celu retencji wody opadowej
- meble w domach wykonano ze skóry pochodzącej z recyklingu
- wykładziny wykonano z produktów z recyklingu.

### Potencjał ponownego wykorzystania materiałów

Osiedle zostało zaprojektowane z myślą o szybkim demontażu. Wznoszenie budynku trwa jeden dzień bez użycia klejonych połączeń. Z uwagi na zakaz stałego zamieszkania na terenie Suikerfabriek, po okresie dzierżawy całe osiedle zostanie w całości rozbrane i przeniesione w inne miejsce.

### Źródła:

<https://www.deloskade.nl/circulair-bouwen/> (dostęp: 08.05.2023)

<https://www.deloskade.nl/> (dostęp: 08.05.2023)

<https://solarix-solar.com/loskade-opgeleverd-met-solar-design-zonnepanelen/> (dostęp: 08.05.2023)

<https://www.fijn.com/projecten/groningen/de-loskade-46-woningen> (dostęp: 08.05.2023)

<https://www.vanwijnen.nl/projecten/de-loskade/> (dostęp: 20.02.2023)

<https://www.czasopismobiologia.pl/artukul/bioniczne-osiedle-czyli-zywe-laboratorium-do-zamieszkania> (dostęp: 20.02.2023)

# DE VOORTUINEN APARTMENT BUILDING



Użycie surowców wtórnych



Potencjał ponownego wykorzystania materiałów



Potencjał współdzielenia



Potencjał odwracalności przestrzennej

**Lokalizacja:**  
Amsterdam, Holandia

**Powierzchnia:**  
9 300 m<sup>2</sup>

**Projektant:**  
Elephant

**Główne aspekty cyrkularności:**  
Adaptacja budynku biurowego na mieszkalny

**Status:**  
funkcjonujący

**Przeznaczenie budynku:**  
budynek mieszkalny

**Rodzaj prac:**  
adaptacja

**Rok zakończenia prac:**  
2021

## ASPEKTY CYRKULARNOŚCI:

Wzniesiony w 1971 r. budynek był siedzibą Banku Narodowego Holandii, a w ramach modernizacji został zaadoptowany na budynek mieszkalny. De Voortuinen składa się z czternastu pięter. Dzięki dobudowanej do elewacji konstrukcji, wszystkie apartamenty posiadają prywatny taras. Biuro architektoniczne Elephant zaprojektowało zupełnie nową formę budynków mieszkalnych, w której tradycyjny wewnętrzny rdzeń komunikacyjny (klatki schodowe) został przeniesiony na zewnętrzną fasadę. Zewnętrzne schody i winda umożliwiają każdemu mieszkańcowi własne wejście z zewnątrz. Ważną częścią projektu jest dach, na którym znajdują się zbiorniki magazynujące wodę deszczową, która wykorzystywana jest do automatycznego podlewania odpowiednio dobranych 120 drzew. Dzięki temu koszty utrzymania jednego drzewa wynoszą 30 euro/rok.

## Użycie surowców wtórnych – adaptacja do innego przeznaczenia

Dawna struktura biurowca została ponownie wykorzystana w całości, co jest nadal widoczne we wszystkich apartamentach. W cokole pozostawiono oryginalne kolumny konstrukcji, tworząc kolumnadę pod budynkiem. Należy podkreślić, że w latach 70. budynki biurowe były często przewymiarowane pod względem ich nośności. Dzięki temu możliwe było uzyskanie większej powierzchni i ilości tarasów, bez wzmocnienia konstrukcji budynku. Stara, prefabrykowana fasada, która nie mogła być zdemontowana i ponownie wykorzystana, została wyburzona i poddana procesowi recyklingu na nowe materiały bazowe.

Typowa adaptacja nie umożliwiłaby wykonania wysokiej jakości mieszkań, dlatego postanowiono podzielić rdzeń konstrukcyjny budynku na cztery i przełożyć windy na elewację. Klatki schodowe są umieszczone poza tarasami i stały się częścią architektury. Dawny wewnętrzny betonowy trzon komunikacyjny został przebudowany tak, aby można go było wykorzystać na łazienki, magazyny i pomieszczenia techniczne. Nowa koncepcja adaptacji budynku została nazwana przez architektów Coreless i jest ona obecnie stosowana również w nowych wieżach mieszkalnych.

## Źródła:

<https://www.archdaily.com/984776/de-voortuinen-apartment-building-elephant> (dostęp: 07.05.2023)

[https://moss.amsterdam/portfolio\\_page/voortuinen-elephant/](https://moss.amsterdam/portfolio_page/voortuinen-elephant/) (dostęp: 07.05.2023)

[https://vmospace.com/eng/project/project\\_view.html?base\\_seq=MjQ0Mw==](https://vmospace.com/eng/project/project_view.html?base_seq=MjQ0Mw==) (dostęp: 07.05.2023)



# DOCKLANDS LIBRARY



Użycie surowców wtórnych



Potencjał ponownego wykorzystania materiałów



Potencjał współdzielenia



Potencjał odwracalności przestrzennej

**Lokalizacja:**  
Melbourne, Australia

**Powierzchnia:**  
3000 m<sup>2</sup>

**Projektant:**  
Clare Design I Hayball

**Główne aspekty cyrkularności:**  
Ponowne użycie surowców odnawialnych

Zastosowanie technologii niegenerującej odpadów materiałowych

Wykorzystanie drewna z odzysku

**Status:**  
funkcjonujący

**Przeznaczenie budynku:**  
budynek użyteczności publicznej (biblioteka)

**Rodzaj prac:**  
budowa nowego obiektu

**Rok zakończenia prac:**  
2014

## ASPEKTY CYRKULARNOŚCI:

Docklands Library jest pierwszym w Australii budynkiem publicznym wykonanym w technologii CLT. Trzykondygnacyjna biblioteka o długości 55 m i powierzchni 3000 m<sup>2</sup> w Docklands została zbudowana z masy drewna klejonego krzyżowo i twardego drewna z recyklingu. Zastosowanie drewna było uwarunkowane bliskim umiejscowieniem budynku od brzegu, a dzięki jego stosunkowo niskiej masie zmniejszono zapotrzebowanie materiałowe na nową podbudowę. Oprócz materiałów budowlanych, Docklands Library zawiera elementy pasywnego budynku, aby zminimalizować zużycie energii. Przeszklenia na całej wysokości na pierwszym piętrze maksymalizują wykorzystanie naturalnego światła. Budynek zaprojektowano z myślą o pasywnej wentylacji, dzięki temu zmniejszono zużycie energii i zapewniono wysoką jakość powietrza w pomieszczeniach. Budynek ma 85-kilowatowy system fotowoltaiczny na dachu, który ma zaspokoić 30% zapotrzebowania budynku na energię. W całym budynku zastosowano materiały o niskiej zawartości lotnych związków organicznych i formaldehydu. Zbiornik na deszczówkę o pojemności 55 tys. litrów zbiera wodę z dachu, która jest ponownie wykorzystywana w budynku.

## Użycie surowców wtórnych

- na najwyższym poziomie biblioteki wykorzystano 100-letnie drewniane belki Ironbark, które zostały odzyskane ze zburzonego mostu w Brisbane
- pokłady wykonane są z odzyskanego drewna z południowego nabrzeża Victoria Harbour
- drewno klejone poprzecznie (CLT), które wykorzystano do stworzenia elewacji, wykonane jest ze świerku europejskiego oraz drewna twardego pochodzącego z recyklingu.

## Źródła:

<https://thefifthstate.com.au/innovation/case-studies/docklands-library-to-be-melbournes-most-sustainable-civic-landmark/> (dostęp: 14.04.2023)

<https://www.melbourne.vic.gov.au/SiteCollectionDocuments/solar-case-study-library-dock.pdf> (dostęp: 14.04.2023)

<https://www.degruyter.com/document/doi/10.1515/bfp-2015-0009/html> (dostęp: 14.04.2023)

<https://www.melbourne.vic.gov.au/SiteCollectionDocuments/library-dock-sustain-fact-sheet.pdf> (dostęp: 14.04.2023)

# DOM ZE SŁOMY

## Lokalizacja:

Gajówka, Dolny Śląsk, Polska

## Główne aspekty cyrkularności:

Biomateriały i materiały z recyklingu

Konstrukcja budynku niemal w całości może być skompostowana

## Status:

funkcjonujący

## Przeznaczenie budynku:

Budynek rekreacji indywidualnej, pod wynajem dla letników

## Rodzaj prac:

budowa nowego obiektu

## Rok zakończenia prac:

2011

## ASPEKTY CYRKULARNOŚCI:

Budynek został wykonany z modułów słomiano-glinianych osadzonych w drewnianej konstrukcji pełniącej rolę szkieletu domu. Materiały do budowy zostały pozyskane lokalnie, z których na miejscu wykonano część elementów budynku. Dzięki temu ograniczono ilość odpadów. Dodatkowo zastosowanie słomy i gliny w konstrukcji korzystnie wpływa na mikroklimat oraz stanowi dobrą izolację cieplną budynku. Budynek jest przeznaczony do najmu w okresie letnim.

### Użycie surowców wtórnych

Dach budynku został pokryty dachówkami pochodzącymi z ponownego użycia. Konstrukcja budynku wykonana jest niemal w całości z biomateriałów: drewna, słomy i gliny.

### Potencjał ponownego wykorzystania materiałów

Po okresie użytkowania dom niemal w całości może zostać skompostowany, a niektóre materiały naturalne (np. drewniana konstrukcja) mogą być ponownie wykorzystane w innych projektach.

### Źródła:

<https://nowoczesnastodola.pl/inspiracje/dom-ze-slomy-gliny-i-drewna/> (dostęp: 14.04.2023)

<https://www.facebook.com/media/set/?set=a.1412608845489542.1073741855.343252785758492&type=3> (dostęp: 14.04.2023)



Użycie surowców wtórnych



Potencjał ponownego wykorzystania materiałów



Potencjał współdzielenia



Potencjał odwracalności przestrzennej



# DRANGAR



Użycie surowców wtórnych



Potencjał ponownego wykorzystania materiałów



Potencjał współdzielenia



Potencjał odwracalności przestrzennej



## Lokalizacja:

Skógarströnd, Islandia

## Główne aspekty cyrkularności:

Wykorzystanie istniejącej zabudowy

Ponowne wykorzystanie materiałów

## Status:

funkcjonujący

## Przeznaczenie budynku:

dom prywatny i hotel

## Rodzaj prac:

renowacja i rozbudowa

## Rok zakończenia prac:

2019

## ASPEKTY CYRKULARNOŚCI:

Drangar to zespół budynków gospodarczych (wiata ciągnikowa, obora, dom gospodarczy, stodoła, magazyn siana) zbudowany w latach 80., który wykorzystywany był w tej funkcji do 2001 roku. Po 12 latach zniszczenia, budynki te jednak zostały poddane renowacji do postaci domu prywatnego (dawna stodoła i dom gospodarczy) oraz pensjonatu (dawna wiata ciągnikowa i obora). Renowacja istniejących budynków jest przykładem GOZ w budownictwie per se. Ponadto, celem projektu było zachowanie jak największej liczby istniejących materiałów i struktur w celu zachowania dziedzictwa kulturowego budynków i zmniejszenia wpływu projektu na środowisko. Dzięki temu projekt oceniono wysoko pod względem użycia surowców wtórnych.

## Użycie surowców wtórnych i adaptacja do innego przeznaczenia

Przykładami zachowanych materiałów i struktur są:

- konstrukcja nośna i ściany główne wiaty ciągnikowej
- wiele istniejących ścian dawnej obory i domu gospodarczego.

Przykłady materiałów/elementów ponownie użytych są następujące:

- blachę falistą z dachów (które ze względu na zły stan techniczny należało wymienić) wykorzystano jako szalunek nowych ścian betonowych
- materiały izolacyjne (styropian) z innych projektów
- stare płyty betonowe i stalowe kraty z obory wykorzystano jako płyty tarasowe i wezgowia w pokojach gościnnych
- stare drewniane belki i europalety wykorzystano w produkcji stołów
- do kształtowania krajobrazu wykorzystano ziemię z terenu budowy
- zgromadzony obornik był wykorzystany jako nawóz wokół posesji.

## Źródła:

<https://www.archdaily.com/925031/drangar-renovation-studio-granda> (dostęp: 20.04.2023)

<https://studiogranda.is/Gen/Drangar/Text.html> (dostęp: 20.04.2023)



# HELSINKI CENTRAL LIBRARY



Użycie surowców wtórnych



Potencjał ponownego wykorzystania materiałów



Potencjał współdzielenia



Potencjał odwracalności przestrzennej

**Lokalizacja:**  
Helsinki, Finlandia

**Powierzchnia:**  
17 000 m<sup>2</sup>

**Projektant:**  
ALA Architects

**Główne aspekty cyrkularności:**  
Niemała cała przestrzeń dostępna dla wszystkich

Przestrzeń coworkingowa  
Łatwe dostosowanie konstrukcji do przyszłych potrzeb

**Status:**  
funkcjonujący

**Przeznaczenie budynku:**  
obiekt użyteczności publicznej o wielofunkcyjnym przeznaczeniu

**Rodzaj prac:**  
budowa nowego obiektu

**Rok zakończenia prac:**  
2018

## ASPEKTY CYRKULARNOŚCI:

Ważną częścią gospodarki o obiegu zamkniętym w budownictwie jest również dbałość o ograniczenia surowców i nakładów energetycznych podczas budowy. Minimalizowanie ilości transportowanych materiałów używanych do budowy jest tego częścią. Ograniczenie transportu samolotem lub statkiem może być przyjazne środowisku poprzez chociażby zmniejszenie całkowitej emisji CO<sub>2</sub> podczas budowy, ale wiąże się to przede wszystkim z oszczędnością zasobów naturalnych. Przedsiębiorstwo RAMBOLL z Danii wybudowało budynek użyteczności publicznej w Helsinkach, który został nagrodzony jako obiekt wykorzystujący rozwiązania cyrkularne w sektorze budowlanym. Budynek ten został wybudowany bez importu surowców spoza kraju, poza drewnem. A jednym z jego największych atutów jest aranżacja powierzchni, która umożliwia transformację wielopłaszczyznową.

### Potencjał współdzielenia

Nowa biblioteka w centrum miasta składa się prawie w całości z przestrzeni publicznej i oferuje szeroki wybór usług. W budynku zostały wyznaczone przestrzenie coworkingowe i sale wielofunkcyjne przeznaczone na tymczasowy wynajem. Powierzchnia przygotowana jest do zastosowań takich jak: biblioteka, sale konferencyjne, przestrzeń do pracy grupowej, przestrzeń dla twórców, laboratorium, studia nagraniowe, studio fotograficzne, montażownia, przestrzeń biurowa, kawiarnia, restauracja, kino, audytorium, sala wielofunkcyjna, obiekty wystawiennicze, stoiska.

### Potencjał odwracalności przestrzennej

Koncepcja przestrzenna została zrealizowana poprzez zbudowanie biblioteki jako asymetrycznego mostu rozciągającego się nad otwartą przestrzenią parteru. Konstrukcja mostu składająca się ze stalowych kratownic i belek jest wsparta na dwóch masywnych stalowych łukach. To rozwiązanie umożliwiło stworzenie elastycznych, pozbawionych słupów przestrzeni wewnętrznych. Pozostałe stalowe kratownice podtrzymują wspornikowy balkon i asymetrycznie zadaszenie dachu w stosunku do konstrukcji łuku, tworząc unikalny projekt strukturalny, aby pomieścić zarówno stałe, jak i tymczasowe funkcje dla biblioteki i przestrzeni publicznej, oraz umożliwić jej dostosowania do przyszłych potrzeb użytkowników.

### Źródła:

<https://worldarchitecture.org/article-links/ecghe/ala-architects-bridgelike-oodi-helsinki-central-library-attracted-one-million-visitors.html> (dostęp: 07.05.2023)

<https://architizer.com/projects/helsinki-central-library-oodi/> (dostęp: 07.05.2023)

# KAJ 16



Użycie surowców wtórnych



Potencjał ponownego wykorzystania materiałów



Potencjał współdzielenia



Potencjał odwracalności przestrzennej

**Lokalizacja:**  
Gothenburg, Szwecja

**Powierzchnia:**  
37 500 m<sup>2</sup>

**Projektant:**  
Dorte Mandrup

**Główne aspekty cyrkularności:**  
Ponowne użycie materiałów

**Status:**  
w budowie

**Przeznaczenie budynku:**  
budynek mieszkalny o mieszanym przeznaczeniu (biura i mieszkania)

**Rodzaj prac:**  
renowacja

**Planowane oddanie budynku:**  
2026

## ASPEKTY CYRKULARNOŚCI:

Kaj 16 to projekt obiektu, którego główny pomysł zakłada ponowne wykorzystanie jak największej części starej nieruchomości. W projekcie zaplanowano recykling całego betonu, ponowne wykorzystanie blisko 70% wszystkich blach występujących w elewacjach i ramach stalowych, ponowne wykorzystanie połowy wszystkich materiałów do wykończenia pomieszczeń oraz co najmniej 25 różnych grup produktów z zakresu instalacji. Projekt zakłada również stworzenie zrównoważonych ulic i biur o możliwych do adaptacji przestrzeniach.

## Użycie surowców wtórnych

Planowane jest wykorzystanie:

- 6400 m<sup>3</sup> betonu ze starego budynku wykorzystano ponownie na placu budowy
- 75% wszystkich okrągłych kanałów wentylacyjnych w przestrzeniach mieszkalnych
- 75% wszystkich rur tryskaczowych
- 100% wszystkich drabin kablowych
- 100% wszystkich drzwi stalowych
- 100% wszystkich sufitów akustycznych w biurach
- 100% wszystkich szklanych ścian działowych
- 100% wszystkich prętów zbrojeniowych
- 1100 m<sup>2</sup> blachy fasadowej ze starego budynku.

## Źródła:

Klaudia Moralewicz, Sweco, Wydobywanie „zielonego złota” – gospodarka o obiegu zamkniętym w budownictwie, Spotkanie grupy roboczej projektu CIRCON: Gospodarka o obiegu zamkniętym w budownictwie - ekoprojektowanie budynków cyrkularnych, 12.04.2023 r.

<https://www.sweco.se/projekt/kaj-16/> (dostęp: 08.05.2023)

<https://vasakronan.se/projekt/kaj-16/> (dostęp: 08.05.2023)





# KRISTIAN AUGUSTS GATE 13 (KA13)



Użycie surowców wtórnych



Potencjał ponownego wykorzystania materiałów



Potencjał współdzielenia



Potencjał odwracalności przestrzennej

#### Lokalizacja:

Oslo, Norwegia

#### Główne aspekty cyrkularności:

Zachowanie istniejących konstrukcji

Ponowne użycie materiałów

Wykorzystanie materiałów z recyklingu

Konstytucja budynku umożliwiająca demontaż

#### Status:

funkcjonujący

#### Przeznaczenie budynku:

budynek biurowy

#### Rodzaj prac:

renowacja i rozbudowa

#### Rok zakończenia prac:

2021

#### ASPEKTY CYRKULARNOŚCI:

Kristian Augusts gate 13 (KA13) to pierwszy projekt w Norwegii, w którym w znaczący sposób wdrożono zasady GOZ w budownictwie, wykorzystując ponownie prawie 80% materiałów. Na projekt składały się dwie części, ponieważ łączył remont istniejącego budynku (2734 m<sup>2</sup>), co samo w sobie jest wysoko cyrkularnym aspektem (wykorzystanie istniejącego budynku), z dobudową dodatkowej części (855 m<sup>2</sup>) oraz przebudową piwnicy (708 m<sup>2</sup>).

W projekcie nacisk położono głównie na dwa aspekty GOZ w budownictwie: ponowne wykorzystanie materiałów w jak największym stopniu oraz projektowanie z myślą o demontażu i ponownym użyciu w przyszłości (ang. *design for disassembly*). Istniejąca część budynku została odnowiona przy maksymalizacji wykorzystania istniejących materiałów i struktur, a w przypadku rozbudowy użyto materiałów pochodzących, między innymi, z około 25 lokalnych (większość w promieniu 5 km) projektów rozbiórki i renowacji, centrów recyklingu oraz od sprzedawców/producentów materiałów i produktów budowlanych (ich nadwyżek lub materiałów/produktów odpadowych). Ponadto, podczas projektowania rozwiązań z wykorzystaniem materiałów wtórnych, nacisk położono na aspekt *design for disassembly*. Dodatkowo założono, że materiały niewykorzystane w KA13 zostaną wykorzystane w innych projektach prowadzonych przez lidera i kierownika projektu (Entra ASA).





# KRISTIAN AUGUSTS GATE 13 (KA13)

## Użycie surowców wtórnych

W ramach projektu ponownie wykorzystano między innymi:

- okna w części dobudowanej (4-7 piętro) zostały ponownie wykorzystane oraz możliwym jest ich demontaż i ponowne wykorzystanie w przyszłości
- ok. 100 m<sup>2</sup> parkietu (pochodzącego z pozostałości pomontażowych i zwrotów zamówień) oraz ok. 2200 m<sup>2</sup> podłogowych płytek dywanowych (z odzysku i z resztek magazynowych dystrybutora)
- wszystkie płyty sufitowe z wełny mineralnej (ok. 1500 m<sup>2</sup>)
- ok. 70% stali z lokalnych projektów rozbiórki/renowacji, tymczasowych prac budowlanych i prywatnych przedsiębiorstw gospodarki odpadami; stalowe schody między 8 a 9 piętrem
- ok. 340 m<sup>2</sup> płytek ceramicznych (w pomieszczeniach sanitarnych), które pochodziły z zapasów hurtowni (błędne zamówienia, nadwyżki magazynowe, produkty wycofane z produkcji) i stanowiły materiał odpadowy
- elementy różnego typu (m.in. drzwi wewnętrzne, poręcze schodów, drzwi przeciwpożarowe w rozbudowanej części budynku, 12 szt. szafek na węże pożarowe, rury tryskaczowe, przegrody chłodzące, elementy kanałów powietrznych, ok. 58 m kanałów kablowych, urządzenia sanitarne, grzejniki, lampy); większość tych elementów można zdemontować i ponownie wykorzystać.

## **Potencjał ponownego wykorzystania materiałów**

Przykładem elementów i rozwiązań zaprojektowanych z myślą o ich demontażu i ponownym wykorzystaniu w przyszłości w ramach projektu są:

- elementy przeszklonej elewacji na pierwszym piętrze z przodu i z tyłu budynku (pозyskane z innego projektu renowacji oraz z nadwyżek magazynowych wykonawcy), które dobrze nadają się do demontażu i ponownego montażu w przyszłych projektach
- elewacja w rozbudowanej części budynku wykonana z okładzin panelowych z różnego rodzaju materiałów wtórnych (blachy, płyty elewacyjnej włókno-cementowej, kompozytowych paneli elewacyjnych), której sposób montażu ułatwia łatwy demontaż i ponowne użycie elementów
- ścianki działowe (w pomieszczeniach biurowych i pomieszczeniach do spotkań; ok. 160 m<sup>2</sup>) zaprojektowane z myślą o ich łatwym montażu i demontażu oraz ponownym wykorzystaniu w przyszłości
- połączenia śrubowe w konstrukcji stalowej (zastosowane w miarę możliwości) cegły (20000 ponownie wykorzystanych sztuk), do których wykorzystano zaprawę wapienną tak, aby ich czyszczenie i ponowne wykorzystanie w przyszłości było możliwe
- granitowe płyty kamienne elewacyjne (ok. 85 m<sup>2</sup>) i drewniane bale (ok. 100 m<sup>2</sup>) przerobione na podłogę tarasu, którą można zdemontować i ponownie wykorzystać.

## **Źródła:**

<https://www.futurebuilt.no/English/Pilot-projects#!/English/Pilot-projects/Kristian-Augusts-gate-13-Oslo> (dostęp: 05.05.2023)

Raport - Reuse and transformation - Findings report - KA13 - Kristian Augusts gate 13 (<https://www.futurebuilt.no/content/download/35895/195991>)

# LIANDER OFFICE



Użycie surowców wtórnych



Potencjał ponownego wykorzystania materiałów



Potencjał współdzielenia



Potencjał odwracalności przestrzennej

**Lokalizacja:**  
Duiven, Holandia

**Powierzchnia:**  
24 000 m<sup>2</sup>

**Projektant:**  
RAU Architects,  
**wnętrze:**  
Fokkema & Partners

**Główne aspekty cyrkularności:**  
Zachowanie istniejących konstrukcji budynku i użycie materiałów pochodzących z odzysku na poziomie 83%

Paszporty materiałów

Konstrukcja budynku w pełni demontowalna

**Status:**  
funkcjonujący

**Przeznaczenie budynku:**  
budynek biurowy

**Rodzaj prac:**  
renowacja i adaptacja

**Rok zakończenia prac:**  
2015

## ASPEKTY CYRKULARNOŚCI:

Cyrkularność była najważniejszym aspektem projektu, który polegał na renowacji i adaptacji kompleksu. Pięć istniejących budynków zostało połączonych wewnętrznymi łącznikami, wielopoziomową komunikacją i dachem w jeden obiekt o łącznej powierzchni ok. 24 000 m<sup>2</sup> przeznaczonej dla 1500 użytkowników. Projektanci założyli, że budynek będzie magazynem materiałów, w którym materiały będą przechowane do czasu ich ponownego wykorzystania. W strategii projektowej ustalono trzy zasady: zachowanie i ponowne wykorzystanie istniejących materiałów, minimalizacja zużycia materiałów i zastosowanie materiałów, które w przyszłości będą mogły być wykorzystane ponownie. Podczas projektowania stworzono cyfrowego bliźniaka obiektu umożliwiającego zidentyfikowanie surowców wtórnych. Jest to pierwszy projekt renowacyjny w Holandii, który ubiegał się o certyfikat BREEAM-NL na poziomie Outstanding - otrzymał go w roku 2018. Dzięki współpracy z projektantami konstrukcji kolejek górskich dach został zaprojektowany tak, aby zużycie stali było jak najmniejsze – udało się zaoszczędzić 30% stali w porównaniu do tradycyjnego podejścia. Kluczowa była również możliwość ponownego wykorzystania tego surowca w przyszłości. Przy projektowaniu dachu wzięto także pod uwagę maksymalne wykorzystanie naturalnej cyrkulacji powietrza wewnątrz budynku, żeby zminimalizować wentylację i cyrkulację mechaniczną. Kompleks jest zasilany odnawialnym źródłem energii - panelami fotowoltaicznymi, które znajdują się na wiatkach parkingowych. Łączna powierzchnia paneli – 10 000 m<sup>2</sup> dostarcza 1,5 miliona kWh energii rocznie. Jej nadwyżkę gromadzi gruntowy magazyn ciepła i chłodu. Przeszklone ściany i świetliki zapewniają dostęp do światła dziennego zmniejszając zapotrzebowanie na energię w obiekcie. Woda deszczowa wykorzystywana jest do chłodzenia budynku oraz w sanitariatach.

## Użycie surowców wtórnych

- zachowanie oryginalnej konstrukcji istniejących na miejscu inwestycji budynków
- użycie materiałów z odzysku w 83%: drewno, stal, beton i część mebli
- nowe fasady dołączone do istniejących kubatur wykonane są w 50% z drewna odpadowego, które pochodzi ze starych zwojów kabli i słupów telegraficznych znalezionych w terenie
- istniejące okna zostały zachowane na wszystkich elewacjach z wyjątkiem wewnętrznych – tam postawiono na okna większe i otwieralne, na korzyść naturalnej wentylacji
- wszystkie wykorzystane w projekcie materiały, komponenty i elementy posiadają paszporty materiałowe, aby umożliwić łatwe utrzymanie, naprawianie, renowację, ponowne wykorzystanie, regenerację i recykling. Możliwa jest dekonstrukcja kompleksu w przyszłości.

## Źródła:

[https://ce-toolkit.dhub.arup.com/case\\_studies/45](https://ce-toolkit.dhub.arup.com/case_studies/45) (dostęp: 17.04.2023)

<https://www.rau.eu/portfolio/liander/> (dostęp: 17.04.2023)

<https://panidyrektor.pl/inspirujace-wnetrze-biura-ep-14/> (dostęp: 17.04.2023)

<https://www.devorm.nl/projects/liander-duiven> (dostęp: 17.04.2023)

<https://www.yumpu.com/en/document/read/56058274/circularity-in-the-built-environment-case-studies> (dostęp: 17.04.2023)

<https://youtu.be/tG5CLRBpflk?t=2994> (dostęp: 17.04.2023)

# MOATTI – RIVIERIE



Użycie surowców wtórnych



Potencjał ponownego wykorzystania materiałów



Potencjał współdzielenia



Potencjał odwracalności przestrzennej

**Lokalizacja:**  
Charenton-Le-Pont, Francja

**Powierzchnia:**  
3884 m<sup>2</sup>

**Projektant:**  
Moatti-Rivierie

**Główne aspekty cyrkularności:**  
Adaptacja budynku biurowego na mieszkalny

**Status:**  
funkcjonujący

**Przeznaczenie budynku:**  
budynek mieszkalny

**Rodzaj prac:**  
adaptacja

**Rok zakończenia prac:**  
2016

## ASPEKTY CYRKULARNOŚCI:

Celem projektu było przekształcenie powierzchni biurowej z 1970 roku na powierzchnię mieszkalną, na której zaprojektowano 90 mieszkań. Budynek graniczy z autostradą i ruchliwą ulicą Quai des Carrières oraz posiada widok na Sekwanę.

W budynku od strony ulicy Quai des Carrières została przeprojektowana oryginalna fasada z lat 70-tych o długości 260 m. Zachowano prefabrykowane elementy betonowe, natomiast zdemontowano istniejące okna w budynku. Modernizacja elewacji budynku polegała na dobudowaniu ściany zewnętrznej i cofnięciu w stosunku do pierwotnie istniejącej, dzięki czemu mieszkania uzyskały powierzchnię balkonową. Nowa ściana wykończona jest drewnem, które tworzy efektowne zdobienie balkonów dla każdego z mieszkań. Starannie dobrana roślinność występująca w ogrodzie zapobiega nadmiernej ekspozycji na słońce. W celu spełnienia przepisów akustycznych dla budownictwa mieszkaniowego, okna od strony ulicy wyposażone są w potrójne szyby, o wysokich parametrach akustycznych.

## Użycie surowców wtórnych – adaptacja do innego przeznaczenia

Wykorzystanie istniejącego budynku biurowego i istniejących prefabrykowanych elementów betonowych.

## Źródła:

[https://www.archdaily.com/800178/transformation-of-office-building-to-90-apartments-moatti-riviere?ad\\_medium=office\\_landing&ad\\_name=article](https://www.archdaily.com/800178/transformation-of-office-building-to-90-apartments-moatti-riviere?ad_medium=office_landing&ad_name=article) (dostęp: 07.05.2023)

<https://www.moatti-riviere.com/en/projects/housing/90-housing-and-offices-charenton-pont-94> (dostęp: 07.05.2023)





# OLIMPIC HOUSE

**Lokalizacja:**  
Lozanna, Szwajcaria

**Powierzchnia:**  
135 000 m<sup>2</sup>

**Projektant:**  
3XN+ IttenBrechtbühl

**Główne aspekty cyrkularności:**  
Wykorzystanie istniejącego budynku i materiałów pochodzących z recyklingu

Możliwa do przekształcenia i elastyczna struktura obiektu

**Status:**  
funkcjonujący

**Przeznaczenie budynku:**  
budynek biurowy

**Rodzaj prac:**  
rozbudowa

**Rok zakończenia prac:**  
2019

## ASPEKTY CYRKULARNOŚCI:

Olympic House jest pierwszą międzynarodową siedzibą - i drugim budynkiem w ogóle - który uzyskał najwyższy (platynowy) poziom Szwajcarskiego Standardu Zrównoważonego Budownictwa (SNBS). Spełnił również warunki szwajcarskiego standardu budynków energooszczędnych. Nowa siedziba Międzynarodowego Komitetu Olimpijskiego przeznaczona jest dla 500 pracowników, którzy wcześniej pracowali w rozproszonych biurach w całym mieście. Wszystkie zastosowane produkty drewniane posiadają certyfikat FSC.

## Użycie surowców wtórnych

Ponad 95% byłej siedziby Międzynarodowego Komitetu Olimpijskiego znajdującego się na terenie inwestycji zostało ponownie wykorzystane lub poddane recyklingowi. W projekcie maksymalizowano ilość materiałów opartych na produktach z recyklingu.

## Potencjał odwracalności przestrzennej

Projekt wnętrza budynku charakteryzuje się wysoką adaptowalnością przestrzeni. Brak filarów w otwartym planie piętra i odwzorowanie siatki podziału fasady w sufitach oraz podłogach pozwala na swobodną zmianę układów pomieszczeń. Struktura budynku została zaprojektowana tak, aby wszystkie powierzchnie mogły być przekształcone w indywidualne biura i sale konferencyjne.

## Źródła:

<https://olympics.com/ioc/news/olympic-house-becomes-one-of-the-most-sustainable-buildings-in-the-world> (dostęp: 07.05.2023)

<https://cdn.archilovers.com/projects/8894ef67-35f3-4e16-954d-a0aa4ccc6372.pdf> (dostęp: 07.05.2023)

<https://www.buildinganddecor.co.za/olympic-house-a-study-in-sustainability/> (dostęp: 07.05.2023)

<https://3xn.com/project/ioc-headquarters> (dostęp: 07.05.2023)



Użycie surowców wtórnych



Potencjał ponownego wykorzystania materiałów



Potencjał współdzielenia



Potencjał odwracalności przestrzennej



# ONE EXCHANGE SQUARE



Użycie surowców wtórnych



Potencjał ponownego wykorzystania materiałów



Potencjał współdzielenia



Potencjał odwracalności przestrzennej

**Lokalizacja:**  
Londyn, Wielka Brytania

**Powierzchnia:**  
59 000 m<sup>2</sup>

**Projektant:**  
Fletcher Priest Architects

**Główne aspekty cyrkularności:**  
Ponowne wykorzystanie istniejącego budynku

**Status:**  
funkcjonujący

**Przeznaczenie budynku:**  
budynek biurowy

**Rodzaj prac:**  
renowacja

**Rok zakończenia prac:**  
1985

## ASPEKTY CYRKULARNOŚCI:

Obiekt zlokalizowany jest bezpośrednio przy stacji Liverpool Street, z widokiem na Bishopsgate i Exchange Square - największy publiczny plac w mieście. One Exchange Square to trzynastopiętrowy budynek zaprojektowany przez biuro Fletcher Priest Architects. Głównym założeniem projektu było zachowanie istniejącej struktury. Dzięki temu szacuje się, że renowacja budynku umożliwiła redukcję emisji dwutlenku węgla o 50% w stosunku do potencjalnej emisji uzyskanej przy budowie nowego budynku o porównywalnej wielkości. Budynek jest w 100% zasilany energią elektryczną i zero-emisyjny, głównie dzięki zastosowaniu inteligentnego systemu zarządzania budynkiem w celu ograniczenia operacyjnego zużycia energii do minimum, w tym np. zintegrowanej fasady i systemów mechanicznych.

## Użycie surowców wtórnych

Ponowne wykorzystanie fundamentów i 90% istniejącej ramy konstrukcji pozwoliło na zaoszczędzenie ok. 6 800 m<sup>3</sup> betonu i tym samym ograniczono liczbę przyjazdów ciężarówek o ponad 1 100. Szacuje się, że ilość stali zachowanej w konstrukcji budynku jest równoważna połowie ilości zastosowanej we wieży Eiffla.

## Źródła:

Klaudia Moralewicz, Sweco, Wydobywanie „zielonego złota” – gospodarka o obiegu zamkniętym w budownictwie, Spotkanie grupy roboczej projektu CIRCON: Gospodarka o obiegu zamkniętym w budownictwie - ekoprojektowanie budynków cyrkularnych, 12.04.2023 r.

<https://nla.london/projects/one-exchange-square> (dostęp: 08.05.2023)

<https://www.e-architect.com/london/one-exchange-square-broadgate> (dostęp: 08.05.2023)

<https://www.buildington.co.uk/buildings/11016/england/london-ec2a/exchange-square/one-exchange-square> (dostęp: 08.05.2023)





# PETITE MAISON



Użycie surowców wtórnych



Potencjał ponownego wykorzystania materiałów



Potencjał współdzielenia



Potencjał odwracalności przestrzennej

## Lokalizacja:

Esch-sur-Alzette, Luksemburg

## Projektant:

Carole Schmit, Dragos Ghioca, Christoph Odenbreit i in.

## Główne aspekty cyrkularności:

Ponowne użycie materiałów

Wykorzystanie materiałów prefabrykowanych

Demontowalna konstrukcja budynku

Wizualizacja elementów w technologii 3D

## Status:

przeniesiony (2023)

## Przeznaczenie budynku:

budynek pokazowy

## Rodzaj prac:

budowa nowego obiektu

## Rok zakończenia prac:

2022

## ASPEKTY CYRKULARNOŚCI:

Petite Maison jest pionierską inicjatywą wdrażania GOZ w budownictwie w Luksemburgu. Najważniejszym aspektem projektu była możliwość ponownego wykorzystania materiałów i łatwa rozbiórka (*design-for-disassembly*). Projekt ma postać budynku pokazowego o wymiarach 10,8m x 8,38m i powierzchni 94,22 m<sup>2</sup>. Obiekt wykonany jest z prefabrykowanych elementów (między innymi prefabrykowanych drewnianych ścian, czy też demontowalnego systemu usztywniającego konstrukcję stalową), montowanych na miejscu, których połączenia umożliwiają ich demontaż i ponowne wykorzystanie.

### Użycie surowców wtórnych

Okładziny ścienne oraz ścianki działowe tarasu zostały wykonane z drewnianych paneli (ok. 25 m<sup>2</sup>), które zostały pozyskane ze starej stodoły.

### Potencjał ponownego wykorzystania materiałów

Projekt budynku wykonano w koncepcji *design-for-disassembly*. Wszystkie elementy konstrukcyjne zostały zinwentaryzowane, zeskanowane i wprowadzone do bazy danych w postaci platformy internetowej. Dzięki temu możliwe jest uzyskanie informacji na temat własności technicznych elementów oraz ich producentów, a także wirtualna wizualizacja elementów w technologii 3D (BIM).

### Źródła:

<https://petitemaison.lu> (dostęp: 20.04.2023)





# PRZEBUDOWA BUDYNKÓW FABRYKI W ORZESZU



Użycie surowców wtórnych



Potencjał ponownego wykorzystania materiałów



Potencjał współdzielenia



Potencjał odwracalności przestrzennej

**Lokalizacja:**  
Orzesze, Polska

**Powierzchnia:**  
1 474 m<sup>2</sup>

**Projektant:**  
GIGAarchitekci

**Główne aspekty cyrkularności:**  
Adaptacja hali magazynowej na biuro i kantinę pracowniczą  
Renowacja budynku portierni  
Adaptowalne do potrzeb użytkowników przestrzenie

**Status:**  
funkcjonujący

**Przeznaczenie budynku:**  
budynek biurowy i kantina pracownicza

**Rodzaj prac:**  
adaptacja i renowacja

**Rok zakończenia prac:**  
2021

## ASPEKTY CYRKULARNOŚCI:

Wybudowana w 1951 roku hala magazynowa dawnego kompleksu przemysłu ciężkiego została zaadoptowana na nową siedzibę duńskiej firmy NT Industry. Projekt adaptacji i renowacji budynków, opracowany w 2017 roku przez zespół GIGAarchitekci, został podzielony na dwa etapy. W pierwszym etapie odnowiono starą portiernię, a w drugim przeprowadzono adaptację hali przemysłowej na biuro i nową kantinę, która zapewnia miejsce dla 250 pracowników. Częścią projektu było również stworzenie ogrodu zajmującego przestrzeń w środku kompleksu.

W projekcie została wdrożona idea zero waste i wykorzystano istniejące struktury budynków. Układ okien został zachowany zgodnie z pierwotną formą, a wewnątrz zaprojektowano w stylu loftowym, z wyeksponowaną cegłą, betonem i lastriko w połączeniu z nowymi elementami oraz widocznymi kanałami i detalami inżynierskimi. Ściana oddzielająca kantinę od części biurowej oraz wszystkie sufity zostały pokryte panelami akustycznymi wykonanymi z naturalnych materiałów. Ściany i dachy poddano termomodernizacji oraz zastosowano okna o niskim współczynniku przenikania ciepła.

## Użycie surowców wtórnych – renowacja i adaptacja do innego przeznaczenia

Główną ideą było zachowanie materiałów i zachowanie jak największej ilości oryginalnych struktur budynku. Budynek portierni, który był celem pierwszego etapu, obejmuje strefę wejściową do całego kompleksu i składa się z dwóch części: przeszklonego budynku dla pracowników ochrony z poczekalnią dla kierowców oraz wiaty rowerowej.

W drugim budynku zachowano większość istniejących struktur. Odślonięto ceglane ściany, odnowiono istniejące klatki schodowe wykończone lastriko, a zaprojektowane panele ze stali corten zastosowane na elewacji powstały z niewykorzystanych zapasów stali firmy i zostały wyprodukowane na miejscu. Zachowano również konstrukcję starego dachu i suwnicy oraz fragmenty starych instalacji, m.in. odnowiono stare lampy znajdujące się w kantine wykorzystując materiały i elementy pochodzące z innych, starych budynków kompleksu.

## Potencjał współdzielenia

Budynek biurowy i kantinę zaprojektowano z myślą o elastyczności użytkowania przestrzeni. Biuro dostosowano do standardów biur open space, dzięki wydzieleniu sal spotkań, pomieszczeń konferencyjnych i biur oddzielonych między sobą szklanymi ścianami. Kantinę stanowi przestronna hala o wysokości 7,5 m z nowym układem funkcjonalnym, który umożliwił wydzielenie stref jadalni, zaplecza cateringu, strefy sanitarnej oraz szatni. W godzinach pracy zakładu budynek jest przez cały czas dostępny dla wszystkich pracowników, natomiast wieczorami może zostać przekształcony w salę koncertową lub przestrzeń eventową firmy.

## Źródła:

<https://gigaarchitekci.pl/projekty/rewitalizacja-zakladu-nt-industry-w-orzeszu/> (dostęp: 16.05.2023)  
<https://www.archdaily.com/984772/nt-industry-polish-headquarters-gigaarchitekci-artur-garbula> (dostęp: 16.05.2023)  
<https://www.whitemad.pl/przebudowana-fabryka-zremb-w-orzeszu/> (dostęp: 16.05.2023)  
<https://www.architekturaibiznes.pl/zdegradowane-budynki-pofabryczne-gigaarchitekci,13309.html> (dostęp: 16.05.2023)

# SZKOŁA MODUŁOWA W ZĄBKACH



Użycie surowców wtórnych



Potencjał ponownego wykorzystania materiałów



Potencjał współdzielenia



Potencjał odwracalności przestrzennej

**Lokalizacja:**  
Ząbki, Polska

**Projektant:**  
Touax Sp. zo.o.

**Główne aspekty cyrkularności:**  
Budynek wykonany w technologii modułowej

**Status:**  
zdemontowany

**Przeznaczenie budynku:**  
Budynek użyteczności publicznej nauczania zbiorowego

**Rodzaj prac:**  
budowa nowego obiektu tymczasowego

**Rok zakończenia prac:**  
2013 (budowa), 2015 (rozbudowa)

## ASPEKTY CYRKULARNOŚCI:

Z uwagi na prace remontowe budynku Szkoły Podstawowej nr 3 w Ząbkach wzniesiono obiekt tymczasowy wykonany z modułów, dzięki któremu szybko można było usytuować część klas lekcyjnych i zapewnić łatwy dostęp do edukacji dzieci oraz młodzieży. W pierwszym etapie wzniesiono obiekt składający się z 27 modułów, którego powierzchnia użytkowa wynosiła 400 m<sup>2</sup>, w kolejnych 2 latach rozbudowano o 2 moduły. Obiekt ten składał się z odrębnego wejścia, sal lekcyjnych, szatni, pomieszczeń gospodarczych, pomieszczeń higieniczno- sanitarnych, stołówki oraz świetlicy. Obiekt wyposażony był w systemy wentylacyjne i klimatyzacyjne, instalację wodno-kanalizacyjną, ogrzewanie elektryczne, oświetlenie. Instalacje zapewniały komfort cieplny poprzez możliwość regulacji odpowiedniej temperatury powietrza w okresie zimowym i letnim.

## Potencjał ponownego wykorzystania materiałów

Moduły zostały wykonane z myślą o łatwym i szybkim demontażu, a ich wielkość umożliwiła łatwy transport. Po zakończeniu prac remontowych budynku szkoły rozebrano tymczasowy obiekt. Moduły zostały przekazane do wykonawcy obiektu, dzięki temu w całości mogą być ponownie wykorzystane w przyszłości.

## Źródła:

<https://www.muratorplus.pl/inwestycje/inwestycje-publiczne/budownictwo-modulowe-szkola-podstawowa-w-zabkach-inwestycja-powstala-w-4-tygodnie-aa-h1tZ-jfRW-uHGw.html> (dostęp: 01.04.2023)

<https://www.zabki24.pl/2015/03/kontenerowe-lekarstwo-na-przepelnione-szkoly/> (dostęp: 01.04.2023)

[https://bip.sp3zabki.pl/wiadomosci/7027/wiadomosc/193378/sp3zp2710213\\_\\_dostawa\\_montaz\\_i\\_najem\\_kontenerow\\_modulowych\\_wraz\\_](https://bip.sp3zabki.pl/wiadomosci/7027/wiadomosc/193378/sp3zp2710213__dostawa_montaz_i_najem_kontenerow_modulowych_wraz_) (dostęp: 01.04.2023)

[https://bip.sp3zabki.pl/wiadomosci/8541/wiadomosc/199846/sp3zp2710215\\_\\_dostawa\\_montaz\\_i\\_najem\\_kontenerow\\_modulowych\\_wraz\\_](https://bip.sp3zabki.pl/wiadomosci/8541/wiadomosc/199846/sp3zp2710215__dostawa_montaz_i_najem_kontenerow_modulowych_wraz_) (dostęp: 01.04.2023)

# TEMPORARY COURTHOUSE



Użycie surowców wtórnych



Potencjał ponownego wykorzystania materiałów



Potencjał współdzielenia



Potencjał odwracalności przestrzennej

**Lokalizacja:**  
Amsterdam, Holandia

**Projektant:**  
architectenbureau cepezed b.v.

**Główne aspekty cyrkularności:**  
Konstrukcja budynku w pełni demontowalna

**Status:**  
zdemontowany i przeniesiony (2023)

**Przeznaczenie budynku:**  
sąd

**Rodzaj prac:**  
budowa nowego budynku tymczasowego

**Rok zakończenia prac:**  
2016

## ASPEKTY CYRKULARNOŚCI:

Budynek Temporary Courthouse służył jako rozwiązanie tymczasowe do czasu ukończenia stałej siedziby sądu. Do tego czasu sąd tymczasowy był w pełni funkcjonalnym obiektem, spełniającym wymagania dla tego typu urzędu. Budynek został zrealizowany w myśli „Design, Build, Maintain & Remove”. Dzięki temu obiekt można było łatwo i szybko zbudować, a następnie zdemontować i nadać mu inną funkcję bez generowania odpadów oraz przy zachowaniu maksymalnej wartości rezydualnej po pierwszym okresie użytkowania. Nie zawierał elementów klejonych, a wszystkie części konstrukcyjne były możliwe do ponownego wykorzystania. Usunięcie budynku i jego ponowne wykorzystanie były częścią umowy.

### Potencjał ponownego wykorzystania materiałów

Aby uczynić budynek jak najbardziej konfigurowalnym i cyrkularnym, został on zaprojektowany jako zestaw części oraz elementów, które mogą być łatwo montowane, a następnie demontowane i ponownie montowane w przyszłości. W ramach tego działania został opracowany i wdrożony specjalny system mocowania stropów, który umożliwił odłączenie i ponowne wykorzystanie płyt bez uszkodzenia elementów. Uwagę należy również zwrócić na śrubowe połączenia stalowej konstrukcji, dzięki którym możliwy był demontaż i jej ponowne wykorzystanie w innym projekcie.

Przenoszenie budynku było nadzorowane przez firmę Lagemaat z Heerde, która posiada solidne doświadczenie w demontażu i ponownym montażu budynków. Podczas usuwania budynku wykorzystano technologię unikalnego kodowania opartego na modelu 3D i skanowaniu 3D. Dzięki temu znane było dokładne miejsce i wielkość każdej części, co znacząco ułatwiło przenoszenie budynku. Mniejsze elementy były transportowane w kontenerach, a większe były ładowane bezpośrednio na ciężarówkę. Marginalna ilość materiałów, które nie mogły być ponownie wykorzystywane w innych projektach zostały poddane recyklingowi.

### Źródła:

<https://architizer.com/projects/temporary-courthouse-amsterdam/> (dostęp: 07.05.2023)

<https://www.archilovers.com/projects/240172/temporary-courthouse-amsterdam.html#info> (dostęp: 07.05.2023)

<https://amsterdamsmartcity.com/updates/news/the-building-for-the-temporary-courthouse-in-amsterdam-will-be-relocated-to-enschede> (dostęp: 07.05.2023)



# THE ENTOPIA BUILDING



Użycie surowców wtórnych



Potencjał ponownego wykorzystania materiałów



Potencjał współdzielenia



Potencjał odwracalności przestrzennej

**Lokalizacja:**  
Cambridge, Wielka Brytania

**Powierzchnia:**  
2 939 m<sup>2</sup>

**Projektant:**  
CISL

**Główne aspekty cyrkularności:**  
Ponowne wykorzystanie materiałów  
Zastosowanie materiałów z recyklingu  
Renowacja budynku

**Status:**  
funkcjonujący

**Przeznaczenie budynku:**  
budynek biurowy

**Rodzaj prac:**  
renowacja

**Rok zakończenia prac:**  
2021

## ASPEKTY CYRKULARNOŚCI:

Entopia to pięciokondygnacyjny budynek o betonowej konstrukcji szkieletowej z lat 30. XX wieku, który zlokalizowany jest w lokalnym obszarze ścisłej ochrony konserwatorskiej w historycznym centrum Cambridge. W roku 2020 Cambridge Institute for Sustainability Leadership (CISL) uzyskał z pozwolenie na renowację tego budynku w celu utworzenia ich nowej siedziby. Projekt renowacji od samego początku zakładał wdrożenie zasad gospodarki o obiegu zamkniętym, a jego priorytetowym celem było wykorzystanie obecnej struktury budynku, użyciu maksymalnej ilości materiałów naturalnych i materiałów pochodzących z ponownego użycia, przy jednoczesnym minimalizowaniu powstawania odpadów.

### Użycie surowców wtórnych

Dzięki renowacji budynku z 1939 r. zapewniono nową powierzchnię biurową, na której znajduje się siedziba CISL, inkubator star-upów i sale konferencyjne. Dzięki wykorzystaniu istniejących konstrukcji szacuje się, że zaoszczędzono ponad 62 tony CO<sub>2</sub>e na braku konieczności wykorzystania nowych elementów konstrukcyjnych. Co więcej, w ramach renowacji wykorzystano biomateriały oraz materiały z ponownego użycia:

- 48% obj. (35% mas.) wszystkich materiałów stanowią materiały naturalnie
- ponownie wykorzystano podłogi, co pozwoliło zaoszczędzić 32 kgCO<sub>2</sub>e/m<sup>2</sup> (łącznie około 85 ton CO<sub>2</sub>e), w porównaniu z użyciem nowej podłogi
- konstrukcję stalową zadaszenia, na której zamontowano panele fotowoltaiczne, wykonano z ponownie wykorzystanych profili stalowych
- istniejące w budynku wykładziny zostały odnowione i ponownie wykorzystane na około 12% powierzchni budynku
- jedna czwarta użytej farby zawierała 35% materiałów pochodzących z recyklingu, co zmniejszyło emisję dwutlenku węgla o około 10%
- ponownie wykorzystano 350 sufitowych lamp ledowych
- do wykonania recepcji użyto biurka pochodzącego z siedziby Netflix
- wykorzystano ponownie istniejące instalacje elektryczne
- odnowiono starą windę znajdującą się w budynku
- wykorzystano ponownie 5 136 elementów wyposażenia, które znalezione na składowiskach odpadów.

Szacuje się, że dzięki zastosowaniu materiałów naturalnych (krzesła i stołki barowe z konopi, szafki ze sklejki na bazie konopi, tapicerka sof i krzesel z wiórów z odpadów drzewnych) i ponownemu wykorzystaniu ponad 60% mebli, na wyposażeniu budynku zaoszczędzono 84% CO<sub>2</sub>e niż w stosunku do standardowego wyposażenia.

### Źródła:

[https://www.cisl.cam.ac.uk/files/entopia\\_case\\_study\\_12\\_12\\_22.pdf](https://www.cisl.cam.ac.uk/files/entopia_case_study_12_12_22.pdf) (dostęp: 25.04.2023)

[https://www.cisl.cam.ac.uk/sites/www.cisl.cam.ac.uk/files/building\\_entopia\\_case\\_study\\_280922.pdf](https://www.cisl.cam.ac.uk/sites/www.cisl.cam.ac.uk/files/building_entopia_case_study_280922.pdf) (dostęp: 25.04.2023)

# THE GREEN HOUSE



Użycie surowców wtórnych



Potencjał ponownego wykorzystania materiałów



Potencjał współdzielenia



Potencjał odwracalności przestrzennej

**Lokalizacja:**  
Utrecht, Holandia

**Powierzchnia:**  
680 m<sup>2</sup>

**Projektant:**  
cepezed

**Główne aspekty cyrkularności:**  
Ponowne wykorzystanie materiałów  
Zastosowanie materiałów z recyklingu  
Budynek w pełni demontowalny

**Status:**  
funkcjonujący

**Przeznaczenie budynku:**  
budynek wielofunkcyjny (restauracja, sale konferencyjne)

**Rodzaj prac:**  
budowa nowego obiektu tymczasowego

**Rok zakończenia prac:**  
2018

## ASPEKTY CYRKULARNOŚCI:

Budynek restauracji z własną szklarnią i zapleczem konferencyjnym powstał jako tymczasowe rozwiązanie zagospodarowania obszaru między byłymi koszarami Knoopa a przylegającą do nich siedzibą Rabobanku, natomiast decyzja o docelowym przeznaczeniu tego terenu ma być podjęta dopiero po 15 latach od powstania projektu budynku.

The Green House dysponuje kuchnią zasilaną energią elektryczną – jedzenie jest tu przygotowywane w piecach na paliwa odnawialne. Menu restauracji oparte jest głównie o dania wegetariańskie, sezonowe i wyłącznie z lokalnych produktów. Odpady wykorzystuje się jako nawozy do uprawy. W wertykalnej szklarni o powierzchni 80 m<sup>2</sup> uprawiane są warzywa i zioła do kuchni restauracji. Dodatkowo szklarnia jest elementem architektonicznym tworząc zieloną ścianę restauracji. Na dachu pawilonu znajdują się panele słoneczne.

### Użycie surowców wtórnych

Podłogę parteru budynku wykonano z kostki brukowej ze starego nabrzeża w Tiel, która została ułożona na ubitym podłożu piaszkowym. Natomiast podłogę na piętrze wykonano z drewna z odzysku. Panele elewacyjne z koszar zostały ponownie wykorzystane na elewację i ściany szklarni. Meble wyprodukowane są z materiałów pochodzących z recyklingu. Dodatkowo w zapisach dzierżawy mebli i powierzchni ujęte jest gwarantowane ponowne wykorzystanie materiałów.

### Potencjał ponownego wykorzystania materiałów

Dwukondygnacyjny budynek można w całości – włącznie z fundamentami wykonanymi z prefabrykowanych bloków betonowych – zdemontować i postawić w innym miejscu. Stalowa rama dachu, wykonana z ocynkowanych profili i wyposażona w izolację, jest również w pełni demontowalna. W częściach elewacji na pierwszym piętrze zastosowano prefabrykowane drewniane panele, które nadają się w 100% do recyklingu i nie zawierają (H)CFC. Aspekt tymczasowy uwzględniono również projektując szklarnię wykonaną z elementów, które nie zostały połączone w trwały sposób. Dzięki temu szklarnię można w całości zdemontować i wykorzystać w innych projektach.

### Źródła:

<https://www.cepezed.nl/en/project/the-green-house/22172/> (dostęp: 25.04.2023)

Robert-Jan Vos, Rene Heintz, Nick starting, THE GREEN HOUSE A case study on a circular hospitality building in Utrecht (NL) analysing its circularity and integration of the Nexus philosophy in combination with a positive business case, Future Sustainable Cities, Green operations for hospitality, 2018

<https://www.archdaily.com/896630/the-green-house-architectenbureau-cepezed> (dostęp: 25.04.2023)

# THE UPCYCLE CENTRE



Użycie surowców wtórnych



Potencjał ponownego wykorzystania materiałów



Potencjał współdzielenia



Potencjał odwracalności przestrzennej

**Lokalizacja:**  
Almere, Holandia

**Powierzchnia:**  
4 000 m<sup>2</sup>

**Projektant:**  
LKSVD architecten

**Główne aspekty cyrkularności:**  
Większość materiałów użytych do budowy pochodzi z recyklingu lub ponownego użycia

Konstrukcja budynku w pełni demontowalna

**Status:**  
funkcjonujący

**Przeznaczenie budynku:**  
budynek użyteczności publicznej (platforma recyklingu)

**Rodzaj prac:**  
budowa nowego obiektu

**Rok zakończenia prac:**  
2017

## ASPEKTY CYRKULARNOŚCI:

Upcycle Centrum powstało w oparciu o materiały pozyskane z trzech budynków przeznaczonych do rozbiórki w Almere, w których udokumentowano, jakie materiały mogą być ponownie wykorzystane i jak można je zastosować w sposób architektonicznie i konstrukcyjnie odpowiedzialny, bez kosztów większych niż korzyści. Inwestycja ta pokazuje, czym jest materiał z recyklingu, bez utraty jakości architektonicznej. Pozyskiwana woda deszczowa jest użytkowana do celów sanitarnych. Funkcjonalny podział przestrzeni ułatwia segregację produktów, przechowywanie i możliwość ich ponownego przetworzenia na nowy rodzaj produktu. Ponadto, przedsiębiorcy będą mogli wytwarzać i sprzedawać produkty w jednym miejscu. Sala edukacyjna wyposażona jest meble wyprodukowane na miejscu z wykorzystaniem materiałów z recyklingu. Miejsce łączy przedsiębiorców i lokalną społeczność. Pełni także funkcję edukacyjną dla różnych grup wiekowych. W punkcie Upcycle mieszkańcy gminy mogą oferować swoje odpady wielkogabarytowe z gospodarstw domowych w 26 wydzielonych frakcjach. Centrum to także miejsca pracy dla start-upów wykorzystujących różne zebrane materiały. Obecnie w Upcycle Centrum realizowane są przez startupy następujące projekty/usługi:

- z pomocą roweru-rozdrabniacza przerabia się plastik na nowe produkty, takie jak deski do krojenia, noże i wiele innych
- lokalny złotnik tworzy wysokiej jakości cyrkularną biżuterię. Do tego celu używa głównie drobnego metalu i elektroniki. Ponadto klienci mogą przynieść własną biżuterię, aby stworzyć z niej coś nowego
- z różnych produktów ponownego użycia artysta tworzy meble, obiekty przestrzenne i obrazy.





# THE UPCYCLE CENTRE

## Użycie surowców wtórnych

Budynek Upcycle Centrum można nazwać „produktem upcyklingowym”. Zrealizowano go między innymi z materiałów pochodzących z rozbiórki basenu, hali sportowej i dawnego placu miejskiego w Almere. Budynek w około 50% powstał z materiałów pozyskanych ponownie:

- konstrukcje stalowe z rozebranych budynków zostały ponownie wykorzystane w sposób konstruktywny (rozpoznawalne dzięki pokryciu ich antrycymem)
- duża część betonu i stali pochodzi ze starej hali samochodowej i platformy recyklingowej gminy Almere
- płytki ścienne w łazience to zapasowe płytki, które były przechowywane na basenie miejskim
- umywalki z placu miejskiego zostały oczyszczone i ponownie wykorzystane
- drzwi i ogrodzenie wokół obiektu pochodzą z rozebranej miejskiej hali sportowej opony samochodowe stały się stojakami na rowery
- koła rowerowe zostały przekształcone w elementy małej architektury ogrodu, ocynkowane kanały wentylacyjne zostały ponownie wykorzystane jako okładzina elewacji budynku zarządu
- zamontowano bramy, które były używane wcześniej w hali sportowej
- drewniana fasada jest częściowo wykonana z wyciętych drzew z Almere, które musiały być usunięte, a częściowo ze starych schodów, dawnych fawek z szatni i rozebranych rusztowań.

## Potencjał ponownego wykorzystania materiałów

Budynek został zaprojektowany z myślą o całkowitym demontażu.

### Źródła:

<https://www.almere.nl/wonen/afval/upcyclecentrum> (dostęp: 05.05.2023)

<https://www.dutcharchitects.org/projects/upcycle-centrum-almere> (dostęp: 05.05.2023)

<https://amsterdamsmartcity.com/updates/project/upcyclecentrum-almere> (dostęp: 05.05.2023)

<https://www.cirkestad.nl/gids/upcyclecentrum-almere/> (dostęp: 05.05.2023)

<https://www.lksvdd.nl/circulariteit-en-duurzaamheid/> (dostęp: 05.05.2023)

<http://grandangle.nl/archives/2149> (dostęp: 05.05.2023)

# TRIODOS BANK

**Lokalizacja:**  
Zeist, Holandia

**Powierzchnia:**  
12 994 m<sup>2</sup>

**Projektant:**  
RAU Architects

**Główne aspekty cyrkularności:**  
Demontowalna drewniana konstrukcja

Zastosowanie materiałów nadających się do łatwego recyklingu

Aluminiowa fasada wykonana w technologii umożliwiającej jej łatwy demontaż i ponowne wykorzystanie

**Status:**  
funkcjonujący

**Przeznaczenie budynku:**  
budynek biurowy

**Rodzaj prac:**  
budowa nowego obiektu

**Rok zakończenia prac:**  
2019

## ASPEKTY CYRKULARNOŚCI:

Nowa siedziba Triodos Bank w Holandii została wyróżniona certyfikatem wielokryterialnym BREEAM na poziomie Outstanding. W tym biurowcu cyrkularność ma bardzo duże znaczenie. Budynek został zaprojektowany tak, aby jego dekonstrukcja była łatwa, a elementy konstrukcyjne możliwe do ponownego wykorzystania.

Materiałem wykorzystanym na stropy, podłogi, sufity, kolumny i szachty jest drewno. Cały budynek składa się od dwóch do pięciu kondygnacji. Do skonstruowania obiektu zostało użyte 165 312 śrub, co pozwala na szybkie i łatwe zdemontowanie konstrukcji. Projekt ma na celu zmaksymalizowanie obiegu wszystkich materiałów użytych do budowy.

Podkonstrukcja fasady ma za zadanie stabilizację drewnianych elementów nośnych całej budowli. Certyfikowana pasywna konstrukcja fasady nakładkowej Schüco AOC 50 na stali (ST) o szerokości czołowej 50 mm daje gwarancję energooszczędności bryły, racjonalnej produkcji oraz łatwego montażu.

W biurowcu przeszklona aluminiowa fasada złożona jest z 1280 pojedynczych szyb. Szklane okna oraz przezroczyste ściany wewnętrzne pozwalają na wypełnienie światłem dziennym wszystkich pomieszczeń biurowca co pozwala przy pomocy świetlików uniknąć korzystania ze sztucznego oświetlenia. Transparentne ściany działowe redukują przenoszenie się hałasu pomiędzy pomieszczeniami. Budynek ma możliwość korzystania z naturalnej wentylacji poprzez zamontowanie w modułach fasadowych otwieralnych okien o wysokości 3,60 m.



Użycie surowców wtórnych



Potencjał ponownego wykorzystania materiałów



Potencjał współdzielenia



Potencjał odwracalności przestrzennej



Umieszczone na dachu parkingu panele słoneczne służą jako źródło zasilania do ładowania samochodów elektrycznych. Zastosowano system dwukierunkowego ładowania, dlatego samochody elektryczne mogą wysyłać energię do budynku i tym sposobem zapożyczyć zapotrzebowanie obiektu na prąd. W budynku zdecydowano się na wykorzystanie ogrzewania i chłodzenia geotermalnego. Dachy Triodos Bank wyposażono w zielone dachy, które mają za zadanie buforować wodę, przez co zapobiegają przeciążeniu sieci kanalizacyjnej podczas intensywnych opadów. Nadmiar wody jest również magazynowany w specjalnych pojemnikach przeznaczonych na deszczówkę, gdy te są pełne, woda deszczowa zasila pobliski staw. Problem nadmiaru wody rozwiązuje zamontowany również rów infiltracyjny, który pozwala na powolne wsiąkanie wody w glebę. Całość zastosowanych rozwiązań tworzy spójny lokalny obieg wody. Na zielonych dachach obiektu rosną rośliny, które przyczyniają się do tworzenia odpowiedniego środowiska dla ptaków i owadów. Na całym obiekcie zainstalowano oświetlenie bursztynowe, które nie zakłóca trasy przelotów nietoperzy.

#### Potencjał ponownego wykorzystania materiałów

- drewniana konstrukcja budynku została połączona przy użyciu śrub, co umożliwia łatwy demontaż konstrukcji w przyszłości oraz daje możliwość ponownego wykorzystania w innych projektach
- zastosowano przeszklone elewacje pokrywające fasadę, które zostały wykonane w systemie umożliwiającym łatwy demontaż i ponowne użycie w przyszłych projektach wykorzystano aluminiowe konstrukcje okienne, które charakteryzują się trwałością, lekkością, stabilnością oraz są w 100% zdolne do recyklingu
- użyte materiały do konstrukcji biurowca mają stworzony paszport materiałowy oparty na technologii BIM, który zawiera informacje o pochodzeniu i możliwości recyklingu materiałów, produktów i komponentów.

Triodos Bank jest więc bankiem materiałów, które będą mogły być wykorzystane w inny sposób w przyszłości.

#### Źródła:

<https://www.fastcompany.com/90434358/this-office-was-built-with-165312-screws-so-it-can-be-disassembled-and-reused> (dostęp: 20.04.2023)

<https://www.sempergreen.com/pl/wzorcel/triodos-bank> (dostęp: 20.04.2023)

<https://www.schueco.com/pl/firma/zrownowazony-rozwoj/obiekty-referencyjne/triodos-bank> (dostęp: 20.04.2023)



# MATERIAŁY DODATKOWE



W niniejszym rozdziale przedstawiono publikacje dotyczące dobrych praktyk, raportów, aktów prawnych, stron internetowych, projektów oraz wydarzeń ściśle związanych z gospodarką o obiegu zamkniętym w budownictwie. Przedstawiono pozycje cieszące się największą popularnością i te, na bazie których powstało niniejsze kompendium. Każda pozycja została krótko scharakteryzowana oraz dołączono link lub źródło, gdzie można znaleźć dokładniejsze informacje.



LP.	TYTUŁ PUBLIKACJI	OPIS	HIPERŁĄCZE
1	Life and the Circular Economy	Publikacja będąca rezultatem projektu LIFE, w której opisano podstawowe założenia Gospodarki o obiegu zamkniętym w sposób pozwalający na dogłębne zrozumienie jej celów i założeń.	<a href="https://ec.europa.eu/docsroom/documents/39984">https://ec.europa.eu/docsroom/documents/39984</a>
2	Circular Economy, Principles for Building Design	Publikacja prezentująca zasady projektowania budynków cyrkularnych.	<a href="https://ec.europa.eu/docsroom/documents/39984">https://ec.europa.eu/docsroom/documents/39984</a>
3	A framework for circular buildings, indicators for possible inclusion in BREEAM	Publikacja prezentująca ramy strategiczne, które definiują budynki o obiegu zamkniętym. Opisuje wskaźniki, które mogą być zawarte w certyfikacie zrównoważonego rozwoju BREEAM-NL w celu lepszej oceny budynków o obiegu zamkniętym.	<a href="https://www.circle-economy.com/resources/a-framework-for-circular-buildings">https://www.circle-economy.com/resources/a-framework-for-circular-buildings</a>
4	Reversible Building Design, Reversible Building design guidelines	Publikacja podsumowująca rezultatu projektu BAMP (Projekt finansowany przez EU w ramach HORIZON 2020), która opisuje zagadnienia związane z traktowaniem budowlę jako banków materiałowych (Building as material bank), a także odwracalności przestrzennej (Spatial Reversability)	<a href="https://www.bamb2020.eu/library/overview-reports-and-publications/">https://www.bamb2020.eu/library/overview-reports-and-publications/</a>
5	Explorations for reversible buildings	Publikacja podsumowująca rezultaty projektu BAMP (Projekt finansowany przez EU w ramach HORIZON 2020), która opisuje zagadnienia projektowania budynków odwracalnych wielowymiarowo.	<a href="https://www.bamb2020.eu/library/overview-reports-and-publications/Environmental%20Impacts%20and%20Benefits%20of%20the%20End-of-Life%20of%20Building%20Materials:%20Database%20to%20Support%20Decision%20Making%20and%20Contribute%20to%20Circularity">https://www.bamb2020.eu/library/overview-reports-and-publications/Environmental Impacts and Benefits of the End-of-Life of Building Materials: Database to Support Decision Making and Contribute to Circularity</a>

LP.	TYTUŁ PUBLIKACJI	OPIS	HIPERŁĄCZE
6	Environmental Impacts and Benefits of the End-of-Life of Building Materials: Database to Support Decision Making and Contribute to Circularity	Publikacja naukowa, która przybliży pojęcie kategorii wplywu Wyczerpywanie surowców mineralnych (Abiotic Depletion) w kontekście materiałów budowlanych i GOZ.	<a href="https://www.mdpi.com/2071-1050/13/22/12659">https://www.mdpi.com/2071-1050/13/22/12659</a>
7	Circular Building Design: An Analysis of Barriers and Drivers for a Circular Building Sector	Publikacja naukowa, która przybliży zagadnienie projektowania cyrkularnego w budownictwie.	<a href="https://www.mdpi.com/2075-5309/10/4/77">https://www.mdpi.com/2075-5309/10/4/77</a>
8	Conceptualizing the circular economy: An analysis of 114 definitions	Publikacja naukowa, która omawia i opisuje różne definicje gospodarki o obiegu zamkniętym.	<a href="https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0921344917302835">https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0921344917302835</a>
9	EKO-Rozwiązania na jutro w sektorze budownictwa	Publikacja naukowa, która jest wynikiem projektu Oto GOZ realizowanego przez konsorcjum . Projekt współfinansowany przez Narodowe Centrum Badań i Rozwoju w ramach I konkursu na projekty otwarte w ramach Strategicznego programu badań naukowych i prac rozwojowych „Społeczny i gospodarczy rozwój Polski w warunkach globalizujących się rynków” GOSPOSTRATEG. Zawiera przykłady rozwiązań GOZ w obszarze budownictwa.	<a href="https://ec.europa.eu/docsroom/documents/39984">https://ec.europa.eu/docsroom/documents/39984</a>
10	Circular economy guidance for construction clients: How to practically apply circular economy principles at the project brief stage	Publikacja zawiera wytyczne mające na celu umożliwienie klientom z branży budowlanej poznanie zasad projektowania i budowy w obiegu zamkniętym, z uwzględnieniem opisów projektów dotyczących obiektów budowlanych niemieszkalnych.  Wytyczne mają na celu zapewnienie, że poszczególne etapy w budownictwie można skutecznie realizować zbieżnie z celami gospodarki o obiegu zamkniętym, a ryzyko związane z budżetem na taką inwestycję i zarządzaniem projektem może być zminimalizowane.	<a href="https://www.ukgbc.org/ukgbc-work/circular-economy-guidance-for-construction-clients-how-to-practically-apply-circular-economy-principles-at-the-project-brief-stage/">https://www.ukgbc.org/ukgbc-work/circular-economy-guidance-for-construction-clients-how-to-practically-apply-circular-economy-principles-at-the-project-brief-stage/</a>
11	Circular Economy Innovation Insights: Reuse and Products as a Service	Publikacja opracowana przez UKGBC, w której przedstawiono przykłady ponownego użycia wyrobów budowlanych oraz produktów w modelu Product-as-a-Service.	<a href="https://www.ukgbc.org/wp-content/uploads/2020/03/Circular-Economy-Innovation-Insights.pdf">https://www.ukgbc.org/wp-content/uploads/2020/03/Circular-Economy-Innovation-Insights.pdf</a>



LP.	TYTUŁ PUBLIKACJI	OPIS	HIPERŁĄCZE
12	Circular Buildings. Disassembly potential measurement method	W raporcie przedstawiono metodykę pomiaru potencjału demontażowego w budownictwie, która może pomóc ocenić, w jaki sposób projektować budynki, aby były projektowane i wykorzystywane w zbieżności z GOZ.	<a href="https://www.dgbc.nl/publicaties/circular-buildings-een-meetmethodiek-voor-losmaakbaarheid-v20-41">https://www.dgbc.nl/publicaties/circular-buildings-een-meetmethodiek-voor-losmaakbaarheid-v20-41</a>
13	Advancing Circular Construction	Ten raport zawiera prezentację dotyczącą podejścia do zamówień w budownictwie zbieżnych z zasadami gospodarki o obiegu zamkniętym, przyjmując holistyczne spojrzenie na zamówienia, jako cały proces, który w kontekście GOZ zaczyna się projektowaniem.	<a href="https://www.bitc.org.uk/case-study/building-a-circular-economy-in-construction/">https://www.bitc.org.uk/case-study/building-a-circular-economy-in-construction/</a>
14	Circular buildings. Strategies and case studies	Publikacja zawiera podstawowe informacje na temat gospodarki o obiegu zamkniętym w kontekście obszaru budownictwa oraz przykłady cyrkularnego budownictwa, wraz z opisem strategii i podejścia.	<a href="https://circulairebouweconomie.nl/wp-content/uploads/2022/01/Circular-Buildings-Strategies-and-case-studies-2021.pdf">https://circulairebouweconomie.nl/wp-content/uploads/2022/01/Circular-Buildings-Strategies-and-case-studies-2021.pdf</a>
15	Ewaluacja gospodarki o obiegu zamkniętym – wyzwania, bariery, korzyści	Publikacja naukowa, która jest wynikiem projektu Oto GOZ realizowanego przez konsorcjum . Projekt współfinansowany przez Narodowe Centrum Badań i Rozwoju w ramach I konkursu na projekty otwarte w ramach Strategicznego programu badań naukowych i prac rozwojowych „Społeczny i gospodarczy rozwój Polski w warunkach globalizujących się rynków” GOSPOSTRATEG. Publikacja omawia wyzwania, bariery i korzyści umożliwiając dodatkowo identyfikację znaczących różnic w samym podejściu do problematyki GOZ.	<a href="http://circularhotspot.pl/userfiles/oto_goz_publicacja_2021.pdf">http://circularhotspot.pl/userfiles/oto_goz_publicacja_2021.pdf</a>

# DODATKOWE BIBLIOTEKI, ZBIORY LITERATUROWE, ŹRÓDŁA INTERNETOWE

## GOZ W PRAKTYCE

<https://gozwpraktyce.pl/biblioteka/>

GOZ w Praktyce to centrum wiedzy i praktycznych rozwiązań. Wspiera firmy w transformacji w kierunku gospodarki o obiegu zamkniętym. W bibliotece znajdują się najważniejsze raporty, publikacje i komentarze eksperckie dotyczące gospodarki o obiegu zamkniętym. Można je filtrować według różnych kategorii.

## PUBLIKACJE POLISH GREEN BUILDING COUNCIL

<https://plgbc.org.pl/zrownowazone-budownictwo/publikacje/>

Zbiór raportów, publikacji i nagrań autorstwa PLGBC oraz zebranych ze świata na temat gospodarki o obiegu zamkniętym w budownictwie.

## CIRCULAR HOTSPOT

[www.circularhotspot.pl](http://www.circularhotspot.pl)

Polish Circular Hotspot jest publiczno-prywatną platformą współpracy wszystkich środowisk mających realny wpływ na zmiany cyrkularne w Polsce. Na portalu pokazywane są efekty pracy nad wprowadzaniem innowacyjnych, kompleksowych, praktycznych i skalowanych rozwiązań we wszystkich sektorach gospodarki.

## PRZYKŁADY BUDYNKÓW CYRKULARNYCH

<http://www.reduce-reuse-recycle.info/>

Obszerna platforma przykładów budynków cyrkularnych z całego świata. Zawiera wyszukiwarkę, dzięki której można znaleźć przykłady budynków cyrkularnych w konkretnej kategorii.

## PROJECTS SUPERUSE STUDIOS

<https://projects.superuse-studios.com/projects/>

Przykłady budynków cyrkularnych w Holandii, kolebce budownictwa cyrkularnego.

## ARUP TOOLKIT

<https://ce-toolkit.dhub.arup.com/>

Na stronie internetowej znajduje się narzędzie do oceny cyrkularności budynku, z opisanymi strategiami GOZ oraz przykłady cyrkularnych przedsięwzięć. Znajduje się tam również baza innych narzędzi dostępnych online, które można wykorzystać, aby ocenić cyrkularność przedsięwzięcia.



# TERMINOLOGIA KOMPENDIUM

- **Abiotyczny potencjał wyczerpywania zasobów (ang. Abiotic Depletion Potential, ADP)**

wskaźnik wyczerpywania się zasobów nieodnawialnych, który jest wynikiem funkcji rocznego wydobycia surowca i rezerw. Wielkość rezerw zależy od tego, co uważa się za technicznie i ekonomicznie wykonalne. Rozróżnia się rezerwę ostateczną (zasoby w skorupie ziemskiej), rezerwę podstawową (zasoby, które mają rozsądny potencjał, aby stać się dostępnymi ekonomicznie i technicznie) oraz rezerwę ekonomiczną (część bazy rezerwowej, którą można ekonomicznie wydobyć). Zgodnie z normą PN EN 15804 wyróżnia się dwie kategorie oddziaływania wskaźnika ADP, tj. potencjał zubożenia abiotycznego zasobów niekopalnych ( $ADP_{\text{minerały}}$ ) wyrażonym w ekw. kg SB i potencjał zubożenia abiotycznego zasobów kopalnych ( $ADP_{\text{paliwa}}$ ) w MJ. W przypadku wykorzystania do obliczeń wartości ADP zawartych w deklaracjach EPD, należy uwzględnić potencjał zubożenia abiotycznego zasobów niekopalnych w fazie wyrobu (A1 do A3).

- **Analiza techniczna**

analiza wykonywana pod kątem technicznym, technologicznym, bezpieczeństwa oraz zgodności z odpowiednimi regulacjami prawnymi dla sektora budownictwa.





- **Anliza środowiskowa**

analiza wykonywana pod względem wpływu na środowisko i zgodności z odpowiednimi przepisami związanymi z ochroną środowiska.

- **Analiza ekonomiczna**

analiza wykonywana pod kątem kosztów przedsięwzięcia budowlanego dla pełnego cyklu życia obiektu oraz potencjalnych przychodów.

- **Banki materiałowe**  
(ang. *Buildings As Materials Banks*)

jest to podejście do budynków jako do banków materiałów, czyli postrzeganie budynków jako repozytoriów lub składów cennych, wysokiej jakości materiałów, które podczas rozbioru budynku można łatwo odzyskać.

- **BAMP**

Building As Material Banks to projekt UE Horyzont 2020 umożliwiający systemowe przejście gospodarki o obiegu zamkniętym do sektora budownictwa, realizowany z 15 współpracującymi partnerami w 7 krajach.

- **Budynek zrównoważony**

obiekt oszczędny, komfortowy i stworzony z dbałością o środowisko naturalne oraz w zgodzie z zasadami oszczędnej gospodarki surowcami w całym cyklu życia. Priorytetem jest ograniczenie zużycia wody i energii oraz wpływu materiałów budowlanych na środowisko, a to wszystko przy zachowaniu wysokiego komfortu użytkowników.

- **Budynek cyrkularny**

budynek, który w całym cyklu życia nie zubaża zasobów nieodnawialnych Ziemi i nie powoduje degradacji ekosystemu.

- **Deklaracja środowiskowa produktu**  
(ang. *Environmental Product Declaration, EPD*)

przedstawia deklarację producenta odnośnie historii cyklu życia produktu w jednym, kompleksowym raporcie.

EPD zawiera informacje o wpływie produktu na środowisko, takie jak współczynnik ocieplenia globalnego, powstawanie smogu, ubytek warstwy ozonowej i zanieczyszczenie wody.

- **Downcykling**

forma przetworzenia wtórnego w taki sposób, że otrzymany produkt ma niższą wartość niż oryginalny przedmiot.

- **Ekoprojektowanie**

jest podejściem do projektowania produktów, w tym budynków, ze szczególnym uwzględnieniem wpływu produktu na środowisko i społeczeństwo podczas całego cyklu życia.

- **Energia odnawialna**

to energia pozyskiwana z zasobów odnawialnych, które są naturalnie uzupełniane w ludzkiej skali czasowej. Obejmuje źródła takie jak światło słoneczne, wiatr, ruch wody i ciepło geotermalne.

- **Energochłonność budynku / efektywność energetyczna**

wyrażona jako stosunek ilości energii zaoszczędzonej w porównaniu do ilości energii zużywanej (lub prognozowanego zużycia). Określa stopień budynku do zapewnienia komfortu jego użytkownika zgodnie z przeznaczeniem przy jednoczesnym możliwie najniższym zużyciu energii przez ten budynek.

- **European Green Deal**

to zestaw inicjatyw politycznych Komisji Europejskiej, których nadrzędnym celem jest osiągnięcie przez Unię Europejską neutralności klimatycznej do 2050 r.

- **Fit for 55**

pakiet aktów prawnych pod wspólnym szyldem "Gotowi na 55". 55 odnosi się do 55%, czyli nowego celu przejściowego redukcji emisji gazów cieplarnianych w Unii Europejskiej na 2030 rok, jako cel pośredni w dążeniu do neutralności klimatycznej w 2050.

- **Gospodarka linearna**

to gospodarka, której hasłem przewodnim jest stwierdzenie "weź – zużyj – wyrzuć", a więc bez możliwości wykorzystania potencjału surowców w pełni: bez ponownego wykorzystania, recyklingu, odzysku czy innych form wykorzystania. W gospodarce linearnej zapotrzebowanie na surowce stale rośnie, co związane jest z rosnącą liczbą ludzi na Ziemi i wzrostem ich potrzeb.

- **Gospodarka o obiegu zamkniętym / gospodarka cyrkularna**

gospodarka o obiegu zamkniętym to nowoczesny model, który zakłada, że surowce i produkty pozostaną w obiegu tak długo jak jest to możliwe, przy maksymalizowaniu ich własnej wartości.

- **Inteligentne modelowanie**  
(ang. *Building Information Modeling, BIM*)

inteligentne modelowanie pozyskanych danych w procesie projektowania budynków i infrastruktury. To technologia, która pozwala odzwierciedlić realną budowlę w cyfrowym środowisku 3D.

- **Materiał budowlany**

materiał stosowana do budowy, naprawy i konserwacji budynku.

- **Myślenie o cyklu życia (ang. *Life Cycle Thinking, LCT*)**

ramy, które uwzględniają holistyczne spojrzenie na produkt, proces lub usługę od produkcji, poprzez konsumpcję lub użytkowanie, aż po wycofanie z eksploatacji.

- **Koszt cyklu życia (and. *Life Cycle Cost, LCC*)**

wszystkie koszty, które zostaną poniesione w okresie produkcji, eksploatacji produktu, lub usługi wraz z zagospodarowaniem końcowym.

- **Paszport materiałowy**

dokument zawierający informacje o wszystkich materiałach wchodzących w skład produktu. Składa się z zestawu danych opisujących określone cechy materiałów w produktach, które nadają im wartość do odzysku, recyklingu i ponownego użycia.

- **Ponowne użycie / odzysk elementów budynku**

ponowne wykorzystanie materiału, surowca lub części albo całego elementu ze starego budynku w nowym lub modernizowanym/remontowanym budynku.

- **Powierzchnia użytkowa budynku**

część powierzchni kondygnacji netto (czyli ograniczonej przez elementy zamykające).

- **Recykling**

proces przekształcania materiałów odpadowych w nowe materiały i przedmioty. Odzysk energii z materiałów odpadowych jest często uwzględniany w tej koncepcji. Możliwość recyklingu materiału zależy od jego zdolności do odzyskania właściwości, które posiadał w swoim pierwotnym stanie.

- **Remont**

wykonywanie w istniejącym obiekcie budowlanym, robót polegających na odtworzeniu stanu pierwotnego. Taka definicja odróżnia remont od robót polegających na modernizacji, rozbudowie, nadbudowie czy przebudowie obiektu budowlanego. Dopuszcza się przy remoncie stosowanie innych wyrobów niż były użyte w stanie pierwotnym. Bieżąca konserwacja nie jest remontem w rozumieniu prawa budowlanego.

- **Modernizacja**

unowocześnienie cech użytkowych budynku. Modernizacja prowadzi do wydłużenia czasu użytkowania istniejących budynków i zmniejszenia popytu na nowe budynki.

- **Surowiec odnawialny**

surowiec, który może być uzupełniony w środowisku naturalnym w tym samym lub krótszym czasie niż czas potrzebny na jego zużycie.

- **Surowiec pierwotny**

materiał nieprzetworzony lub materiał podstawowy, używany do produkcji towarów, gotowych wyrobów, energii lub materiałów pośrednich, które są surowcem dla przyszłych produktów.

- **Surowiec pochodzący z recyklingu / wtórny**

materiał, który został już wykorzystany, następnie poddany odzyskowi lub recyklingowi i przekazany do ponownego wykorzystania w produkcji.

- **Ślad środowiskowy**

wszystkie lub wybrane oddziaływania produktu, usługi lub organizacji na środowisko.

- **Ślad węglowy**

całkowita emisja gazów cieplarnianych spowodowana przez osobę, wydarzenie, organizację, usługę, miejsce lub produkt, wyrażona jako ekwiwalent dwutlenku węgla.

- **Środowiskowa ocena cyklu życia (ang. Life Cycle Assessment, LCA)**

metodologia oceny wpływu na środowisko związanej ze wszystkimi etapami cyklu życia procesu lub usługi.

- **Taksonomia**

potoczna nazwa aktu prawnego Unii Europejskiej, tj. rozporządzenia Parlamentu Europejskiego i Rady (UE) 2020/852 z dnia 18 czerwca 2020 r. w sprawie ustanowienia ram ułatwiających zrównoważone inwestycje.

- **Transformacja budynku / Adaptowalność**

przekształcenie budynku, zaadaptowanie go do innych celów niż pierwotnie został zbudowany.

- **Upcykling**

forma przetwarzania wtórnego, w wyniku której powstają produkty o wartości wyższej niż te, z których zostały one stworzone

- **Zero waste**

zestaw zasad skoncentrowanych na zapobieganiu powstawania odpadów, który zachęca do przeprojektowania cykli życia zasobów tak, aby wszystkie produkty były ponownie wykorzystywane. Celem tego podejścia jest uniknięcie przekazywania śmieci na składowiska, do spalarni lub w niekontrolowany sposób do środowiska.

- **Trwałość budynku**

okres, w którym obiekt zachowuje swoje właściwości użytkowe. Zdolność do zachowania posiadanych wymagań użytkownika przez określony czas, w warunkach oddziaływania określonych czynników.

# LITERATURA

## PUBLIKACJE

1. ARUP, *Circular Business Models For The Built Environment*, 2018
2. Brand S., *How Buildings Learn : What Happens after They're Built*, Penguin Books, New York, NY, USA, 1995.
3. BREEAM, *International New Construction Version 6.0, Technical Manual - SD250*, 2021
4. Chen H.M., Wang Y., Zhou K., Lam D., Guo W., Li L., Ajayebi A., Hopkinson P., Reclaiming structural steels from the end of service life composite structures for reuse – An assessment of the viability of different methods, *Developments in the Built Environment*, 10, 2022, *Developments in the Built Environment*, 10, 2022
5. Circle Economy, *A Framework For Circular Buildings, indicators for possible inclusion in BREEAM*, 2018
6. Circle Economy, *The Circularity Gap Report*, 2020
7. Circle Economy, *The Circularity Gap Report*, 2022
8. Clark R., *Cumulative effects assessment: A tool for sustainable development*, *Impact Assessment*, 12(3), 1994
9. Deloitte, *Zamknięty obieg – otwarte możliwości*, 2018
10. DGNB, *Benchmarks for Greenhouse Gas Emission from Building Construction*, 2021
11. Ellen MacArthur Foundation, *Circularity indicators: An approach to measuring circularity*, 2015
12. Ellen MacArthur Foundation, *Growth within: a circular economy vision for a competitive*, 2015
13. European Environment Agency, *Building renovation: where circular economy and climate meet*, 2022
14. European Commission, *Circular building Principles for Buildings Design*, 2020
15. European Commission, *Life and the Circular Economy*, 2017
16. European Environment Agency, *Final Energy Consumption by Sector and Fuel in Europe*, 2020
17. European Parliament Briefing, *Eco-design for sustainable products*, 2022. Dostęp (24.04.2023): [https://www.europarl.europa.eu/RegData/etudes/BRIE/2022/733524/EPRS\\_BRI\(2022\)733524\\_EN.pdf](https://www.europarl.europa.eu/RegData/etudes/BRIE/2022/733524/EPRS_BRI(2022)733524_EN.pdf)
18. Forum Odpowiedzialnego Biznesu, *15 polskich przykładów społecznej odpowiedzialności biznesu - Na drodze do gospodarki o obiegu zamkniętym*, 2019





19. Geissdoerfer, M., Pieroni, M.P., Pigosso, D.C., Soufani, K., *Circular business models: A review*, *Journal of Cleaner Production*, 2020
20. *Gospodarka o obiegu zamkniętym w polityce i badaniach naukowych*, red. Joanna Kulczycka, red. Joanna Kulczycka, Kraków, Wydawnictwo IGSMiE PAN, 2019
21. Green Building Council Iceland, VSÓ Ráðgjöf, *Kortlagning og leiðbeiningar um nýtingarmöguleika byggingarúrgangs*, 2021.
22. Innovo, Polish Circular Hotspot, *Budownictwo w obiegu zamkniętym w praktyce*, 2019
23. International Energy Agency, *Driving Energy Efficiency in Heavy Industries*, 2021. Dostęp (24.04.2023): <https://www.iea.org/articles/driving-energy-efficiency-in-heavy-industries>
24. International Resource Panel, *Assesing Global Recource Use - A systems approach to resource efficiency and pollution reduction*, 2017
25. Kromoser B., Reichenbach S., Hellmayr R., Myna R., Wimmer R., *Circular economy in wood construction – Additive manufacturing of fully recyclable walls made from renewables: Proof of concept and preliminary data*, *Construction and Building Materials*, 344, 2022.
26. LEED v4.1 BUILDING DESIGN AND CONSTRUCTION, *Getting started guide for beta participants*, 2022
27. LETI, *Circular economy and carbon in construction*, 2023
28. Ministry for the Environment and Natural Resources of Iceland, *The national policy on waste reduction (Together against waste) (is. Í átt að hringrásarhagkerfi Stefna umhverfis- og auðlindaráðherra í úrgangsmálum)*, 2021. Dostęp (20.04.2023): [https://www.stjornarradid.is/library/02-Rit--skyrslur-og-skrar/UAR\\_stefnal\\_att\\_ad\\_hringrasarhagkerfi.pdf](https://www.stjornarradid.is/library/02-Rit--skyrslur-og-skrar/UAR_stefnal_att_ad_hringrasarhagkerfi.pdf)
29. Nouman K., Agliata R., Marino A., Thaheem M.J., *Critical review of nano and micro-level building circularity indicators*, *Journal of Cleaner Production* 357, 131859, 2022
30. Obolowicz J., *Cykl życia obiektu budowlanego, Przegląd Budowlany*, 9/2021
31. One Click LCA, *The Embodied Carbon Review*, 2018
32. Piasecki M., *Ocena właściwości środowiskowych wyrobów jako element oceny projektowanego budynku*, *Rynek Instalacyjny*, 7-8, 2014
33. PLGBC, *Zrównoważone budynki biurowe*, red. Szymon Firąg, Wydawnictwo Naukowe PWN SA, Warszawa, 2018
34. PN326-BRE-EN-15978, *Methodology For The Environmental Assessment Of Buildings*, 2018
35. Rada Ministrów, *Mapa drogowa transformacji w kierunku gospodarki o obiegu zamkniętym*, 2019
36. Ramboll, *Towards embodied carbon benchmarks for buildings in Europe*, 2022
37. Risse M., Weber-Blaschke G., Richter K., *Eco-efficiency analysis of recycling recovered solid wood from construction into laminated timber products*, *Science of The Total Environment* 661, 2019
38. Salgado F., Silva F., *Recycled aggregates from construction and demolition waste towards an application on structural concrete: A review*, *Journal of Building Engineering*, 52, 2022
39. Sartoti I., Hestnes A., *Energy use in the life cycle of conventional and low energy buildings: a review article*, *Energy and Buildings*, 39(3), 2007
40. Skowroński M., *Rekonsumpcja materiałowa w architekturze*, Praca doktorska, Wrocław, 2015
41. SWECO, *Budowanie przyszłości na podstawie danych z gospodarki o obiegu zamkniętym – Narzędzia do wydobywania „zielonego złota”*, 2022

42. United Nations Environment Programme, *The use of natural resources in the economy - A Global Manual on Economy Wide Material Flow Accounting*, 2021
43. United Nations, *World Urbanization Prospects - The 2018 Revision*, 2019
44. World Economic Forum (WEF), *Circular Economy and Material Value Chains Report*, 2021
45. *Wskaźniki monitorowania gospodarki o obiegu zamkniętym*, red. Joanna Kulczycka, Kraków, Wydawnictwo IGSMiE PAN, 2020
46. Yeung J., Walbridge S., Haas C., Saari R., *Understanding the total life cycle cost implications of reusing structural steel*, *Environment Systems and Decisions* 37, 2016

## USTAWODAWSTWO

47. DYREKTYWA PARLAMENTU EUROPEJSKIEGO I RADY (UE) 2018/851 z dnia 30 maja 2018 r. zmieniająca dyrektywę 2008/98/WE w sprawie odpadów (Tekst mający znaczenie dla EOG). Dostęp (8.03.2023): <https://eur-lex.europa.eu/legal-content/PL/TXT/HTML/?uri=CELEX:32018L0851&from=PL>
48. DYREKTYWA PARLAMENTU EUROPEJSKIEGO I RADY (UE) 2019/904 z dnia 5 czerwca 2019 r. w sprawie zmniejszenia wpływu niektórych produktów z tworzyw sztucznych na środowisko (Tekst mający znaczenie dla EOG). Dostęp (20.04.2023): <https://eur-lex.europa.eu/legal-content/PL/TXT/PDF/?uri=CELEX:32019L0904>
49. Dziennik Ustaw, Polska, *USTAWA z dnia 27 kwietnia 2001 r. Prawo ochrony środowiska*, art. 75
50. Icelandic National Planning Agency (is. Skipulagsstofnun), *Environmental Impact Assessment Act No. 106, 25 May 2000*. Dostęp (24.04.2023): <https://www.skipulag.is/media/umhverfismat/MAUlogm2005br.pdf>
51. KOMUNIKAT KOMISJI DO PARLAMENTU EUROPEJSKIEGO, RADY, EUROPEJSKIEGO KOMITETU EKONOMICZNO-SPOŁECZNEGO I KOMITETU REGIONÓW *Zamknięcie obiegu - plan działania UE dotyczący gospodarki o obiegu zamkniętym*
52. ROZPORZĄDZENIE PARLAMENTU EUROPEJSKIEGO I RADY (UE) 2020/852 z dnia 18 czerwca 2020 r. w sprawie ustanowienia ram ułatwiających zrównoważone inwestycje, zmieniające rozporządzenie (UE) 2019/2088 (Tekst mający znaczenie dla EOG). Dostęp (20.04.2023): <https://eur-lex.europa.eu/legal-content/PL/TXT/PDF/?uri=CELEX:32020R0852&from=PL>
53. Sejm RP, *Ustawa z dnia 17 listopada 2021 r. o zmianie ustawy o odpadach oraz niektórych innych ustaw*, Dz.U. 2021 poz. 2151 32



54. *A European Green Deal - Striving to be the first climate-neutral continent*. Dostęp (20.04.2023): [https://commission.europa.eu/strategy-and-policy/priorities-2019-2024/european-green-deal\\_en](https://commission.europa.eu/strategy-and-policy/priorities-2019-2024/european-green-deal_en)

55. BAMB - Buildings As Material Banks. Dostęp (20.04.2023): <https://www.bamb2020.eu/>
56. Beldowicz A., *Dekarbonizacja budynków na już. UE negocjuje nowe przepisy*, 2023. Dostęp (24.04.2023): <https://klimat.rp.pl/budownictwo/art37709381-dekarbonizacja-budynkow-na-juz-ue-negocjuje-nowe-przepisy>
57. CE-Mærkning af gamle mursten. Dostęp (24.04.2023): <https://gamlemurstentech.dk/urban-mining/ce-maerkning-af-gamle-mursten/>
58. Certyfikat ZIELONY DOM. Dostęp (24.04.2023): <https://zielonydom.plgbc.org.pl/>
59. Dansk Design Center, *Renovation for circularity and life cycle assessments*. Dostęp (24.04.2023): [https://issuu.com/dansk-design\\_center/docs/creative\\_denmark\\_white\\_paper\\_designing\\_the\\_irresist/s/13329807](https://issuu.com/dansk-design_center/docs/creative_denmark_white_paper_designing_the_irresist/s/13329807)
60. Dawid M., *Architektura adaptacyjna odpowiedzią na zmienne potrzeby rynku*. Dostęp (24.04.2023): <https://thinkco.pl/architektura-adaptacyjna/>
61. DGNB, *System Version 2020 International*. Dostęp (24.04.2023): <https://www.dgnb-system.de/en/system/version-2020-international/>
62. Eco Platform. Dostęp (24.04.2023): <https://www.eco-platform.org/home.html>
63. European Environment Agency, *Mineral waste from construction and demolition, waste treatment*. Dostęp (24.03.2023): [https://www.eea.europa.eu/data-and-maps/daviz/mineral-waste-from-construction-and#tab-googlechartid\\_chart\\_13](https://www.eea.europa.eu/data-and-maps/daviz/mineral-waste-from-construction-and#tab-googlechartid_chart_13)
64. Eurostat, *Waste statistics*, 2023. Dostęp (24.04.2023): [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)
65. Fit for 55. Dostęp (24.04.2023): <https://www.consilium.europa.eu/en/policies/green-deal/fit-for-55-the-eu-plan-for-a-green-transition/>
66. Global Cement and Concrete Association. Dostęp (24.04.2023): <https://gccassociation.org/>
67. GOZ w praktyce – cyrkularne modele biznesowe. Dostęp (24.05.2023): <https://gozwpraktyce.pl/modele-biznesowe/>
68. Level(s) *European framework for sustainable buildings*. Dostęp (20.04.2023): [https://environment.ec.europa.eu/topics/circular-economy/levels\\_en](https://environment.ec.europa.eu/topics/circular-economy/levels_en)
69. Nordic Sustainable Construction, *Nordic Harmonisation of Life Cycle Assessment*. Dostęp (24.04.2023): <https://nordicsustainable-construction.com/work-packages/nordic-harmonisation-of-life-cycle-assessment>
70. Schober K.S., *How circular economy can drive greater sustainability and new business opportunities in construction*. Dostęp (24.04.2023): <https://www.rolandberger.com/en/Insights/Publications/lt%E2%80%99s-time-for-construction-to-embrace-the-circular-economy.html>
71. *The roadmap towards sustainable construction 2030 (is. Byggjum grænni framtíð)*. Dostęp (20.04.2023): <https://byggjumgrænniframtid.is/>
72. United Nations, *SDG Goals, 12 Ensure sustainable consumption and production patterns*. Dostęp (20.04.2023): <https://sdgs.un.org/goals/goal12>
73. World Economic Forum, Breene K., *Can the circular economy transform the world's number one consumer of raw materials?*, 2016. Dostęp (24.04.2023): <https://www.weforum.org/agenda/2016/05/can-the-circular-economy-transform-the-world-s-number-one-consumer-of-raw-materials/>

# ZAŁĄCZNIK: ZESTAWIENIE WARTOŚCI WSKAŹNIKA ADP

W załączniku znajdują się wartości liczbowe zmiennej ADP, które są konieczne do prawidłowego wyliczenia wskaźnika SMU i MRP.

## MATERIAŁY BUDOWLANE

Tabela 2. Wskaźniki obciążenia środowiska naturalnego związane z wykorzystaniem 1 jednostki (w zależności od typu) materiału budowlanego

Materiał	Jednostka [j]	Abiotic depletion kg Sb <sub>eq</sub> /j
Blok z autoklawizowanego betonu komórkowego (Globalny)	kg	7,86E <sup>-07</sup>
Blok z autoklawizowanego betonu komórkowego (Reszta Świata)	kg	7,52E <sup>-07</sup>
Blok betonowy (Niemcy)	kg	4,13E <sup>-07</sup>
Blok betonowy (Globalny)	kg	3,78E <sup>-07</sup>
Betonowa dachówka (Szwajcaria)	kg	5,25E <sup>-07</sup>
Betonowa dachówka (Globalny)	kg	6,88E <sup>-07</sup>
Betonowa dachówka (Reszta Świata)	kg	6,55E <sup>-07</sup>
Beton, 20MPa (Kanada, Quebec)	m <sup>3</sup>	2,75E <sup>-04</sup>
Beton, 20MPa (Globalnie)   market for   APOS, U	m <sup>3</sup>	3,45E <sup>-04</sup>

Materiał	Jednostka [j]	Abiotic depletion kg Sb <sub>eq</sub> /j
Beton, 20MPa (Reszta Świata)	m <sup>3</sup>	2,65E <sup>-04</sup>
Beton, 25MPa (Kanada, Quebec)	m <sup>3</sup>	2,95E <sup>-04</sup>
Beton, 25MPa (Globalnie)	m <sup>3</sup>	3,47E <sup>-04</sup>
Beton, 25MPa (Reszta Świata)	m <sup>3</sup>	2,60E <sup>-04</sup>
Beton, 30-32MPa (Kanada, Quebec)	m <sup>3</sup>	3,15E <sup>-04</sup>
Beton, 30-32MPa (Globalnie)	m <sup>3</sup>	3,95E <sup>-04</sup>
Beton, 30-32MPa (Reszta Świata)	m <sup>3</sup>	3,17E <sup>-04</sup>
Beton, 35MPa (Kanada, Quebec)	m <sup>3</sup>	3,13E <sup>-04</sup>
Beton, 35MPa (Globalnie)	m <sup>3</sup>	3,88E <sup>-04</sup>
Beton, 35MPa (Reszta Świata)	m <sup>3</sup>	3,07E <sup>-04</sup>
Beton, 50MPa (Kanada, Quebec)	m <sup>3</sup>	3,29E <sup>-04</sup>

# MATERIAŁY BUDOWLANE

Tabela 2. Wskaźniki obciążenia środowiska naturalnego związane z wykorzystaniem 1 jednostki (w zależności od typu) materiału budowlanego

Materiał	Jednostka [j]	Abiotic depletion kg Sb <sub>eq</sub> /j
Beton, 50MPa (Globalnie)	m <sup>3</sup>	4,05E <sup>-04</sup>
Beton, 50MPa (Reszta Świata)	m <sup>3</sup>	3,23E <sup>-04</sup>
Beton, do kontaktu z solą odładzającą (Szwajcaria) do pali wwiercanych, z cementem CEM I	m <sup>3</sup>	2,58E <sup>-04</sup>
Beton, do kontaktu z solą odładzającą (Szwajcaria) do pali wwiercanych, z cementem CEM II/A	m <sup>3</sup>	2,67E <sup>-04</sup>
Beton, do kontaktu z solą odładzającą (Szwajcaria) do pali wwiercanych, z cementem CEM II/B	m <sup>3</sup>	2,49E <sup>-04</sup>
Beton, do kontaktu z solą odładzającą (Szwajcaria)	m <sup>3</sup>	2,83E <sup>-04</sup>
Beton, do kontaktu z solą odładzającą (Reszta Świata) do pali wwiercanych, z cementem CEM I	m <sup>3</sup>	3,34E <sup>-04</sup>
Beton, do kontaktu z solą odładzającą (Reszta Świata) do pali wwiercanych, z cementem CEM II/A	m <sup>3</sup>	4,11E <sup>-04</sup>
Beton, do kontaktu z solą odładzającą (Reszta Świata) do pali wwiercanych, z cementem CEM II/B	m <sup>3</sup>	4,94E <sup>-04</sup>

Materiał	Jednostka [j]	Abiotic depletion kg Sb <sub>eq</sub> /j
Beton, do kontaktu z solą odładzającą (Reszta Świata)	m <sup>3</sup>	5,10E <sup>-04</sup>
Beton, wysokie wymagania (Szwajcaria), dla konstrukcji budowlanych z cementem CEM II/A	m <sup>3</sup>	2,32E <sup>-04</sup>
Beton, wysokie wymagania (Szwajcaria), dla konstrukcji budowlanych z cementem CEM II/B	m <sup>3</sup>	2,15E <sup>-04</sup>
Beton, wysokie wymagania (Szwajcaria)	m <sup>3</sup>	2,47E <sup>-04</sup>
Beton, wysokie wymagania (Reszta Świata) dla konstrukcji budowlanych z cementem CEM II/A	m <sup>3</sup>	3,68E <sup>-04</sup>
Beton, wysokie wymagania (Reszta Świata) dla konstrukcji budowlanych z cementem CEM II/B	m <sup>3</sup>	4,45E <sup>-04</sup>
Beton, wysokie wymagania (Reszta Świata)	m <sup>3</sup>	4,91E <sup>-04</sup>
Beton, standardowy (Szwajcaria)	m <sup>3</sup>	2,26E <sup>-04</sup>
Beton, standardowy niezbrojony, z cementem CEM II/A (Szwajcaria)	m <sup>3</sup>	2,13E <sup>-04</sup>
Beton, standardowy niezbrojony, z cementem CEM II/B (Szwajcaria)	m <sup>3</sup>	2,01E <sup>-04</sup>



# MATERIAŁY BUDOWLANE

Tabela 2. Wskaźniki obciążenia środowiska naturalnego związane z wykorzystaniem 1 jednostki (w zależności od typu) materiału budowlanego

Materiał	Jednostka [j]	Abiotic depletion kg Sb <sub>eq</sub> /j
Beton, standardowy (Reszta Świata)	m <sup>3</sup>	4,02E <sup>-04</sup>
Beton, standardowy niezbrojony, z cementem CEM II/A (Reszta Świata)	m <sup>3</sup>	3,11E <sup>-04</sup>
Beton, standardowy niezbrojony, z cementem CEM II/B (Reszta Świata)	m <sup>3</sup>	3,64E <sup>-04</sup>
Beton, do fundamentów i podmurówki, budownictwo cywilne, z cementem CEM I (Szwajcaria)	m <sup>3</sup>	2,34E <sup>-04</sup>
Beton, do fundamentów i podmurówki, budownictwo cywilne, z cementem CEM II/A (Szwajcaria)	m <sup>3</sup>	2,45E <sup>-04</sup>
Beton, do fundamentów i podmurówki, budownictwo cywilne, z cementem CEM II/B (Szwajcaria)	m <sup>3</sup>	2,24E <sup>-04</sup>
Beton, do fundamentów i podmurówki (Szwajcaria)	m <sup>3</sup>	2,59E <sup>-04</sup>
Beton, do fundamentów i podmurówki, budownictwo cywilne, z cementem CEM I (Reszta Świata)	m <sup>3</sup>	3,18E <sup>-04</sup>
Beton, do fundamentów i podmurówki, budownictwo cywilne, z cementem CEM II/A (Reszta Świata)	m <sup>3</sup>	4,06E <sup>-04</sup>

Materiał	Jednostka [j]	Abiotic depletion kg Sb <sub>eq</sub> /j
Beton, do fundamentów i podmurówki, budownictwo cywilne, z cementem CEM II/B (Reszta Świata)	m <sup>3</sup>	5,01E <sup>-04</sup>
Beton, do fundamentów i podmurówki (Reszta Świata)	m <sup>3</sup>	4,77E <sup>-04</sup>
Posadzka z tynku cementowego (Szwajcaria)	kg	2,22E <sup>-07</sup>
Posadzka z tynku cementowego (Globalnie)	kg	2,94E <sup>-07</sup>
Posadzka z tynku cementowego (Reszta Świata)	kg	2,59E <sup>-07</sup>
Zaprawa cementowa (Szwajcaria)	kg	1,23E <sup>-07</sup>
Zaprawa cementowa (Szwajcaria)	kg	1,14E <sup>-07</sup>
Zaprawa cementowa (Reszta Świata)	kg	2,14E <sup>-07</sup>
Zaprawa cementowa (Reszta Świata)	kg	1,50E <sup>-07</sup>
Płytki cementowa (kafelka) (Szwajcaria)	kg	3,57E <sup>-07</sup>
Płytki cementowa (kafelka) (Globalnie)	kg	4,47E <sup>-07</sup>
Płytki cementowa (kafelka) (Reszta Świata)	kg	4,13E <sup>-07</sup>
Cement, składniki alternatywne 21-35% (Szwajcaria)	kg	1,80E <sup>-07</sup>

# MATERIAŁY BUDOWLANE

Tabela 2. Wskaźniki obciążenia środowiska naturalnego związane z wykorzystaniem 1 jednostki (w zależności od typu) materiału budowlanego

Materiał	Jednostka [j]	Abiotic depletion kg Sb <sub>eq</sub> /j
Cement, składniki alternatywne 21-35% (Szwajcaria)	kg	1,71E <sup>-07</sup>
Cement, składniki alternatywne 21-35% (Europa bez Szwajcarii)	kg	9,28E <sup>-07</sup>
Cement, składniki alternatywne 21-35% (Europa bez Szwajcarii)	kg	8,64E <sup>-07</sup>
Cement, składniki alternatywne 21-35% (Reszta Świata)	kg	9,19E <sup>-07</sup>
Cement, składniki alternatywne 6-20% (Kanada, Quebec)	kg	2,67E <sup>-07</sup>
Cement, składniki alternatywne 6-20% (Szwajcaria)	kg	2,38E <sup>-07</sup>
Cement, składniki alternatywne 6-20% (Europa bez Szwajcarii)	kg	6,63E <sup>-07</sup>
Cement, alternative constituents 6-20% (Reszta Świata)	kg	6,51E <sup>-07</sup>
Cement, uśredniony skład, z dodatkiem żużla wielkopieczowego 18-30% i innymi składnikami alternatywnymi 18-30% (Szwajcaria)	kg	6,55E <sup>-06</sup>

Materiał	Jednostka [j]	Abiotic depletion kg Sb <sub>eq</sub> /j
Cement, uśredniony skład, z dodatkiem żużla wielkopieczowego 18-30% i innymi składnikami alternatywnymi 18-30% (Europa bez Szwajcarii)	kg	6,63E <sup>-06</sup>
Cement, uśredniony skład, z dodatkiem żużla wielkopieczowego 18-30% i innymi składnikami alternatywnymi 18-30% (Reszta Świata)	kg	6,63E <sup>-06</sup>
Cement, z dodatkiem żużla wielkopieczowego 25-70% (USA)	kg	1,28E <sup>-05</sup>
Cement, Cement, uśredniony skład, z dodatkiem żużla wielkopieczowego 31-50% i innymi składnikami alternatywnymi 31-50% (Szwajcaria)	kg	8,25E <sup>-06</sup>
Cement, uśredniony skład, z dodatkiem żużla wielkopieczowego 31-50% i innymi składnikami alternatywnymi 31-50% (Europa bez Szwajcarii)	kg	8,31E <sup>-06</sup>
Cement, uśredniony skład, z dodatkiem żużla wielkopieczowego 31-50% i innymi składnikami alternatywnymi 31-50% (Reszta Świata)	kg	8,31E <sup>-06</sup>

# MATERIAŁY BUDOWLANE

Tabela 2. Wskaźniki obciążenia środowiska naturalnego związane z wykorzystaniem 1 jednostki (w zależności od typu) materiału budowlanego

Materiał	Jednostka [j]	Abiotic depletion kg Sb <sub>eq</sub> /j
Cement, uśredniony skład, z dodatkiem żużla wielkopieczowego 31-50% i innymi składnikami alternatywnymi 31-50% (Reszta Świata)	kg	8,24E <sup>-06</sup>
Cement, z dodatkiem żużla wielkopieczowego 36-65%, (Szwajcaria)	kg	1,35E <sup>-05</sup>
Cement, z dodatkiem żużla wielkopieczowego 36-65%, (Szwajcaria)	kg	1,35E <sup>-05</sup>
Cement, z dodatkiem żużla wielkopieczowego 36-65%, (Europa bez Szwajcarii)	kg	1,36E <sup>-05</sup>
Cement, z dodatkiem żużla wielkopieczowego 36-65%, (Europa bez Szwajcarii)	kg	1,35E <sup>-05</sup>
Cement, z dodatkiem żużla wielkopieczowego 36-65%, (Reszta Świata)	kg	1,36E <sup>-05</sup>
Cement, z dodatkiem żużla wielkopieczowego 5-25%, (Reszta Świata)	kg	4,33E <sup>-06</sup>
Cement, z dodatkiem żużla wielkopieczowego 5-25%, (USA)	kg	4,33E <sup>-06</sup>
Cement, z dodatkiem żużla wielkopieczowego 70-100%, (USA)	kg	2,25E <sup>-05</sup>

Materiał	Jednostka [j]	Abiotic depletion kg Sb <sub>eq</sub> /j
Cement, z dodatkiem żużla wielkopieczowego 81-95%, non-US (Europa bez Szwajcarii)	kg	2,33E <sup>-05</sup>
Cement, z dodatkiem żużla wielkopieczowego 81-95%, non-US (Reszta Świata)	kg	2,33E <sup>-05</sup>
Cement, z dodatkiem żużla wielkopieczowego 66-80%, non-US (Szwajcaria)	kg	1,94E <sup>-05</sup>
Cement, z dodatkiem żużla wielkopieczowego 66-80%, non-US (Reszta Świata)	kg	1,94E <sup>-05</sup>
Cement portlandzki (Kanada, Quebec)	kg	2,77E <sup>-07</sup>
Cement portlandzki (Szwajcaria)	kg	2,07E <sup>-07</sup>
Cement portlandzki (Europa bez Szwajcarii)	kg	4,21E <sup>-07</sup>
Cement portlandzki (Reszta Świata)	kg	4,01E <sup>-07</sup>
Cement portlandzki (USA)	kg	4,17E <sup>-07</sup>
Cement, pucolana i popiół lotny 11-35% (Szwajcaria)	kg	2,61E <sup>-07</sup>
Cement, pucolana i popiół lotny 11-35% (Szwajcaria)	kg	2,52E <sup>-07</sup>
Cement, pucolana i popiół lotny 11-35% (Europa bez Szwajcarii)	kg	3,84E <sup>-07</sup>



# MATERIAŁY BUDOWLANE

Tabela 2. Wskaźniki obciążenia środowiska naturalnego związane z wykorzystaniem 1 jednostki (w zależności od typu) materiału budowlanego

Materiał	Jednostka [j]	Abiotic depletion kg Sb <sub>eq</sub> /j
Cement, pucolana i popiół lotny 11-35% (Europa bez Szwajcarii)	kg	3,20E <sup>-07</sup>
Cement, pucolana i popiół lotny 11-35% (Reszta Świata)	kg	3,74E <sup>-07</sup>
Cement, pucolana i popiół lotny 11-35% (Reszta Świata)	kg	3,10E <sup>-07</sup>
Cement, pucolana i popiół lotny 15-40% (USA)	kg	3,73E <sup>-07</sup>
Cement, pucolana i popiół lotny 36-55% (Szwajcaria)	kg	2,27E <sup>-07</sup>
Cement, pucolana i popiół lotny 36-55% (Szwajcaria)	kg	2,36E <sup>-07</sup>
Cement, pucolana i popiół lotny 36-55% (Europa bez Szwajcarii)	kg	3,39E <sup>-07</sup>
Cement, pucolana i popiół lotny 36-55% (Reszta Świata)	kg	3,32E <sup>-07</sup>
Cement, pucolana i popiół lotny 5-15% (Reszta Świata)	kg	4,03E <sup>-07</sup>
Cement, pucolana i popiół lotny 5-15% (USA)	kg	4,07E <sup>-07</sup>
Cement, pucolana i popiół lotny 5-15% (USA)	kg	3,43E <sup>-07</sup>

Materiał	Jednostka [j]	Abiotic depletion kg Sb <sub>eq</sub> /j
Cement, uśredniony skład, zawartość składników alternatywnych 21-35% (Szwajcaria)	kg	1,80E <sup>-07</sup>
Cement, uśredniony skład, zawartość składników alternatywnych 6-20% (Szwajcaria)	kg	2,38E <sup>-07</sup>
Cement, uśredniony skład, z dodatkiem żużla wielkopieczowego 18-30% i innymi składnikami alternatywnymi 18-30% (Szwajcaria)	kg	6,55E <sup>-06</sup>
Cement, uśredniony skład, z dodatkiem żużla wielkopieczowego 31-50% i innymi składnikami alternatywnymi 31-50% (Szwajcaria)	kg	8,25E <sup>-06</sup>
Cement, uśredniony skład, importowany z Europy (Szwajcaria)	kg	1,62E <sup>-06</sup>
Cement, uśredniony skład, zawartość składników alternatywnych 6-20% (Europa bez Szwajcarii)	kg	6,63E <sup>-07</sup>
Cement, uśredniony skład, z dodatkiem żużla wielkopieczowego 81-95% (Europa bez Szwajcarii)	kg	2,33E <sup>-05</sup>

# MATERIAŁY BUDOWLANE

Tabela 2. Wskaźniki obciążenia środowiska naturalnego związane z wykorzystaniem 1 jednostki (w zależności od typu) materiału budowlanego

Materiał	Jednostka [j]	Abiotic depletion kg Sb <sub>eq</sub> /j
Cement, uśredniony skład, z dodatkiem żużla wielkopieczowego 18-30% i innymi składnikami alternatywnymi 18-30% (Europa bez Szwajcarii)	kg	6,63E <sup>-06</sup>
Cement portlandzki (Szwajcaria)	kg	2,07E <sup>-07</sup>
Produkty drewniane (nie uwzględniając mebli), (Europa)	kg	2,52E <sup>-07</sup>
Drewno, surowe, drewno liściaste, zielone	m <sup>3</sup>	0,00E <sup>+00</sup>
Drewno okrągłe, liściaste, średnie, wysoka intensywność użytkowania	m <sup>3</sup>	0,00E <sup>+00</sup>
Drewno okrągłe, liściaste, średnie, niska intensywność użytkowania	m <sup>3</sup>	0,00E <sup>+00</sup>
Drewno okrągłe, liściaste, średnie, średnia intensywność użytkowania	m <sup>3</sup>	0,00E <sup>+00</sup>
Odpady drewniane, z produkcji drewna klejonego na sucho, do użytku wewnętrznego (Reszta Świata)	m <sup>3</sup>	5,47E <sup>-05</sup>
Odpady drewniane, z produkcji suchych elementów z drewna klejonego warstwowo, do użytku na zewnątrz (Reszta Świata)	m <sup>3</sup>	1,41E <sup>-04</sup>

Materiał	Jednostka [j]	Abiotic depletion kg Sb <sub>eq</sub> /j
Odpady drewniane, suche, z produkcji płyt laminowanych trójwarstwowych (Europa)	m <sup>3</sup>	3,65E <sup>-05</sup>
Odpady drewniane, suche (Globalnie)	m <sup>3</sup>	2,29E <sup>-04</sup>
Tarcica, drewno liściaste, surowe (Reszta Świata)	m <sup>3</sup>	1,42E <sup>-04</sup>
Tarcica, drewno liściaste, surowe i suszone (u=10%) (Europa)	m <sup>3</sup>	2,51E <sup>-04</sup>
Tarcica, listwa, drewno liściaste, surowe i suszone (u=10%) (Globalnie)	m <sup>3</sup>	2,51E <sup>-04</sup>
Żwir, okrągły (Szwajcaria)	kg	2,46E <sup>-08</sup>
Żwir, okrągły, rynek uśredniony	kg	3,20E <sup>-08</sup>
Piasek, żwir, kamienie (Europa)	kg	2,26E <sup>-09</sup>
Piasek Sand (Szwajcaria) uwzględniając eksploatację kamieniołomu (Szwajcaria)	kg	2,46E <sup>-08</sup>
Piasek (Globalnie)	kg	4,44E <sup>-08</sup>
Piasek kwarcowy (Niemcy)	kg	4,89E <sup>-08</sup>
Piasek kwarcowy (Globalnie)	kg	6,94E <sup>-08</sup>
Piasek 0/2 mm, suchy i mokry, niesuszony w zakładzie	kg	7,31E <sup>-11</sup>

# MATERIAŁY BUDOWLANE

Tabela 2. Wskaźniki obciążenia środowiska naturalnego związane z wykorzystaniem 1 jednostki (w zależności od typu) materiału budowlanego

Materiał	Jednostka [j]	Abiotic depletion kg Sb <sub>eq</sub> /j
Żwir, kruszony (Szwajcaria)	kg	9,97E <sup>-08</sup>
Żwir, kruszony, (Reszta Świata)	kg	1,13E <sup>-07</sup>
Żwir 2/32 mm, mokry i suchy, mix produkcyjny, w zakładzie niesuszony	kg	9,44E <sup>-11</sup>
Cegła gliniana (Globalnie)	kg	7,52E <sup>-07</sup>
Tynk gliniany (Globalnie)	kg	2,86E <sup>-07</sup>
Cegła łupkowa (Globalnie)	kg	4,22E <sup>-07</sup>
Cegły (Europa)	kg	1,13E <sup>-07</sup>
Cegła z gliny jasnej (Globalnie)	kg	6,92E <sup>-07</sup>

Materiał	Jednostka [j]	Abiotic depletion kg Sb <sub>eq</sub> /j
Cegła wapienno-piaskowa (Globalnie)	kg	3,43E <sup>-07</sup>
Tynk bazowy (Globalnie)	kg	1,56E <sup>-07</sup>
Posadzka z tynku cementowego (Globalnie)	kg	2,94E <sup>-07</sup>
Tynk kryjący, mineralny (Szwajcaria)	kg	1,01E <sup>-07</sup>
Płyta kartonowo-gipsowa (Globalnie)	kg	4,29E <sup>-07</sup>
Tynk termiczny, zewnętrzny (Globalnie)	kg	4,00E <sup>-07</sup>
Krzemian wapnia, bloki i pierwiastki, produkcja mix, gęstość 1400 to 2000 kg/m <sup>3</sup>	kg	5,79E <sup>-09</sup>
Szkło, wełna mineralna, ceramika (Europa)	kg	2,97E <sup>-07</sup>



# ELEMENTY KONSTRUKCJI BUDYNKÓW

Tabela 3. Wskaźniki obciążenia środowiska naturalnego związane z wykorzystaniem różnych elementów konstrukcji budowlanych i elementów budynku

Materiał	Jednostka [j]	Abiotic depletion kg Sb <sub>eq</sub> /j
Dachówka (Globalnie)	kg	7,59E <sup>-07</sup>
Drzwi wewnętrzne, szkło-drewno (Globalnie)	m <sup>2</sup>	7,80E <sup>-04</sup>
Drzwi zewnętrzne, drewno (Globalnie)	m <sup>2</sup>	7,08E <sup>-04</sup>
Drzwi zewnętrzne, aluminium (Globalnie)	m <sup>2</sup>	1,11E <sup>-02</sup>
Drzwi zewnętrzne, drewno-szkło (Globalnie)	m <sup>2</sup>	1,09E <sup>-02</sup>
E-szkło, odporne na korozję i elektryczne bodźce zewnętrzne	kg	0,00E <sup>+00</sup>
Szkło płaskie, powlekane	kg	6,05E <sup>-06</sup>
Płyta kartonowo-gipsowa, typ standardowy, 0.5 inch (12.7 mm)	m <sup>2</sup>	8,29E <sup>-08</sup>
Płyta kartonowo-gipsowa, typ X, 0.625 inch (15.875 mm)	m <sup>2</sup>	1,42E <sup>-07</sup>
Panel metalowy, izolowany	m <sup>2</sup>	2,48E <sup>-08</sup>
Listwa PMMA	kg	6,38E <sup>-06</sup>
Płyta PMMA	kg	6,11E <sup>-06</sup>
Granulat poliwęglanowy (PC)/EU-25	kg	1,77E <sup>-08</sup>
Płyta z pianki poliuretanowej (Globalnie)	kg	9,49E <sup>-07</sup>
Jednowarstwowa, biała membrana dachowa PVC wzmocniona poliestrem, 48 tysięcy (1.219 mm)/m <sup>2</sup> /RNA	m <sup>2</sup>	2,05E <sup>-06</sup>

Materiał	Jednostka [j]	Abiotic depletion kg Sb <sub>eq</sub> /j
Centrala wentylacyjna, 1 x 720 m <sup>3</sup> /h, kanały stalowe, z rurowym wymiennikiem ciepła (Globalnie)	p	2,94E <sup>+00</sup>
Rama okienna aluminium, U=1.6 W/m <sup>2</sup> K (Globalnie)	m <sup>2</sup>	1,29E <sup>-02</sup>
Rama okienna PVC, U=1.6 W/m <sup>2</sup> K (Globalnie)	m <sup>2</sup>	1,69E <sup>-02</sup>
Jednowarstwowa, biała membrana dachowa PVC wzmocniona poliestrem, 48 mils (1,219 mm)/m <sup>2</sup>	m <sup>2</sup>	2,05E <sup>-06</sup>
Garaż, drewniany, nieocieplony, ognioodporny (Globalnie)	m <sup>2</sup>	7,34E <sup>-03</sup>
Budynek, hala, drewniana konstrukcja budowlana (Globalnie)	m <sup>2</sup>	2,86E <sup>-02</sup>
Budynek, hala, stalowa konstrukcja budowlana (Globalnie)	m <sup>2</sup>	2,60E <sup>-02</sup>
Budynek, hala, stalowa konstrukcja budowlana (Szwajcaria)	m <sup>2</sup>	2,59E <sup>-02</sup>
Budynek wielokondygnacyjny (Globalnie)	m <sup>3</sup>	1,85E <sup>-02</sup>
Rura ze stali chromowej (Globalnie)	kg	1,28E <sup>-04</sup>

# MATERIAŁY PODSTAWOWE

Surowiec	Jednostka [j]	Abiotic depletion kg Sb <sub>eq</sub> /j
Granulat PLA (poliaktyl) (Globalny)	kg	8,75E <sup>-06</sup>
Guma syntetyczna (Globalny)	kg	8,66E <sup>-05</sup>
Poużytkowany granulat z recyklingu z PET	kg	0,00E <sup>+00</sup>
Poużytkowany granulat z recyklingu z HDPE /RNA	kg	0,00E <sup>+00</sup>
Polistyren, odporny na uderzenia, z dodatkiem żywicy	kg	0,00E <sup>+00</sup>
Granulat z polipropylenu PP	kg	1,01E <sup>-07</sup>
Płyta PMMA	kg	6,11E <sup>-06</sup>
Nylon 66 granulat	kg	2,80E <sup>-06</sup>
Pianka poliuretanowa	kg	8,60E <sup>-07</sup>

Surowiec	Jednostka [j]	Abiotic depletion kg Sb <sub>eq</sub> /j
Woda, ultraczysta (Globalnie)	kg	1,05E <sup>-07</sup>
Woda demineralizowana (Globalnie)	kg	4,53E <sup>-11</sup>
Stop aluminium, AlMg3 (Globalnie)	kg	4,92E <sup>-04</sup>
Stop aluminium, AlLi (Globalnie)	kg	1,63E <sup>-03</sup>
Stal nierdzewna (Globalnie)	kg	1,77E <sup>-04</sup>
Stalowy pręt zbrojeniowy	kg	8,21E <sup>-07</sup>
Wzbogacona ruda żelaza, 65% Fe (Globalnie)	kg	1,48E <sup>-07</sup>
Ferryt (Globalnie)	kg	4,04E <sup>-06</sup>
Blacha ołowiana, mix technologia i produkcja, rynek wtórny (Globalnie)	kg	2,32E <sup>-04</sup>

# MATERIAŁY PODSTAWOWE

Surowiec	Jednostka [j]	Abiotic depletion kg Sb <sub>eq</sub> /j
Blacha miedziana, mix technologia i produkcja, grubość 0,6 mm, EU-15	kg	3,75E <sup>-05</sup>
Aluminium, wtórne, odlewane w kształcie	kg	1,82E <sup>-07</sup>
Aluminium, rynek wtórny, walcowane	kg	1,85E <sup>-07</sup>
Aluminium, rynek wtórny, wlewki, z puszek po napojach	kg	0,00E <sup>+00</sup>
Aluminium, rynek wtórny, ekstrudowane	kg	1,85E <sup>-07</sup>
Aluminium, rynek wtórny, wlewki	kg	0,00E <sup>+00</sup>
Aluminium, rynek pierwotny, wlewki	kg	2,78E <sup>-06</sup>
Blacha aluminiowa rynek pierwotny, blacha aluminiowa półfabrykat	kg	1,86E <sup>-07</sup>
Profil aluminiowy wytłaczany z rynku pierwotnego, półfabrykat aluminiowy ekstrudowane	kg	1,43E <sup>-07</sup>
Tytan rynek pierwotny, potrójny przetop, *Globalnie)	kg	3,35E <sup>-05</sup>
Nickel, 99.5% (Globalnie)  market for   APOS, U	kg	9,05E <sup>-04</sup>
Miedź, blister miedziany (Globalnie)	kg	1,88E <sup>-03</sup>
Tellurkowa miedź	kg	8,13E <sup>-04</sup>
Miedź rynek pierwotny	kg	1,85E <sup>-03</sup>

Surowiec	Jednostka [j]	Abiotic depletion kg Sb <sub>eq</sub> /j
Blacha stalowa ocynkowana	kg	1,06E <sup>-09</sup>
Stal zbrojeniowa (Globalnie)	kg	1,02E <sup>-05</sup>
Stal zbrojeniowa (Europa)	kg	1,01E <sup>-05</sup>
Stal zbrojeniowa (Reszta Świata)	m <sup>2</sup>	1,01E <sup>-05</sup>
Stal walcowana na zimno (Europa)	m <sup>3</sup>	6,89E <sup>-07</sup>
Stal ocynkowana (Europa)	kg	6,11E <sup>-06</sup>
Blacha stalowa (Europa)	kg	1,39E <sup>-06</sup>
Walcówka stalowa (zbrojenie (Europa)	kg	5,39E <sup>-08</sup>
Stal chromowana 18/8 (Globalnie)	kg	1,24E <sup>-04</sup>
Stal chromowana, konwenter 18/8 (Reszta Świata)	kg	1,23E <sup>-04</sup>
Stal chromowana, zastosowanie w elektryce 18/8 (Europa)	kg	1,25E <sup>-04</sup>
Stal niskostopowa, walcowana na gorąco (Globalnie)	kg	2,38E <sup>-05</sup>
Stal nierdzewna 304	kg	1,08E <sup>-04</sup>
Stal, niestopowa (Globalnie)	kg	1,81E <sup>-06</sup>
Blacha ze stali chromowanej, cynowana, 2 mm (Globalnie)	m <sup>2</sup>	2,75E <sup>-03</sup>





# PLGBC

Polskie Stowarzyszenie  
Budownictwa Ekologicznego

POLSKIE STOWARZYSZENIE BUDOWNICTWA EKOLOGICZNEGO  
POLISH GREEN BUILDING COUNCIL - PLGBC

ul. Konarskiego 18C/2-11A  
44-100 Gliwice

biuro@plgbc.org.pl

tel. +48 515 280 575

plgbc.org.pl

Znajdź nas:



Iceland   
Liechtenstein  
Norway grants



Iceland  
Liechtenstein  
Norway grants



# PLGBC

Polskie Stowarzyszenie  
Budownictwa Ekologicznego



Politechnika  
Śląska



GRÆNNI  
BYGGÐ

GREEN BUILDING  
COUNCIL ICELAND