

Aneta BIAŁA*

WPLYW MATERIAŁÓW WTÓRNYCH NA ARCHITEKTURĘ BUDYNKÓW I ICH OCHRONĘ CIEPLNĄ

W obecnych czasach problem nadprodukcji śmieci skłania różne gałęzie gospodarki do szukania rozwiązań w ograniczeniu ich powstania, jak również ich racjonalnego wykorzystania wtórnego. W odpowiedzi na zastany problem zaczęły pojawiać się coraz to nowsze technologie czy materiały, ale zwrócono również uwagę na możliwość wtórnego wykorzystania materiałów z rozbiórek czy recyklingu. Podobne poszukiwania widać też w architekturze, która w myśl idei zrównoważonego rozwoju stara się coraz częściej wykorzystywać materiały z odzysku w formie recyklingu, *upcyclingu*, *earthships movement* i innych. Materiał badawczy przedstawia analizę wybranych przykładów budynków wykorzystujących materiały wtórne. Celem artykułu jest zbadanie, czy wykorzystanie materiałów w różnej formie odzysku ma bezpośredni wpływ na estetykę budynków i jak przekłada się to na ich ochronę cieplną. W podsumowaniu podjęto próbę sformułowania ogólnej oceny nurtów ekspresyjnych i konwencjonalnych wtórnego wykorzystania materiałów w architekturze. Przeprowadzone badania wykazały, iż wykorzystanie w projektowaniu materiałów z recyklingu jest najdogodniejszą formą zarówno pod względem architektonicznym, jak i łatwości w określeniu właściwości cieplnych takich obiektów.

Słowa kluczowe: recykling, *earthships movement*, *upcycling*, materiały wtórne

1. WPROWADZENIE

Współczesna architektura w głównej mierze opiera się na idei zrównoważonego rozwoju, której celem jest minimalizacja zużycia energii, a przede wszystkim racjonalne korzystanie z zasobów środowiska naturalnego z myślą o przyszłych pokoleniach [Goczyńska 2017b]. Projektanci skupiają się głównie na odpowiedniej formie architektonicznej obiektu i wykorzystaniu nowoczesnych technologii wspo-

* Politechnika Poznańska, Wydział Architektury, Instytut Architektury i Planowania Przestrzennego. ORCID: 0000-0002-8967-046X.

magających minimalizację zużycia energii z surowców nieodnawialnych. Należy jednak pamiętać, iż istotnym aspektem jest również odpowiedni dobór materiałów budowlanych. Przemysł budownictwa odpowiedzialny jest za około 40% światowej emisji dwutlenku węgla, a wytwarzanie materiałów budowlanych jest jednym z najbardziej energochłonnych sektorów tego przemysłu [Goczyńska 2017b]. W odpowiedzi na zastany problem zaczęły pojawiać się coraz to nowsze technologie czy materiały, ale również zwrócono uwagę na możliwość wtórnego wykorzystania materiałów z rozbiórek czy recyklingu. Coraz częściej można spotkać inwestycje wykorzystujące materiały wtórne. W budownictwie mieszkalnym wykorzystuje się przede wszystkim cegłę rozbiórkową, ślusarkę okienną, elementy drewniane, tworzywa sztuczne, ale również recyklingowany beton, stal i inne metale [Koźmińska 2013]. Wraz z rozwojem tej dziedziny zaczęto również poszukiwania alternatywnych materiałów. Zmieniło się tym samym podejście do odpadów i zaczęto rozpatrywać je jako tworzywo budulcowe [Koźmińska 2013].

Wzrost zainteresowania społecznego materiałami z odzysku i propagowanie ekologicznych rozwiązań w architekturze coraz częściej skłania projektantów do stosowania takich rozwiązań w budownictwie mieszkaniowym w nurcie konwencjonalnym bądź ekspresyjnym [Świątek, Charytonowicz 2005]. W porównaniu z tradycyjnymi i nowoczesnymi materiałami budowlanymi te pochodzące z odzysku cechują się niższymi kosztami inwestycyjnymi. Wraz z ich rosnącą popularnością na całym świecie należałoby zwrócić uwagę na ich możliwości wpisania się w tkankę miejską, jak również ich parametry cieplne. Wynika to bezpośrednio z konieczności spełnienia odpowiednich wymogów współczynnika U dla przegród zewnętrznych w budownictwie. Materiały tradycyjne jak pustaki ceramiczne czy betonowe mają określone parametry cieplne zdefiniowane przez ich producentów i są powszechnie dostępne. Wykorzystanie niestandardowych materiałów wiąże się zatem z koniecznością dogłębnej analizy tych parametrów. Celem artykułu jest zbadanie, czy stosowanie materiałów pochodzących z recyklingu czy odpadów zapewnia odpowiednią jakość ochrony cieplnej przegród nieodbiegającą od standardowych rozwiązań i czy ma to bezpośredni wpływ na jakość nowoczesnej architektury mieszkalnej.

2. CEL I METODOLOGIA BADAŃ

We współczesnej gospodarce materiałowej coraz większe znaczenie mają surowce wtórne, a w sektorze budownictwa są to głównie metal, drewno, papier, szkło, cegła czy kamień. Coraz lepszy system sortowania odpadów na świecie przyczynił się do znaczącego rozwoju odzysku surowców z odpadów, który w niektórych krajach wynosi nawet 50% [Pietrzyk-Sokulska 2016]. W architekturze tym samym wzrosło zainteresowanie projektantów problematyką recyklingu, co przyczyniło się do powstania wielu ruchów propagujących użycie materiałów wtórnych

jak recycling¹, superużycie², *upcycling*³ czy nurt domów w stylu *earthship movement*. Dodatkowe korzyści z zastosowania takich materiałów otrzymuje się w wielu programach do certyfikacji budynków jak BREAM czy LEED [Yudelson 2009].

Wtórne użycie materiałów budowlanych staje się coraz bardziej powszechne w architekturze. Głównym celem badań była analiza nowych proekologicznych trendów architektonicznych z wykorzystaniem wtórnych materiałów budowlanych i ich możliwości wpisania się w strukturę lokalną, jak również porównanie ich pod względem oceny cieplnej.

Metoda badawcza polega na analizie *desk research* podstawowych cech architektonicznych wybranych budynków wykonanych z recyklingu, *upcyclingu* i *earthship movement*, ich możliwości lokalizacyjnych oraz skonstruowaniu na podstawie dokonanych analiz wniosków. Analizy ochrony cieplnej dokonano na podstawie metody *desk research*, a w przypadku braku danych wykonano uproszczone obliczenia współczynnika U zgodnie z normą *PN-EN ISO 6946:2008. Komponenty budowlane i elementy budynku. Opór cieplny i współczynnik przenikania ciepła. Metoda obliczania*.

2.1. Recycling/upcycling

Jedną z podstawowych form wtórnego wykorzystania materiałów jest recykling. W architekturze coraz częściej wykorzystuje się materiały budowlane pochodzące z rozbiórek, takie jak cegła, ceramika, materiały izolacyjne czy bitumiczne. Materiały te nie determinują formy architektury czy stylu obiektu, lecz wykorzystywane są jako tradycyjny budulec konstrukcyjny lub jako jego dopełnienie. W niektórych przypadkach architektki świadomie wykorzystują materiały w zdegradowanej formie, wydłużając tym samym ich cykl życia i problem utylizacji, co nazywamy *downcyclingiem* [Golański 2011].

Wykorzystanie materiałów z recyklingu jest dogodne dla architektów, ponieważ ich właściwości cieplne są powszechnie znane, a wartości odpowiedzialnego za to współczynnika przewodzenia ciepła λ można znaleźć w kartach producentów czy tabelach materiałowych. Ze względu na to, że są to standardowe materiały, tylko

¹ Dyrektywa Parlamentu Europejskiego i Rady 2008/98/WE z dnia 19.11.2008 r.: „recykling” oznacza jakikolwiek proces odzysku, w ramach którego materiały odpadowe są ponownie przetwarzane w produkty, materiały lub substancje wykorzystywane w pierwotnym celu lub innych celach”).

² „Superużycie jest raczej sposobem kształtowania architektury poprzez ograniczanie przepływów produktów i elementów, których maksymalna wartość dodatnia została zdegradowana [...], a którą należy wykreować na nowo. [...] może być definiowane jako jakikolwiek rodzaj użycia, który ma na celu dalsze wytwarzanie wartości [van Hinte, Peeren, Jongert 2007: 5, 112].

³ „To, czego potrzebujemy, to jest upcycling – gdzie produkty dostają więcej wartości, a nie mniej” [Kay 1994: 11].

ponownie użyte, nie stwarzają one ograniczeń konstrukcyjnych i bez problemu można je wkomponować w strukturę miejską.

Przykładem takiego podejścia jest Willa Enschede w Holandii zaprojektowana przez pracownię 2012Architecten, w której 70% wszystkich materiałów użytych do budowy pochodziło właśnie z wtórnego użycia [Goczyńska 2017a], a do izolacji obiektu projektanci użyli ścinek styropianu pochodzących z sąsiedniego producenta przyczep kempingowych [Artelnative 2023], przez co ochrona cieplna budynku nie odbiega od standardów. Kolejnym przykładem jest projekt 20 domów szeregowych w Kopenhadze pracowni Lendager Group, gdzie do budowy wykorzystano beton pochodzący z budowy miejskiego metra, ponownie przetworzone podwójne szklenie, jak również rozbiórkowe deski podłogowe. Architektura obiektów wyróżnia się prostotą i nowoczesnością. Komponenty z odzysku użyte w niezmienionej i nieprzetworzonej formie są starannie wkomponowane w strukturę budynku bez ich nadmiernego eksponowania.



Rys. 1. Od lewej Willa Welpeloo, Enschede, 2012 Architecten, 2006-2009 [Artelnative 2023], Domy szeregowe w Kopenhadze [DeZeen 2023]



Rys. 2. Od lewej Dom ze starej stodoły [Archinea 2020], dom z recydingu [F5 2022], dom w Żabiej Woli [Muratorplus 2023]

Również polscy architekci coraz częściej wykorzystują w swoich projektach materiały pochodzących z rozbiórek, czego przykładami są dom ze starej stodoły (proj. Wrzeszcz Architekci), dom z recyklingu (proj. MAZM), dom w Żabiej Woli (proj. Piotr Kuczia) i wiele innych. W projektach tych wykorzystano głównie materiały pochodzące z rozbiórki lokalnych obiektów, a architektura obiektów nie ustępuje estetyką realizacjom z najnowocześniejszych materiałów.

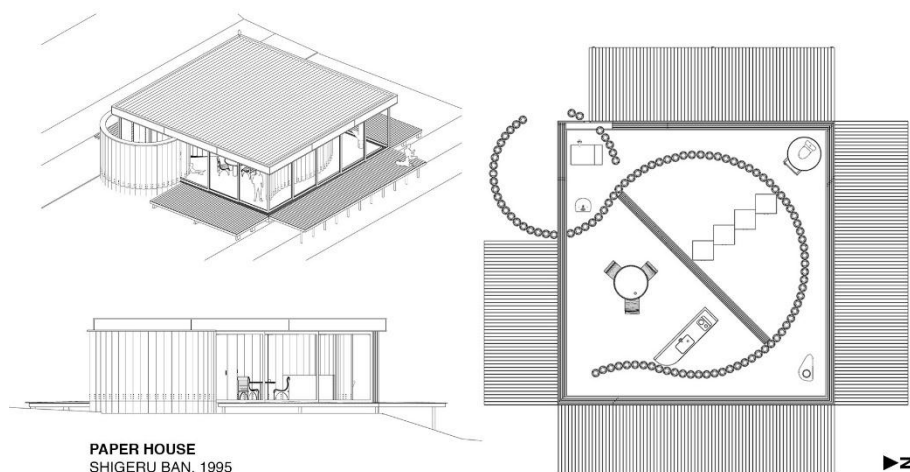
Bardziej zaawansowanym krokiem jest wykorzystanie metody StoneCycling opracowanej przez architektów Ninę Aalbers i Ferry in't Veld, twórców pracowni Architectuur Maken. Jej założeniem jest propagowanie idei zgniatania i prasowania odpadów celem nabrania przez nich kształtu popularnie wykorzystywanej cegły budowlanej. Architekci wykorzystali tę nowatorską metodę przy budowie budynku mieszkalnego w Rotterdamie, który wpisał się w gęstą zabudowę miasta, a materiał dopasowano do sąsiedniej zabudowy. Ze względu na brak odpowiedniej wytrzymałości materiał wykorzystany został jedynie jako forma wykończeniowa budynku.



Rys. 3. Dom w Rotterdamie [Architectuurmaken 2022]

Coraz częściej można spotkać budynki, w których projektanci wykorzystują materiały z recyklingu, które nie są tradycyjnymi materiałami budowlanymi. Jednym z najbardziej popularnych materiałów wtórnych jest makulatura. Zarówno papier, jak i tektura mają dobre właściwości cieplne i należą do dobrych izolatorów. Współczynnik λ dla papieru wynosi $0,25 \text{ W/m}\cdot\text{K}$, natomiast dla tektury $0,14 \text{ W/m}\cdot\text{K}$. Najczęściej wykorzystywane są one do produkcji materiałów biurowych czy piśmienniczych, jednakże coraz częściej można spotkać je jako element architektury budynków [Goczyńska 2017b]. Wykorzystywanie tego typu materiału w architekturze rozpoczął japoński architekt Shigeru Ban w projekcie Paper House [Jakucewicz 2000]. Budy-

nek ten został zaprojektowany ze 110 tekturowych tulei o średnicy 280 mm i grubości ścianki 15 mm oraz wysokości 270 cm, stanowiących konstrukcję nośną budynku [Łątka 2014].



Rys. 4. Paper house [Artstation 2023]

Wykonane przez autorkę badania oporu cieplnego ściany w danym obiekcie pozwoliły określić, iż zaprojektowana ściana z tulei tekturowych charakteryzuje się bardzo złym współczynnikiem przenikania ciepła na poziomie $1,7 \text{ W/m}^2 \text{ K}^4$ w najszerszym jej punkcie, co nie spełnia wymogów i tworzy znaczący mostek cieplny.



Rys. 5. Budynek PH-Z2, [Archirama 2023]

⁴ Obliczenia własne.

Próba poszukiwania rozwiązania na wskazanego problemu jest projekt niemieckich architektów Bena i Daniela Dratzów, którzy opatentowali technologie budowy ścian z papierowych bel o wymiarach $140 \times 110 \times 80$. Każda z nich powstała ze sprasowanych odpadów z supermarketów i waży 500 kg [Goczyńska 2017b]. Technologię wykorzystali w projekcie budynku o nazwie PH-Z2, który powstał na terenie dawnej kopalni Zollverein w Essen, w której użyto 550 papierowych bel.

Współczynnik U ściany wykonanej z papierowych bel o wymiarach określonych przez projektantów według obliczeń wynosi $0,22 \text{ W/m}^2 \text{ K}^5$. Żeby spełniał on aktualne wymagania, szerokość poszczególnej beli powinna zostać zwiększona o 10 cm, co dałoby ostateczne wymiary $140 \times 120 \times 80$. Ze względów wytrzymałościowych projekt zakłada jedynie parterową konstrukcję bez większych obciążeń.

Technologia budowy z tektury wykorzystywana jest również przez holenderską firmę Wikkel house przy systemowej produkcji domów. Składają się one z powtarzalnych elementów o stałych wymiarach wykonanych z 24 warstw tektury jako element nośny i warstw wykończeniowych. Budynki charakteryzują się niską wagą, odpowiednią wytrzymałością i również dobrymi parametrami cieplnymi, pomimo braku tradycyjnej warstwy izolacyjnej. Według deklaracji producenta ściany budynku posiadają współczynnik U na poziomie $0,29 \text{ W/m}^2 \text{ K}$. Zwiększenie ilości warstw tekturowych bądź dodanie drobnej izolacji termicznej pozwoliłoby na spełnienie warunków ochrony cieplnej postawionych dla budynków jednorodzinnych.



Rys. 6. Dom systemowy Wikkel House [Tinyhouse 2018]

Inną formą wykorzystania niestandardowych materiałów jest *upcycling*. Jego ideą jest wtórne użycie materiałów w celu podwyższenia ich wartości lub nadania zupełnie nowego zastosowania [Kozmińska 2013]. W projektach jako główną kon-

⁵ Obliczenia własne.

strukcję obiektu można spotkać kontenery transportowych, a nawet części zezłomowanych samolotów [Skowroński 2015]. W tym wypadku architekci muszą wykazać się większą kreatywnością, aby umiejętnie wydobyć walory kontenerów, jak ich wytrzymałość, mobilność i szybkość budowy przy jednoczesnym zachowaniu odpowiedniej estetyki budynku. Pozytywnym przykładem jest budynek mieszkalny w Nyborg w Danii projektu Lendager Arkitekter. Projektanci wykorzystali dwa kontenery transportowe jako główną konstrukcję nośną obiektu, a żeby zachować odpowiednią ochronę cieplną, zostały one zaizolowane od zewnętrznej strony. Pokrycie dachu i część elewacji obudowano płytami wykonanymi z aluminiowych puszek po napojach lub panelami wykonanymi z granulowanego papieru z recyklingu, co pozwoliło zachować odpowiednią estetykę budynku.



Rys. 7. Dom mieszkalny w Nyborg [Archdaily 2013]



Rys. 8. Od lewej Dom w Cambará do Sul w Brazylii [Archdaily 2019], projekt mobilnego domu pracowni Wierciński-studio [Architekturaibiznes 2023]

Zdecydowanie bardziej dyskusyjna jest estetyka budynków eksponująca konstrukcję z kontenerów, jak w przypadku projektu domu w Cambará do Sul w Brazylii architektów Estúdio Saymon Dall Alba i Mégui Dal Bó Arquiteta czy Container House (proj. Måns Tham Arkitektkontor).

W Polsce kontenery głównie wykorzystywane są w architekturze obiektów tymczasowych na placu budowy czy mobilnych budynków usługowych. Można jednak spotkać kilka takich projektów z oferty domów gotowych. Tutaj na szczególne wyróżnienie zasługuje projekt mobilnego domu pracowni Wiercinski-studio, który mimo zachowania surowości materiału wpisuje się w naturalną okolicę.

Jak wykazały badania, ponowne wykorzystanie materiałów z rozbiórek czy innej formy recyklingu nie determinuje formy obiektu i nie wykazano zależności od ich lokalizacji. Obiekty cechują się uniwersalnością i mogą być wpisane zarówno w historyczną tkankę miasta, jak i architekturę wiejską. Nie wykazują również ograniczeń konstrukcyjnych i cechują się dobrą izolacyjnością cieplną przegród. W przypadku *upcyclingu* kluczową kwestią jest główny materiał budulcowy. Makulatura czy tektura w dość znaczny sposób ograniczają możliwości konstrukcyjne obiektów, pozwalając jedynie na budynki parterowe o dość słabych właściwościach cieplnych. Wykorzystanie kontenerów pozwala swobodnie kreować formę wielokondygnacyjnego obiektu, a przy odpowiedniej izolacji pozwala sprostać wymaganiom ochrony cieplnej. Należy jednak zwrócić uwagę na odpowiednie dopracowanie szczegółów architektonicznych. Ich estetyka bowiem bywa wątpliwa przy nadmiernym eksponowaniu materiału.

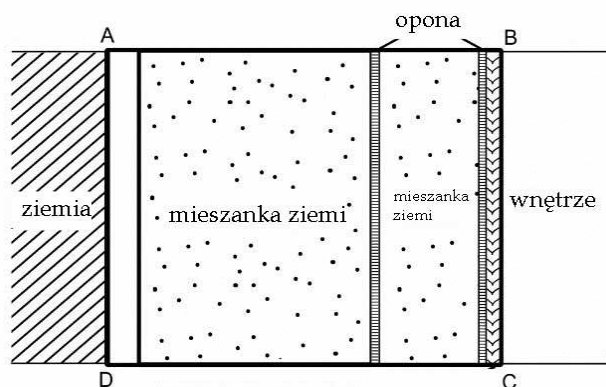
2.2. *Earthship movement*

W 1970 r. Mike Reynolds rozpoczął nurt ekologicznych domów z naturalnych i wtórnych surowców nazwany *earthship movement* [Reynolds 1990]. Założeniem nurtu było nadanie odpadom nowej funkcji bez konieczności ich ponownego przetworzenia. W tym celu jako materiał budulcowy ścian wykorzystuje się głównie zużyte opony samochodowe wypełnione ziemią i uszczelnione innymi materiałami wtórnymi jak puszkami czy butelkami. Budynki *The Earthship* to nie tylko wykorzystanie naturalnych surowców do budowy, lecz również wykorzystanie pasywnych zasad słonecznych i innowacyjnych systemów *off grid*, aby zapewnić pewną autonomiczność obiektu. Wykorzystane materiały mają pełnić funkcję akumulatora energii cieplnej, a nie wyłącznie chronić przed utratą ciepła, jak w przypadku tradycyjnej warstwy izolacji termicznej. Istotną kwestią jest usytuowanie szklanej ściany od strony południowej, ponieważ pełni ona funkcję sezonowego magazynu energii słonecznej [Kuil 2012].

Straty ciepła w takiej zabudowie są ograniczone ze względu na bezpośredni przepływ ciepła do otoczenia wyłącznie od strony południowej. Z trzech stron budynek otoczony jest ziemią, a ze względu na to, że pole temperatury w gruncie

zależy wyłącznie od czynników atmosferycznych, w obliczeniach temperaturę powietrza zewnętrznego powinno się przyjąć jako równą średniej rocznej [Pogorzelski 2002]. Nie jest to jednak wystarczające, aby spełnić wymagane rozporządzeniem⁶ maksymalne współczynniki przenikania ciepła U. Przykładowo dla ściany zewnętrznej budynku w Taos wypełnionej 1600-milimetrową mieszanką ziemi bez uwzględnienia nasypu współczynnik U wynosi 0,613 W/m² K [Freney, Soebarto, Williamson 2013]. Z tego względu wymagana jest również warstwa izolacji termicznej o grubości dostosowanej do warunków klimatycznych.

Przykładem jednego z pierwszych budynków wykonanych w tej technologii jest budynek jednorodzinny Zwolle w Holandii powstały w 2009 r. W tym przypadku do produkcji ścian wykorzystano ponad 1000 zużytych opon wypełnionych mieszanką ziemi i cementu [Kozmińska 2018]. Wraz ze wzrostem popularności takich obiektów pierwsze z nich zaczęły powstawać również w Polsce. Jednym z przykładów jest powstała w 2012 r. niedaleko Pomorza autonomiczna ziemianka czy nowo budowany dom w Wołowie.







Rys. 9. Przekrój przez ścianę osłonową w budynku typu Earthship [Heun, Kruis 2007]

Łącznie przeanalizowano siedem budynków mieszkalnych zlokalizowanych w różnych częściach świata zgodnie z tab. 1. Ze względu na materiały budulcowe, takie jak zużyte opony, szklane butelki itp., estetyka wszystkich analizowanych budynków jest dość charakterystyczna, a niekiedy wątpliwa. Każdy z nich zarówno podłużnym planem obiektu, jak i lokalizacją względem stron świata wpisuje się w główne założenia nurtu. Jak można zauważyć, istnieją pewne ograniczenia konstrukcyjne analizowanych budynków. Każdy z nich bowiem jest konstrukcją parterową o dość ograniczonej możliwości zmian w układzie pomieszczeń. Większość z nich




⁶ Rozporządzenie Ministra Infrastruktury z 12 kwietnia 2002 r. w sprawie warunków technicznych, jakim powinny odpowiadać budynki i ich usytuowanie, z późniejszymi zmianami w 2008 i 2013 r.

zlokalizowana została na terenach wiejskich lub w małych miastach na terenach parkowych w dużej odległości od gęstej zabudowy lub na ich obrzeżach. Jedynie budynek w miejscowości Zwolle w Holandii znajduje się ściśle w tkance miejskiej, lecz na obszernej działce z dużą ilością zieleni, która go otacza.

Tab. 1. Zestawienie analizowanych budynków i ich parametrów
[opracowanie własne]

Lp.	Lokalizacja	Cechy architektoniczne	Zdjęcie
1	Zwolle, Holandia Miasto / 132 433 mieszkań- ców	<ul style="list-style-type: none"> – Budynek parterowy – Lokalizacja na dużej działce z dala od zabudowań w strukturze miejskiej – Układ podłużny rzutu – Okna od strony południowej 	 <p>[Thomas Kloss 2023]</p>
2	Taos, New Mexico Miasto / 6595 mieszkań- ców	<ul style="list-style-type: none"> – Budynek parterowy – Lokalizacja pustynna – Układ podłużny rzutu – Okna od strony południowej 	 <p>[Uniqhotels 2023]</p>
3	Wolów, Polska Wieś / 235 mieszkań- ców	<ul style="list-style-type: none"> – Budynek parterowy – Lokalizacja wiejska – Układ podłużny rzutu – Okna od strony południowej 	 <p>[Przekrój 2021]</p>
4	Mierze- szyn, Polska Wieś / 928 mieszkań- ców	<ul style="list-style-type: none"> – Budynek parterowy – Lokalizacja wiejska – Układ podłużny rzutu – Okna od strony południowej 	 <p>[E-ściany 2019]</p>

Tab. 1. – cd.

Lp.	Lokalizacja	Cechy architektoniczne	Zdjęcie
5	Gamerco, New Mexico Miasto / 1343 mieszkań- ców	<ul style="list-style-type: none"> – Budynek parterowy – Lokalizacja w małym mieście z dala od zabudowań – Układ podłużny rzutu – dwie wolne ściany – Okna od strony południowej 	 <p>[Greenhomesforsale 2023]</p>
6	Brighton, Wielka Brytania Miasto / 229 700 mieszkań- ców	<ul style="list-style-type: none"> – Budynek parterowy – Lokalizacja na przedmieściach dużego miasta na terenie rezerwatu przyrody Stanmer Park – Układ podłużny rzutu – Okna od strony południowej 	 <p>[Brightonpermaculture 2023]</p>
7	Warroch/ Kinross, Szkocja Miasto / 5610 mieszkań- ców	<ul style="list-style-type: none"> – Budynek parterowy – Lokalizacja w okolicy jeziora Loch Leven z dala od zabudowań – Układ podłużny rzutu – Okna od strony południowej 	 <p>[Holidaycottages 2018]</p>

3. PODSUMOWANIE I WNIOSKI

Wykorzystanie materiałów wtórnych w architekturze jest coraz częstszą praktyką wśród projektantów, a estetyka i ochrona cieplna takich obiektów często nie różni się od tradycyjnych rozwiązań. Przeprowadzone badania wykazały, iż wykorzystanie w projektowaniu materiałów z recyklingu jest najdogodniejszą formą zarówno pod względem architektonicznym, jak i łatwości w określeniu właściwości cieplnych takich obiektów. Z ich pomocą architekt może tworzyć nową jakość przestrzenną z poszanowaniem środowiska, respektując tym samym lokalny charakter miejsca. Obiekty z materiałów recyklingowych bez problemu można wpisać w każdą zabudowę. Wykorzystanie *upcyclingu* z kolei wiąże się z koniecznością umiejętnego dopasowania wykorzystanego materiału do charakteru miejsca, co niekiedy może budzić wątpliwości przy zbyt ekstrawaganckim lub nieumiejętnym ekspozowaniu użytego materiału. Budynki tworzone w nurcie *earthships* wykazują największe

ograniczenia zarówno pod względem architektonicznym, jak i właściwości cieplnych. Ich styl jest na tyle oryginalny i wymagający, że nie wpisuje się on w zabytkową tkankę miejską. Obiekty te powstają przeważnie na rozległych działkach z dala od zabudowań.

LITERATURA

- Dyrektywa Parlamentu Europejskiego i Rady 2008/98/WE z dnia 19 listopada 2008 r. w sprawie odpadów oraz uchylająca niektóre dyrektywy.
- Freny M., Soebarto V., Williamson T.J., 2012, *Learning from 'Earthship' based on monitoring and thermal simulation*, Paper presented at The 46th Annual Conference of the Architectural Science Association, Griffith University, Queensland, Australia.
- Freny M., Soebarto V., Williamson T.J., 2013, *Thermal comfort of global model earthship in various european climates*, 13th Conference of International Building Performance Simulation Association, Chambéry, France, August 26-28.
- Goczyńska E., 2017a, *Forma architektoniczna a recykling*, w: *Badania i Rozwój Młodych Naukowców w Polsce*, Architektura i urbanizacja, red. J. Nyćkowiak, J. Leśny, Poznań, s. 24-33.
- Goczyńska E., 2017b, *Recykling w architekturze*, w: *Badania i Rozwój Młodych Naukowców w Polsce*, Architektura i urbanizacja, red. J. Nyćkowiak, J. Leśny, Poznań, s. 14-23.
- Golański M., 2012, *Wybór materiałów budowlanych w kontekście efektywności energetycznej i wpływu środowiskowego*, „Budownictwo i Inżynieria Środowiska”, nr 3, s. 39-53.
- Heun M., Kruis N., 2007, *Analysis of the Performance of Earthship Housing in Various Global Climates*, 10.1115/ES2007-36030.
- van Hinte E., Peeren C., Jongert J., 2007, *OIO Publishers*, Rotterdam, s. 5, 112.
- Jakućewicz S., 2000, „Papierowy Pawilon” na Expo 2000 w Hanowerze, „Przegląd Papierniczy”, r. 56, nr 7, s. 390.
- Kay T., 1994, *Salvo in Germany-Reiner Pilz*, *Salvo Monthly*, 23.09.1994, pp. 11-14.
- Koźmińska U., 2012, *Nowe materiały w architekturze mieszkaniowej: Reutilizacja, recykling, upcykling, cradle-to-cradle – przyszłość czy utopia?*, „Housing Environment”, vol. 11, s. 256-263. <http://kksm.arch.pk.edu.pl/housingenvironment/arch-11-2013-eng.html>.
- Kuil E., 2012, *The sustainability of conventional houses, passive houses and earthships, based on legislation, environmental impact energy and operating energy*, „Default journal”.
- Łątka J., 2014, *ARCHI-TEKTURA. Papier i tektura jako innowacyjny materiał w konstrukcjach architektonicznych*, „Przegląd Papierniczy”, r. 70, nr 12, s. 740-745.
- Pietrzyk-Sokulska E., 2016, *Recykling jako potencjalne źródło pozyskiwania surowców mineralnych z wybranych grup odpadów*, „Zeszyty Naukowe Instytutu Gospodarki Surowcami Mineralnymi i Energią Polskiej Akademii Nauk”, nr 92, s. 141-162.
- PN-EN ISO 6946:2008. Komponenty budowlane i elementy budynku. Opór cieplny i współczynnik przenikania ciepła. Metoda obliczania.
- Pogorzelski J., 2002, *Straty ciepła z budynku przez grunt według PN-EN ISO 13370:2001*, „Prace Instytutu Techniki Budowlanej”, r. 31, nr 3 (123), s. 21-43.

- Reynolds M.E., 1990, *Earthship: how to build your own*, Solar Survival Architecture, New Mexico.
- Rozporządzenie Ministra Infrastruktury z 12 kwietnia 2002 w sprawie warunków technicznych, jakim powinny odpowiadać budynki i ich usytuowanie, z późniejszymi zmianami w 2008 i 2013.
- Skowroński M., 2015, *Rekonsumpcja materiałowa w architekturze*, praca doktorska, Politechnika Wroclawska, Wydział Architektury.
- Świątek L., Charytonowicz J., 2005, *W poszukiwaniu technologii bezodpadowych*, „Recykling”, nr 3, s. 30-31.
- Yudelson J., 2009, *Sustainable retail development: New success strategies*, Springer Science & Business Media, New York.

Źródła internetowe

- Alternative 2023, *VILLA WELPELOO by Superuse Studios*, <http://artelnative.altervista.org/villa-welpeloo-superuse-studios/> (dostęp: 30.11.2023).
- Archdaily 2023, *Upcycle house Lendager arkitekter*, https://www.archdaily.com/458245/upcycle-house-lendager-arkitekter/52abe217e8e44ec9e0000081-upcycle-house-lendager-arkitekter-photo?next_project=no (dostęp: 12.11.2023).
- Archinea, 2020, *Drugie życie cegły, Dom ze starej stodoły*, <https://archinea.pl/drugie-zycie-cegly-dom-ze-starej-stodoly-pracowni-wrzeszcz-architekci/> (dostęp: 6.12.2023).
- Archirama 2023, *Makulatura jako architektura*, https://archirama.muratorplus.pl/architektura/makulatura-jako-architektura-papierhaus,67_266.html (dostęp: 20.11.2023).
- Architectuurmaken 2023, *House in Rotterdam*, <https://architectuurmaken.nl/> (dostęp: 30.11.2023).
- Artstation 2023, *Paper House 3d model*, <https://www.artstation.com/artwork/03GIOE> (dostęp: 30.11.2023).
- Architekturaibiznes 2023, *Mobilny dom Wiercinski-studio*, <https://www.architekturaibiznes.pl/architekci/wiercinski-studio,649.html#lg=1&slide=2> (dostęp: 10.11.2023).
- Brightonpermaculture 2023, *Eco-building*, <https://brightonpermaculture.org.uk/eco-building/earthship-brighton/> (dostęp: 12.11.2023).
- DeZeen 2023, *Lendager Group uses recycled materials to build 20 townhouses in Copenhagen*, <https://www.dezeen.com/2019/04/16/upcycle-studios-townhouses-lendager-group-copenhagen-recycled-materials/> (dostęp: 30.11.2023).
- Izosystem 2023, *Wartości współczynnika Lambada [λ]*, <https://izosystems.pl/content/16-wspolczynniki-lambda> (dostęp: 30.11.2023).
- E-ściany 2019, *Dom przyszłości z odzysku*, <https://e-ściany.pl/dom-przyszlosci-z-odzysku-czyli-earthship-jak-sie-go-buduje-i-ile-kosztuje/ar/c9-16393669> (dostęp: 12.11.2023).
- F5 2022, *Domy z materiałów z odzysku*, <https://www.f5.pl/design/domy-z-materialow-z-odzysku-7-najciekawszych-projektow-z-cyklu-najlepsze-domy-w-polsce> (dostęp: 6.12.2023).
- Greenhomesforsale 2023, *United States New Mexico Gamerco*, https://www.Greenhomesforsale.com/listing/view/united_states_new_mexico_gamerco_87317_20682# (dostęp: 12.11.2023).
- Holidaycottages 2018, *Earth ship*, <https://www.holidaycottages.co.uk/cottage/55935-earthship> (dostęp: 12.11.2023).
- Muratorplus, 2023, *Dom w Żabiej Woli*, <https://architektura.muratorplus.pl/realizacje/dom-w-zabiej-woli-pochwala-recyklingu-aa-i4dL-Cjuh-KwGP.html> (dostęp: 6.12.2023).

- Przekrój 2021, *Earthship ziemianka na trudne czasy*, <https://przekroj.pl/spoleczenstwo/earthship-ziemianka-na-trudne-czasy-aleksandra-kozlowska> (dostęp: 12.11.2023).
- Tinyhouse 2018, *Wikkelhouse*, <http://tinyhouse.pl/wikkelhouse/> (dostęp: 12.11.2023).
- Thomas Kloss 2023, *Earthship zwolle niederland*, <http://thomas-kloss.de/earthship-zwolle-niederland/> (dostęp: 12.11.2023).
- Uniqhotels 2023, *Earthships*, <https://www.uniqhotels.com/earthship> (dostęp: 12.11.2023).

THE IMPACT OF SECONDARY MATERIALS ON THE ARCHITECTURE OF BUILDINGS AND THEIR THERMAL PROTECTION

Summary

Nowadays, the problem of overproduction of waste prompts various branches of the economy to look for solutions to reduce its generation as well as its rational secondary use. In response to the existing problem, newer technologies and materials began to appear, but attention was also paid to the possibility of reusing materials from demolition or recycling. Similar searches can also be seen in architecture, which, in line with the idea of sustainable development, is increasingly trying to use recovered materials in the form of recycling, upcycling, earthships movement and others. The research material presents an analysis of selected examples of buildings using secondary materials. The aim of the article is to investigate whether the use of materials in various forms of recovery has a direct impact on the aesthetics of buildings and how this translates into their thermal protection. The summary attempts to formulate a general assessment of the expressive and conventional trends in the secondary use of materials in architecture. The conducted research has shown that the use of recycled materials in design is the most convenient form both in terms of architecture and in terms of the ease of determining the thermal properties of such objects.

Keywords: the impact of secondary materials on the architecture of buildings and their thermal protection

