

Piotr GRADZIŃSKI¹

CYKL ŻYCIA MATERIAŁU W KSZTAŁTOWANIU ARCHITEKTURY

1. Wprowadzenie

Wytwarzając materiały, człowiek zużywa paliwa kopalne i eksploatuje surowce naturalne, w rezultacie czego wspólny ekosystem zanieczyszczają odpady. W przyrodzie wszystkie organizmy żywe są elementem stabilnego środowiska naturalnego [1]. Na całym świecie ludzie produkują zatrważającą ilość materiałów i podobnych ilości się pozbywają. Ponowne wykorzystanie materiału ma długą tradycję. Nowe obiekty architektoniczne powstające w wyniku ponownego użycia, rekonsumpcji materii/materiałów stają się zasobami strukturalno-materiałowymi w znaczeniu zrównoważonego rozwoju. Istotną zaletą elementów ponownie wykorzystanych jest to, iż nie trzeba wytwarzać ich od podstaw, a jedynie powtórnie je wykorzystać i dostosować do potrzeb, oczekiwań i stylów życia przyszłego użytkownika. Jedną z kluczowych kwestii w ponownym wykorzystywaniu zasobów jest proces projektowy w myśl zasady 3R (*reduce, reuse, recycle*). Rekonsumpcja, recykling materii (*substancji i energii*) istniejących zasobów oraz redukcja rozwiązań wpływają na zmniejszenie zanieczyszczenia środowiska naturalnego we wszystkich fazach cykli życia architektury. Proces projektowy z uwzględnieniem terminów „3R” oraz cykli życia, prowadzi do określenia najważniejszego, czwartego aspektu czwartego „R” – *rethink* – oznaczającego powtórne przemyślenie/przeanalizowanie rozwiązań zakładanych przez interdyscyplinarny zintegrowany zespół projektowy. Wówczas architekt ostatecznie konstruuje oś między ideą architektoniczną a ekologią w harmonijnym układzie budynek–środowisko. Prawidłowe rozwiązania energetyczne, funkcjonalne, materiałowe w przemyślanym procesie projektowym prowadzą do kolejnego pojęcia regeneracji. Według filozofii *regenerative design* materię skonsumowaną należy wyrównać, zrekompensować, przywrócić, odnowić za

¹ Zachodniopomorski Uniwersytet Technologiczny, Wydział Budownictwa i Architektury, Instytut Architektury i Planowania Przestrzennego, Zakład Projektowania Architektonicznego, Żołnierska 50, 71-210 Szczecin, e-mail: pgradzinski@gmail.com

pomocą źródeł energii, materiałów, tworzenia zrównoważonych systemów, które łączą w sobie potrzeby człowieka będąc w symbiozie z naturą. Wszystkie, zarówno poprawne, jak i niepoprawne, rozwiązania projektowe/realizacyjne należy skonfrontować z terminem *resilience*, który zakłada wymianę informacji. Ułatwia ona przewidywanie, podejmowanie prawidłowych decyzji na podstawie wcześniejszych przeżyć, błędów, urazów etc. podobnie jak flora, fauna, kości, skóra, psychika (natura). Holistyczne podejście do procesu projektowego pozwoli zmniejszyć wpływ, jaki wywierają obiekty architektoniczne na środowisko naturalne, w rozumieniu idei zrównoważonego rozwoju (rys. 3.).

2. Środowisko naturalne a architektura

W wynikających z dywergencji pomiędzy architekturą a środowiskiem naturalnych procesach ekologicznego kształtowania architektury dąży się do holistycznych rozwiązań technicznych i technologicznych. W ten sposób dywergencja wprowadza równowagę relacji budynek–środowisko na zasadach zrównoważonego rozwoju.

Ekspansja obiektów architektonicznych, poprzez cykle życia (wznoszenie, użytkowanie, rozbiórkę i dobór materiałów, również zawierających cykl życia), wywiera wpływ na środowisko naturalne. Jest to efekt globalnej działalności człowieka oraz cykli życia materiału (wznoszenie, użytkowanie, rozbiórka i dobór materiałów).

Każdego roku człowiek w ramach działalności zużywa 25% drewna leśnego oraz 40% surowego kamienia, żwiru i piasku.

Budownictwo pochłania 16% światowych zasobów słodkiej wody i 40% energii. W efekcie spalania paliw kopalnych przy produkcji energii elektrycznej wykorzystywanej do zasilania domów i biur wytwarza się natomiast 70% tlenków siarki. Emisja dwutlenku węgla wynosi około 50%, głównie w krajach uprzemysłowionych, co jest wynikiem funkcjonowania budynków [2]. W obiektach użytkowanych wartości sięgają 41% całkowitego zużycia energii i 38% emisji gazów cieplarnianych (USA); wartości dla Europy wynoszą 40% emisji gazów cieplarnianych przeznaczonych na funkcjonowanie budynków. W obszarach miejskich zużywa się ponad 70% energii i emisji globalnego CO₂ [3]. Dokładna skala przedstawiona przez AIA 2030 Challenge w poszczególnych sektorach kształtuje się następująco: architektura komercyjna – 17%, architektura mieszkaniowa – 21%, transport – 27%, przemysł – 35%. Obecne zużycie energii przez architekturę według

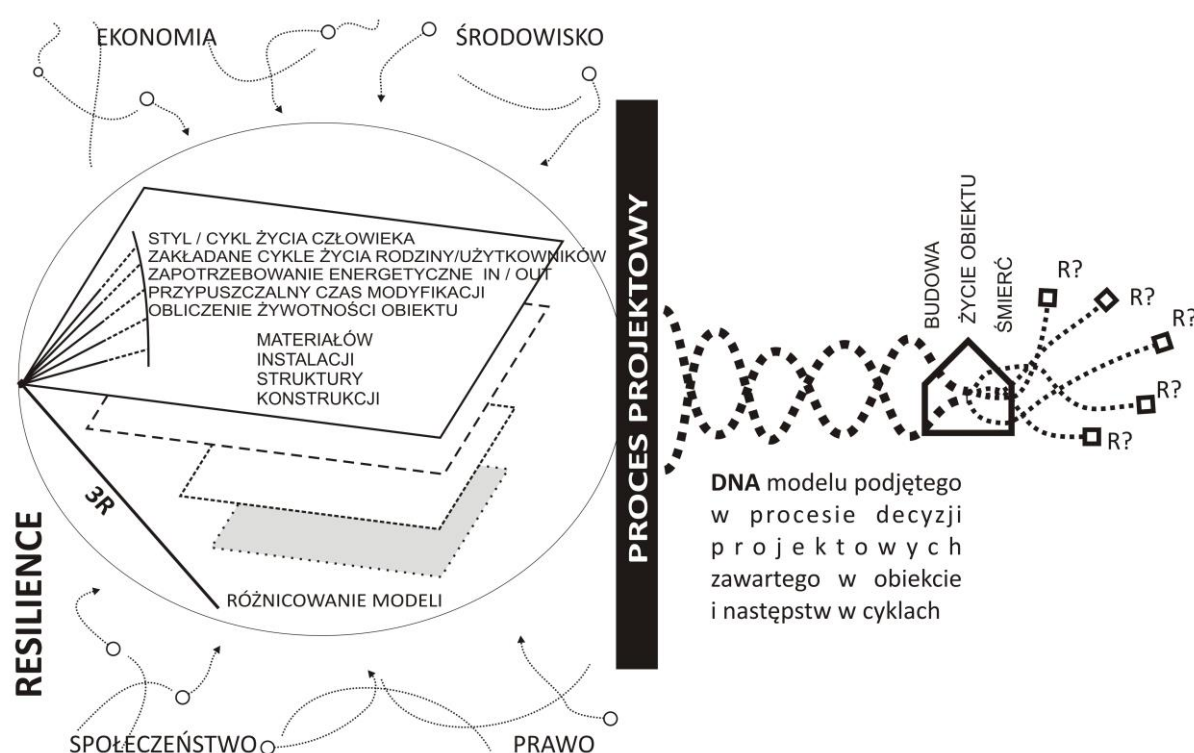
postulatów AIA 2030 wynosi 50%; w kolejnych latach należy doprowadzić do redukcji: 70% (2015), 80% (2020), 90% (2025), aby w roku 2030 wykorzystanie paliw kopalnych sięgnęło zera [4],[5],[6]. Projekt Roadmap 2050 (reprezentowany przez Architecture 2030) przedstawiony na Global Forum w Paryżu w 2014 roku określa, iż aby „osiągnąć w branży budowlanej (mieszkalnej, handlowej etc.) całkowity roczny poziom emisji CO₂ w stosunku do emisji CO₂ z 2015 roku w istniejącym sektorze budowlanym, należy zmierzać do określenia spadku w kolejnych latach: 0% do -15% w roku 2020; -15% do -30% w 2025; -30% do -45% w roku 2030; -45% do -60% w 2035; -60% do -75% w 2040; -75% do -90% w 2045; -90% do zero emisji CO₂ w 2050. Dzięki temu w 2055 roku poziom emisji CO₂ wyniesie całkowite zero. Nowe i remontowane budynki należy klasyfikować w wartościach: 70% w 2016 roku; 80% w roku 2020; 90% w 2025 roku, aby osiągnąć poziom Carbon Neutral w roku 2030. Również produkty/materiały budowlane powinny osiągać następujące poziomy: 35% w 2015 roku; 40% w 2020 roku; 45% w 2025 roku; 50% w 2030 roku” [7].

Z badań nad klimatem przeprowadzonych przez Intergovernmental Panel on Climate Change (IPCC, 2010) wynika, że emisja gazów cieplarnianych z sektora budowlanego (bez udziału rolnictwa, leśnictwa, zagospodarowania terenu) „od 1970 roku wzrosła ponad dwukrotnie, w 2010 roku osiągając 9,18 GtCO₂eq, co stanowi 25% całkowitej emisji i 19% wszystkich globalnych gazów cieplarnianych w 2010 roku. Większość emisji, tj. 6.02Gt, pochodzi pośrednio z zużycia energii elektrycznej w budynkach. Według International Energy Agency (IEA, 2013) w 2010 roku jej zużycie w budynkach mieszkalnych wyniosło 24%, natomiast w budynkach komercyjnych 8%, co daje 32% końcowego zużycia energii. Stąd budynki mieszkalne i komercyjne są jednym z największych odbiorców energii końcowej na świecie. Podsumowując: w obu podsektorach w 2010 roku na ogrzewanie pomieszczeń zużywano 32-34% światowej energii końcowej” [8].

Odpady budowlane i rozbiórkowe (Construction And Demolition Waste - C&DW) w Unii Europejskiej wynoszą około 180 mln ton rocznie, co daje ponad 480 kg na osobę. „W UE-15 ponownie wykorzystane lub poddane recyklingowi zostaje tylko 28%. Pozostałe 72% (w przybliżeniu 130 mln ton rocznie) jest składowane na wysypiskach. Każdego roku odpady zalegają o 10 m wyżej niż w roku poprzednim na powierzchni mniej więcej 13 km²” [9].

3. Element materii w procesie projektowym

Zapisem materii kształtów, mechanizmów, procesów i cykli życia jest DNA, które tworzy różnorodne twory z zachowaniem personalizacji. Spektrum wariantów w procesie projektowym prowadzi do projektu architektonicznego, a następnie do realizacji [10]. Proces projektowania architektury uwzględniający algorytm zapisu materii, która jest połączeniem substancji i energii w cyklu życia obiektu kodu projektowego, staje się elastyczny, a w efekcie zdolny, by się ulepszać. W ten sposób zbliża się do teoretycznie nieosiągalnej doskonałości, podobnie jak otaczający nas „świat jest doskonały przez swą niedoskonałość (łac. perfectus propter imperfectionem)”. DNA wybranego modelu podjętego na etapie decyzji projektowych jest zawarte w następstwach, jakie ujawniają się w cyklach życiowych obiektu (Rys. 1).



Rys. 1. Proponowany model określenia DNA obiektu

Fig. 1. Proposed model determined of the object DNA

Źródło: Opracowanie własne

Ocenę tego, jak prezentuje się dana forma (jej właściwości i materia), utrudnia cielesna obecność decyzji, która została zamknięta w przedmiocie. Przedmiotem w tym rozumieniu staje się obiekt/budynek, którego architektura została zamknięta

w procesie projektowym. Stąd porównanie właściwości i materii formy do DNA, które jest rzeczywiście biologicznym zapisem, dzięki któremu powstają różnorodne twory.

Procesem projektowym uwzględniającym element ponownie wykorzystanej materii, jest m.in. *design for deconstruction* [11] oraz *adaptive reuse* [12]. *Design for deconstruction*, czyli projektowanie dla rozbiórki, już w trakcie tworzenia koncepcji zakłada etapy i cykle życia budynku, element rozbiórki, określając tym samym rangę materiałów do ponownego wykorzystania. *Adaptive reuse* – adaptacyjne wykorzystanie – zakłada ponowne użycie istniejących obiektów, starych struktur do nowych celów oraz podnoszenie wydajności, które ma istotny wpływ na zrównoważony rozwój środowiska zbudowanego [13]. Z ekonomicznego punktu widzenia powtórne użycie produktów/materiałów/obiektów jest tańsze i szybsze niż produkcja bądź budowa nowych, pod warunkiem, że zostaną one uwzględnione w całym cyklu życia budynku. Brak sprzężonych baz danych (*resilience*) prowokuje do zachowania ostrożności podczas projektowania czy w ogóle do zaniechania pomysłu, by posłużyć się odzyskaną materią. Należy koniecznie określić dostępność tej materii na lokalnym rynku oraz zorientować się w możliwościach jej adaptacji do określonych celów [14].

3.1. Wieloaspektowość materiału

W tradycyjnych rozwiązaniach procesu produkcji materiałów także wykorzystuje się zasoby naturalne. Zużycie energii do produkcji materiałów budowlanych jest mocno powiązane z emisją dwutlenku węgla. Według badań Commonwealth Scientific and Industrial Research Organization (CSIRO) energia wbudowana (*embodied energy*) w materiałach zastosowanych do budowy przeciętnego gospodarstwa domowego odpowiada za mniej więcej 15 lat zużycia energii użytkowej w zakresie ogrzewania, chłodzenia, wentylacji, oświetlenia, wyposażenia i urządzeń [15].

Australian Greenhouse Office opracowało wytyczne, dzięki którym można by zmniejszyć ilość energii wbudowanej. Są to: „projekty o długiej żywotności i zdolności do adaptacji, przy użyciu wytrzymałych materiałów o niskiej konserwacji; zapewnienie materiałów, które mogą zostać łatwo oddzielone; budowanie tyłu budynków, na ile jest zapotrzebowanie, nic ponadto (pozwoli to zaoszczędzić materiały); w miarę możliwości modyfikacja lub remont budynku zamiast wyburzania lub przebudowywania; pozyskiwanie materiałów z rozbiórek i odpadów budowlanych, ponownie wykorzystanych lub poddanych recyklingowi; korzystanie z lokalnych

materiałów, w tym materiałów odzyskanych na miejscu, celem zmniejszenia kosztów transportu; wybór materiałów z niskich współczynnikami energetycznym; maksymalne wykorzystanie dostępnych materiałów, aby uniknąć marnotrawstwa; wybór materiałów, które mogą zostać ponownie wykorzystane lub poddane łatwemu recyklingowi pod koniec ich życia; wybór materiałów produkowanych z wykorzystaniem odnawialnych źródeł energii; zdobywanie informacji od dostawców na temat produktu i dzielenie się tymi informacjami; zwracanie uwagi na jakość materiałów wykończeniowych, np. farby (często wysoki poziom marnotrawstwa energii przy produkcji)” [22].

Dlatego tak ważny jest świadomy dobór materiałów, które w trakcie czy po zakończeniu użytkowania budynku zostaną poddane recyklingowi, ponownemu użyciu oraz/lub składowaniu na wysypisku? Świadomość takiej kolejności zdarzeń jest ważna z punktu widzenia ekologii i ma wielkie znaczenie dla zrównoważonego rozwoju.

Ilość surowców zużytych do produkcji materiałów na terenie USA wzrosła z 161 mln ton w 1900 roku do 2,8 mld ton w 1995 roku. Materiały budowlane stanowią około 75% spośród zużywających energię, a jedynie 8% z nich zostało uznane za odnawialne [16].

Aby określić wpływ materiałów używanych do powstawania obiektu architektonicznego na środowisko, należy prześledzić cykl ich życia: od pozyskania i przetwarzania surowców poprzez proces produkcji > dystrybucję i transport > budowę obiektu > użytkowanie obiektu (przytoczone powyżej) aż do rozbiórki obiektu i ponownego użycia – recyklingu – odpadów rozbiórkowych czy składowania na wysypisku analizowanych materiałów.

Metoda takiej oceny, czyli life cycle assessment (LCA), pozwala oszacować wszelkiego rodzaju oddziaływanie materiału na środowisko i jego zasoby. Badanie z wykorzystaniem metody LCA przeprowadza się w czterech krokach określonych przez Międzynarodową Organizację ds. Standaryzacji ISO (International Standard Organization) w PN-EN ISO 14040 oraz PN-EN ISO 14041.

Krok pierwszy polega na określeniu celu i zakresu badań. Krok drugi to inwentaryzacja zbioru istotnych wejść i wyjść w systemie wyrobu. Podczas kroku trzeciego dokonuje się oceny potencjalnego wpływu materiału na środowisko, związanego z wejściami i wyjściami systemu. W kroku czwartym interpretuje się rezultaty analizy zbioru oraz poszczególne fazy oceny w odniesieniu do celu badań.

Aby spełnić wymagania nowego procesu projektowego dla innowacyjnych technik budowlanych, konieczne jest włączenie metod (metody jakościowe, ilościowe, ilościowe) i analiz life cycle (cykl życia). Użycie wymienionych metod obniża koszty

w cyklu eksploatacji obiektu oraz ma wpływ na środowisko w procesie produkcji materiałów; jest również niezwykle istotnym elementem informacyjnym w procesie projektowym [17].

Cykle życiowe potrzebne są do określenia algorytmów przydatności produktu/obiektu i wpływu, jaki wywierają one na środowisko naturalne w łańcuchu egzystencji. Zmienność–elastyczność obecna w cyklu życia struktury architektonicznej, rozumianej, jako projektowanie żywotności części składowych obiektu, można określić w następujący sposób: „struktura nośna > 80 lat, ściany zewnętrzne i wewnętrzne > 40 lat, tynki i wystrój zewnętrzny > 15 lat, wyposażenie techniczne, instalacje sanitarne > 10 lat, wyposażenie telekomunikacyjne i informatyczne > 5 lat” [18]. Jeżeli w początkowej fazie życia poszczególne elementy zostaną źle zaprojektowane, to na przestrzeni wielu lat funkcjonowania ich żywotność zostanie zachwiana. Dlatego tak ważne jest określenie docelowej żywotności obiektu, a tym samym żywotności użytych materiałów.

Destrukcja obiektów rodzi pytanie, co dzieje się z odpadami po rozbiórce (po życiu) obiektów. Brak informacji, danych i projektu z uwzględnieniem drugiego życia materiałów uniemożliwia określenie ich pełnego cyklu życiowego, który jest istotny również dla znaczenia energii wbudowanej [19].

W doborze materiałów budowlanych ważne jest znaczenie energii wbudowanej (embodied energy) oraz wcielonego węgla (embodied carbon), mają one, bowiem wpływ na ekologiczny charakter wytworzonego produktu. W oszacowaniu ilości energii potrzebnej do wytworzenia materiału takiego, jak choćby drewno, uwzględnia się: wydobycie surowców – 61% > produkcję – 10% > transport – 2%, co daje 73% embodied carbon; dalej użytkowanie i konserwację – 22% > zarządzanie i koniec życia – 5% > ... koniec cyklu lub powtórne wykorzystanie (Architecture 2030, 2011). Wartości te ukazują cykl życia i ilość wcielonego węgla w różnych sektorach. Znaczenie energii wbudowanej zostało określone w badaniach Cambridge Engineering Selector, Granta Design Ltd, UK oraz Centre for Building Performance Research. Przybliżone dane zamieszczono w Table of Embodied Energy Coefficients. Wynikają z nich następujące wartości: kruszywo 0,1MJ/kg, 150MJ/m³; cement 7,8MJ/kg, 15210MJ/m³; beton (30Mpa) 1,31MJ/kg, 2180MJ/m³; beton (GRC) 7,61MJ/kg, 14820MJ/m³; tarcica 2,5 MJ/kg, 1380MJ/m³; płyta wiórowa 8,0MJ/kg, 4400MJ/m³; stal 32,0MJ/kg, 251200MJ/m³; cegła zwykła 2,5MJ/kg, 5170MJ/m³; kamień lokalny 0,79 MJ/kg, 2030 MJ/m³; płyty gipsowe 6,1MJ/kg, 5890MJ/m³; wełna mineralna 14,6MJ/kg, 139MJ/m³ [20].

Badania nad wartością energii wbudowanej w istniejących zasobach budowlanych prowadziły Szwecja, Niemcy oraz Dania. Badania te poprzez inwentaryzację zasobów budowlanych miały określić potencjalne ponowne wykorzystanie materiałów użytych w strukturach badanych obiektów. W trakcie inwentaryzacji wykorzystywano różnego rodzaju wskaźniki: użycia materiału (kg/m²/rok), % recyklingu, energii wbudowanej czy wytworzonego dwutlenku węgla.

4. Analiza przypadków z powtórным wykorzystaniem materiałów

Proces projektowy uwzględniający drugie życie materiałów pozwala kształtować architekturę w skali sztuki budowlanej, która uzyskuje niepowtarzalne i równie swobodne formy architektoniczne. Ekologiczny charakter oraz cykl życiowy materiałów zawartych w budynkach to kwestia podstawowa w ekologicznym procesie projektowania architektonicznego.

Przykładem realizacji ponownie użytych produktów i materiałów są budynki mieszkalne Udden Project oraz Nya Udden Project w Szwecji. Budynki mieszkalne w Finspång zostały rozebrane, a następnie przeniesione i wzniesione ponownie w Linköping (tym samym uzupełniły niedobór mieszkaniowy). Materiały z dekonstrukcji połączono przy budowie nowych/starych obiektów w latach 1996-1999. W Udden Project ponownie wykorzystano następujące materiały i produkty: elementy ścienne betonowe 73 szt.; zlewozmywaki 12 szt.; belki betonowe 41 szt.; zawory rurociągowy 39 szt.; fundament betonowy 30 m², sanitarne wyroby 46 szt.; drzwi 45 szt.; kaloryfery 63 m²; okna 89 szt.; cegły gliniane 220 m²; podłogi drewniane 600 m²; parapety 26 szt.; szafki kuchenne 92 szt.; izolacja z wełny mineralnej 236 m³; szafy 78 szt.; izolacja mineralna 636 m². W niewiele różnym – ze względu na wybudowany wcześniej z prefabrykatów betonowych – Nya Udden Project liczba elementów ponownie wykorzystanych kształtowała się następująco: betonowe ściany działowe 138 szt.; betonowe elementy ścian zewnętrznych 72 szt.; betonowe belki 224 szt.; betonowe schody 8 szt.; balustrady metalowe 16 szt.; okna 34 szt.; parapety okienne 100 szt. [21].

Superuse Studios, pracownia projektowa 2012Architekten z Holandii, promuje architekturę z recyklingu zarówno w swych poszukiwaniach, jak i projektach. Rezultatem jej działań jest m.in. Villa Welpeloo zbudowana w 60% z odzyskanych materiałów. Główna konstrukcja budynku została wzniesiona z profili stalowych, z materiału odzyskanego z maszyny do produkcji wyrobów włókienniczych

(regionalna maszyna). Fasadę willi pokryto drewnem ze szpuli kabli bębnowych, które nie nadawały się do dalszego pierwotnego użytkowania. Dzięki docieklivości Superuse Studios powstała także platforma internetowa z dostępnymi materiałami (oogstkaart.nl), umożliwiająca przeszukiwanie zasobów i odnajdywanie potrzebnych materiałów.

Amerykańska pracownia SINGLEspeedDESIGN do wzniesienia domu Big Dig House (2006 r.) użyła materiałów pochodzących z rozbiórki bostońskiej centralnej arterii komunikacyjnej Interstate 93 (BigDig); umożliwiła także realizację pomysłu na Big Dig Building (2005 r.). Koncepcja ta zakłada wykorzystywanie systemów prefabrykowanych oraz różnej typologii zabudowy (od niskiej do wysokiej gęstości) utworzonej z tych samych uratowanych materiałów infrastruktury arterii.

Adam Kalkin czy Erick Reynolds wykorzystują do projektów gotowe i już istniejące elementy w postaci dowolnej wielkości i liczby kontenerów morskich. W przypadku budowy domów jednorodzinnych w koncepcji Quick Build Adam Kalkin zakłada czas od początku do końca nieprzekraczający trzech miesięcy. Przykładem tego jest m.in. Quick House, w 75% wagowych zbudowany z materiałów z recyklingu; zastosowano w nim także zielone opcje odnawialnych źródeł energii oraz izolacje systemu R-50.

W latach 2001 i 2002 Erick Reynolds wznosił obiekty o powierzchni 4 800 m² i 8 208 m² (położone w Trinity Buoy Wharf, Docklands, Londyn, Container City I, II). Utworzono je z materiałów pochodzących w 80% z recyklingu.

Innym przykładem dążenia do wykorzystania ekologicznego materiału budowlanego, jest projekt Pawilonu Japońskiego na międzynarodowej wystawie EXPO 2000 w Hanowerze (arch. Shigeru Ban). Strukturą nośną podtrzymującą dach były papierowe tuby o średnicy 120 mm. Sam dach natomiast wykonano ze specjalnie wyprodukowanego, wodoodpornego i przepuszczającego światło papieru, wzmocnionego przezroczystą membraną PVC, dzięki czemu w przyszłości będzie go można poddać recyklingowi.

Przytaczając przykłady realizacji z międzynarodowych wystaw EXPO, warto wspomnieć o Pawilonie Brytyjskim (arch. Nicholas Grimshaw; 1992 r.), Pawilonie Szwajcarskim (arch. Peter Zumthor; 2000 r.) oraz cyklu życia Pawilonu Chrystusa, (GMP Architects; budynek został rozebrany i ponownie złożony w innym miejscu). Projekty te opierały się na zasadach *design for deconstruction*. Zawierały wbudowany scenariusz od koncepcji aż po rozbiórkę, ograniczając dzięki temu ilości odpadów budowlanych.

Realizację *adaptive reuse* przedstawiają budynki Tate Modern (2000 r.) oraz Elbphilharmonie Hamburg (2014 r.) Herzog & de Meuron, w których w zastaną starą strukturę (główniej hali elektrowni Bankside Power Station – Tate Modern oraz starego portowego magazynu kakao – Elbphilharmonie) przekształcono w funkcje szlachetne budynków użyteczności publicznej. Trend *adaptive reuse* oraz możliwości regeneracji i rewitalizacji obszarów zdegradowanych obrazują liczne adaptowane i rewitalizowane budynki na całym świecie: Kwartal Turzyński – Szczecin, StudioA4; Docklands, Londyn; MASS MoCA, Massachusetts USA, etc.

Do powtórnego wykorzystania materiałów, odpadów, śmieci (opon, butelek, puszek) oraz materiałów lokalnych (ziemi, drewna itd.) dochodzi także w realizacjach Earthship architekta Michaela Reynoldsa. Domy z początku budowane na terenach pustynnych (Nowy Meksyk) doczekały się realizacji w Wielkiej Brytanii oraz Polsce. Podstawową zasadą, jaką kieruje się Reynolds w doborze materiałów, jest ich ogólna samowystarczalność poprzez odpowiednią orientację obiektu w stosunku do stron świata oraz dostosowując do warunków panujących w danej strefie klimatycznej), stosowanie systemów biernych i czynnych (ściany trombe'a, ogniwa fotowoltaiczne, turbiny wiatrowe, odzysk i filtracja wody itd.) oraz niski koszt budowy (wynikający z użytych materiałów).

Przytoczone przykłady dowodzą, że architekci dostrzegają wiele możliwości ekologicznego wykorzystania półgotowych elementów w budowie obiektów architektonicznych (Rys. 2.a).

5. Implikacja znaczenia materii/materiałów w procesie projektowym

Zrealizowane przez autora warsztaty studenckie w terminie 21-28.11.2014 r. w RISEBA, FAD² na Łotwie były próbą implikacji metody projektowej z uwzględnieniem podejścia holistycznego. Postawiony problem projektowy zakładał przebudowę zespołu obiektów z wyznaczeniem ekologicznego charakteru zmian. Podczas tygodniowej pracy studenci przeanalizowali obiekty w oprogramowaniu CAD (Autodesk: REVIT oraz Ecotect), uzyskując informację na temat istniejącego obiektu/zasobu (zużycia energii, zacieniania, nasłonecznienia, strat i zysków pasywnych itd.), oraz zastosowali rozwiązania proekologiczne z uwzględnieniem odnawialnych źródeł energii, czynnych i biernych systemów pasywnych, podwójnych

² Riga International School of Economics and Business Administration, Faculty of Architecture and Design.

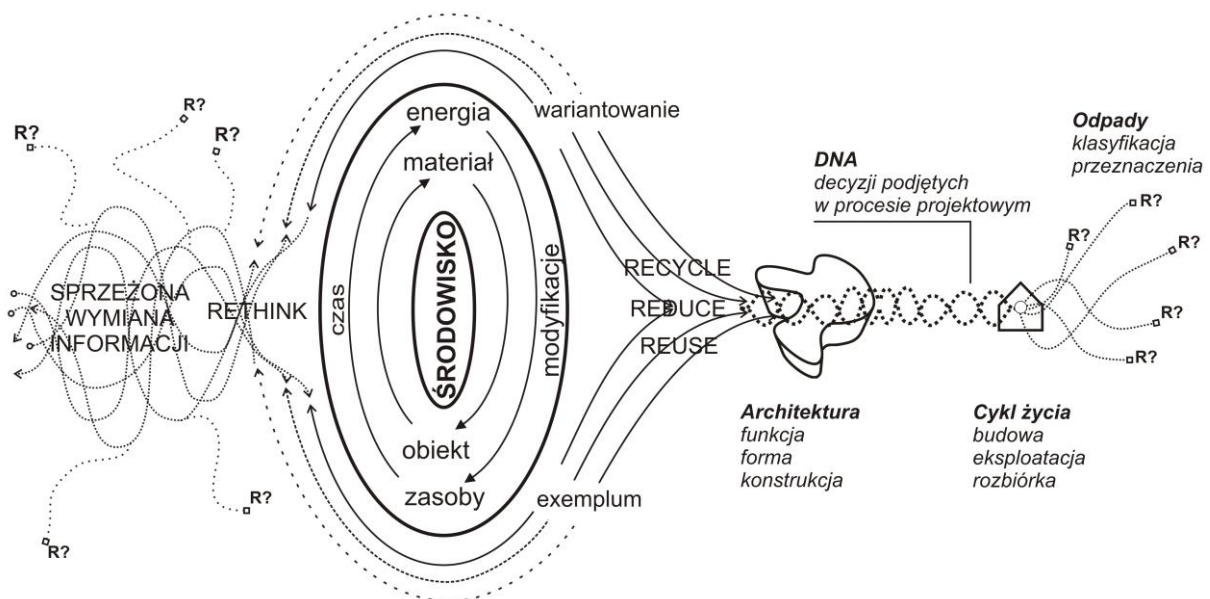
fasad, szklarni, etc. (Rys. 2.b). Wyliczono energię wbudowaną w istniejącej materii ściany zewnętrznej z cegły pełnej (60 cm) 3102 MJ/m²; uzyskano wartość $U = 1.26$ W/m²K. W dalszej kolejności została dobrana wewnętrzna izolacja termiczna $U = 0.14$ W/m²K, co doprowadziło do ponownego wyliczenia energii wbudowanej w analizowanej ścianie 3223 MJ/m² = 902,44 kWh/m² (wełna mineralna 24 cm = 33MJ/m², OSB 2 cm = 88 MJ/m²). Studenci stosowali ekologiczne zamienniki materiałów budowlanych na podstawie analizy elementu energii wbudowanej i oddziaływania na środowisko w cyklach życia. Ci, którzy wyburzyli część budynków, przeanalizowali cykl życia materiału z rozbiórki z ich ponownym użyciem (Rys. 2.c). Jeden z projektów zakładał nawet wyburzenie wnętrza obiektów i wstawienie nowej struktury z wykorzystaniem produkcji masowej (*mass customization*) elementów prefabrykowanych (Rys. 2.d). Dzięki warsztatom studenci mogli zrozumieć ekologiczny charakter projektowania z nowymi wartościami 4R, *regenerative design* oraz wymiar cyklu życia materii obiektu architektonicznego³.

Uczestnicy Studenckiego Koła Naukowego Eko-Architektura w projektach warsztatowych i semestralnych prowadzonych przez autora podejmują próby projektowania z wykorzystaniem drugiego życia materiałów. Godnym uwagi jest projekt, w którym student Sebastian Łabędź zaproponował zamianę tradycyjnego sposobu wznoszenia budynku w projekcie z III semestru na wykorzystanie do tego celu kontenerów morskich (Rys. 2.e), podobne przekształcenie zaproponował student Krzysztof Żywucki w projekcie domu jednorodzinnego (Rys. 2.f). W obu projektach wykonanych w ramach SKN została udowodniona łatwość w adaptacji kontenerów; uczestnicy wskazali także różne możliwości swobodnego kształtowania architektury budynku. W innym projekcie (wykonanym w ramach SKN, projektowanie architektoniczne, semestr IV) student Krzysztof Żywucki przedstawił poszukiwania w kierunku wykorzystania poszycia frachtowców do pokrycia elewacji budynku (Rys. 2.g). W rozważaniach projektowych wzięto pod uwagę dostępność materiałów „lokalnych” ze względu na charakter stocznioowego miasta, jakim jest Szczecin.

³ Warsztaty zostały przeprowadzone przez autora na podstawie zaakceptowanego indywidualnego programu nauczania i zrealizowane w ramach wyjazdu dydaktycznego ERASMUS+, przyznanego na rok akademicki 2014-2015.

6. Podsumowanie

Wnioski wypływające z badań oraz analiz przytoczonych wyżej przykładów mogą stać się pomocne w planowaniu decyzji projektowych, zgodnie z terminem *resilience* oraz zasadami 4R. Rola architekta w zintegrowanym interdyscyplinarnym zespole projektowym polega na kształtowaniu architektury o charakterze ekologicznym, przy jednoczesnej niskiej ingerencji w środowisko naturalne. Konieczny jest zwiększony metabolizm i wykorzystywanie istniejących materiałów, zasobów budowlanych etc., przystosowanych do potrzeb i cykli życia architektury. Sprzężona wymiana informacji (powtórne użycie materiałów, struktur, zasobów budowlanych, skażenia, użytej energii) oraz reglamentacja materiałów budowlanych doprowadzą do poszukiwań egzemplifikacji rozwiązań branżowych, które będą spełniać jednocześnie wiele kryteriów. Wielopłaszczyznowość kategorii ekologicznego procesu projektowego, uwzględniającego drugie życie materiałów, o których mowa w tekście, wyznacza równowagę między architekturą a środowiskiem w gospodarce odpadami w znaczeniu *regenerative design* (Rys. 3)



Rys. 3. Schemat zapisu materii/materiału DNA procesu projektowego.

Fig. 3. Recording scheme of matter/material of the design process DNA.

Źródło: Opracowanie własne.

BIBLIOGRAFIA

1. Benyus J. M.: *Biomimicry: Innovation Inspired by Nature*, Harper Perennial, 2002.
2. Dimson B.: *Principles and Challenges of Sustainable Design and Construction*, Industry and Environment vol. 19, 1996, p.19.
3. Densley Tingley D., Davison B.: *Developing an LCA methodology to account for the environmental benefits of design for deconstruction*. Building and Environment vol. 57, 2012, p.387-395.
4. Mazria E.: *Turning Down the Global Thermostat*, Metropolis Magazine, 2003, p.102-152.
5. Fumo N., Mago P., Luck R.: *Methodology to estimate building energy consumption using Energy Plus benchmark models*. Energy and Buildings vol. 42, 2010, p.2331–2337.
6. USDOE: *Emissions of greenhouse gases in the United States 2009*. DC: US Energy Information Administration, Washington, 2011.
7. Mazria E.: *Roadmap To Zero Emissions*, The Organization of Economic Cooperation and Development's Climate Change Expert Group (OECD CCXG) Global Forum, Paris, 2014. http://architecture2030.org/files/roadmap_web.pdf
8. IPCC, 2014: *Climate Change 2014: Mitigation of Climate Change*. Contribution of Working Group III to the Fifth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change. Cambridge University Press, USA 2014, p.671-738.
9. http://ec.europa.eu/environment/waste/studies/cdw/cdw_chapter1-6.pdf
10. Gradziński P.: *Cykl życia architektury – analogie architektury z organizmami żywymi*. Architektura przyszłości, Monografia Wydziału Architektury Politechniki Wrocławskiej, Wrocław, 2014, s. 167-183.
11. Bradley G., Shell S.: *Design for Deconstruction and Materials Reuse*. Proceedings of the CIB Task Group 39 – Deconstruction Meeting, CIB Publication 272, 2002.
12. Moshaver A.: *Re Architecture: Old and New In Adaptive Reuse of Modern Industrial Heritage*, Ryerson University, Canada, 2012.
13. Department of the Environment and Heritage: *Adaptive Reuse, Preserving our past, building our future*. Pirion, Australia, 2004.
14. Akhtarkavan M., Alikhani A., Ghiasvand J., Akhtarkavan H.: *Assessing Sustainable Adaptive Re-use of Historical Buildings*. New Aspects of Cultural Heritage and Tourism. Wyd. WSEAS Press, USA, 2008.
15. Lancaster S.: *Green Australia: A Snapshot*. Wyd. Kent Town, S. Aust.: Wakefield Press, 2012, p. ⁵⁹⁻⁷².

16. Matos G., Wagner L.: Consumption of Materials in the United States, 1900–1995. Annual Reviews of Energy and the Environment, vol. 23, 1998, p. 107-122.
17. Baran J. Janik A.: Zastosowanie wybranych metod analizy i oceny wpływu cyklu życia na środowisko w procesie ekoprojektowania. XVI Konferencja Innowacje w zarządzaniu i inżynierii produkcji, Zakopane 24-26.02.2013. s. 22-33.
18. Wołoszyn M.: Ekorewitalizacja – zagadnienia architektoniczne, Wydawnictwo Exemplum Poznań-Szczecin, 2013, s.196-219.
19. Densley-Tingley D.: Design for Deconstruction: An Appraisal. Civil and Structural Engineering Department The University of Sheffield, 2012.
20. <http://www.victoria.ac.nz/architecture/centres/cbpr/resources/pdfs/ee-coefficients.pdf>
21. Eklund M., Dahlgren S., Dagersten A., Sundbaum G.: The conditions and constraints for using reused materials in building projects. Deconstruction and Materials Reuse, CIB Publication 287, 2003, p. 248-259.
22. Milne G., Reardon C.: Your home technical guide, Embodied Energy, 2008, p. 205-209

CYKL ŻYCIA MATERIAŁU W KSZTAŁTOWANIU ARCHITEKTURY

Streszczenie

Ekspansja obiektów architektonicznych poprzez cykl życia – wznoszenie, użytkowanie, rozbiórkę i dobór materiałów (również zawierających cykl życia) – eskaluje środowisko naturalne. Mając tego świadomość, autor w artykule zawężił problem do postawienia tezy: wprowadzenie we wczesnej fazie procesu projektowego z uwzględnieniem cyklu życia zastosowanego materiału (z odzysku) wpłynie znacząco na architekturę i tym samym estetykę obiektu architektonicznego, co pozwoli na zmniejszenie oddziaływania obiektów architektonicznych na środowisko naturalne w rozumieniu idei zrównoważonego rozwoju.

W artykule problem badawczy ograniczono do środowiska zamieszkania. Następnie omówiono oraz przybliżono obiekty referencyjne, które podejmują temat referatu np. Villa Welpeloo – Superuse Studios, BIG Dig House i Big Dig Building – SINGLEspeedDESIGN, Quik House – Adam Kalkin, Container City – Erick Reynolds, Paper House – Shigeru Ban, Earthship – Michael Reynolds. W tekście zaprezentowano również projekty wykonane m.in. przez studentów wynikające z pracy naukowo-dydaktycznej autora.

Proces projektowy z uwzględnieniem drugiego życia materiałów pozwala na kształtowanie architektury w skali sztuki budowlanej uzyskując niepowtarzalne i równie swobodne formy obiektów architektonicznych. Wnioski jakie wypływają

z badań oraz analiz przykładów mogą stać się pomocne w programowaniu podejmowanych decyzji projektowych w myśl terminów resilience oraz zasad 4R. Ponadto autor podnosi kwestie roli i miejsca architekta w zintegrowanym interdyscyplinarnym zespole projektowym wyznaczającym oś między budynkiem (sztucznym środowiskiem życia, zamieszkania), a środowiskiem naturalnym (ekosystemem, w którym egzystuje ponad 7 miliardów ludzi).

Artykuł jest przyczynkiem do dyskusji nad kształtowaniem początkowego procesu projektowego cyklu życia architektury, kierującego rezultaty ku sformułowaniu ekologicznego cyklu życia materiału mającego zdefiniowane miejsce w obiekcie architektonicznym w dobie kryzysu ekologicznego.

LIFE CYCLE OF MATERIAL IN THE ARCHITECTURE SHAPING

Summary

Architectural expansion through the life cycle - construction, use, demolition and selection of materials (also containing the life cycle), escalates the environment. With this in mind, author of the article narrowed the problem to the thesis: introduction in the early stages of the design process, taking into account the life cycle of the material (recycled from) will significantly influence on architecture and the same architectural aesthetics of the building, which will help to reduce the impact of architectural objects on the environment within the meaning of the concept of sustainable development.

In this paper the research problem was limited to the living environment. Next, discussed and brought closer to reference objects that take up the subject of the paper, eg. Villa Welpeloo - Superuse Studios, Big Dig House and the Big Dig Building - SINGLEspeedDESIGN, Quik House - Adam Kalkin, Container City - Eric Reynolds, Paper House - Shigeru Ban, Earthship - Michael Reynolds. The text also presents the projects implemented, among others, by students under author scientific and didactic work.

The design process containing the second life of materials allows for development of architecture in the scale of the building/construction art, trade to give a unique and equally free architectural forms. The conclusions that stem from research and case studies may be helpful in programming design decisions taken in accordance with the terms of resilience and rules 4R. Moreover, the author raises questions of the role and place of the architect in an integrated interdisciplinary design team defining the axis between building (artificial habitat, residence) and the environment (ecosystem, which exists more than 7 billion people).

The article is a contribution to the discussion at the evolution of the initial design process life-cycle of the architecture, directing the results to formulate of ecological life cycle of the material having a defined place in the architectural object in the era of ecological crisis.