

Prefabrykowana architektura mieszkaniowa a zmiany klimatyczne



dr inż. arch.
ANNA TOFILUK
Politechnika Warszawska,
Wydział Inżynierii Lądowej,
Instytut Inżynierii Budowlanej
ORCID: 0000-0002-5082-6746

Architekt projektujący w sposób odpowiedzialny klimatycznie powinien dążyć do zastosowania rozwiązań technologicznych oraz materiałowych redukujących eksploatację zasobów i zużycie energii. Artykuł analizuje prefabrykację oraz jej zastosowania w wielorodzinnej zabudowie mieszkaniowej.

Badania prowadzone przez ostatnie kilkadziesiąt lat przez społeczność naukową dostarczyły mocny materiał dowodowy, który wskazuje, że klimat Ziemi ulega zmianie w wyniku działań człowieka – przede wszystkim emisji do atmosfery gazów cieplarnianych, głównie dwutlenku węgla, pochodzących ze spalania paliw kopalnianych. W zmieniającym się klimacie rośnie prawdopodobieństwo poważnych i dotkliwych, powszechnych oraz nieodwracalnych następstw dla gospodarki i ekosystemów [10]. Aby im przeciwdziałać, niezbędne jest ograniczenie spalania węgla, ropy oraz gazu.

Szacuje się, że w Unii Europejskiej budynki są odpowiedzialne za 35% emisji gazów cieplarnianych do atmosfery i zużycie 40% energii, która jest pozyskiwana w przeważającym stopniu z nieodnawialnych źródeł (w Polsce to około 90% całej zużywanej energii) [5].

Zatem to, jak projektujemy budynki, jest kluczowe i ma wpływ na klimat oraz jego zmiany. Decyzje determinujące formę i funkcjonowanie budynku w całym cyklu jego życia, podejmowane przez architekta i projektantów branżowych, są jedną z wielu składowych mających wpływ na globalne ocieplenie i jego konsekwencje.

Przeciwdziałanie zmianom klimatu w kontekście kształtowania architektury wpisuje się w szeroko pojęte projektowanie zrównoważone, które obejmuje szeroki wachlarz zagadnień – od tych związanych z planowaniem przestrzennym i urbanistyką aż do rozwiązań detalu architektonicznego [12,15].

Jednym z aspektów zrównoważonego projektowania architektonicznego jest dobór technologii, w tym rozwiązań konstrukcyjnych i materiałowych, dzięki którym budynek zostanie wzniesiony, a które będą miały jak najmniejszy negatywny wpływ na środowisko.

Kwestie środowiskowe są tylko jedną z wielu determinant doboru materiałów i technologii, stosunkowo nową oraz niosącą ze sobą wiele pytań i dylematów, z którymi mierzy się architekt. Projektant pragnący kształtować swoje budynki w sposób świadomy oraz odpowiedzialny klimatycznie powinien dążyć do zastosowania rozwiązań redukujących zużycia energii w całym cyklu życia budynku. Podstawowym pytaniem jest zatem: które technologie i materiały mogą sprostać takim wymaganiom? Odpowiedź na nie jest złożona, wymaga szerokiej interdyscyplinarnej wiedzy oraz analizy wielu rozwiązań i znacznie wykracza poza ramy niniejszego artykułu.

Tekst podejmuje próbę przyjrzenia się wycinkowi tej problematyki – grupie rozwiązań technologicznych i materiałowych określanych mianem prefabrykacji oraz jej zastosowań w wielorodzinnej zabudowie mieszkaniowej.

Rozpatrywanie wielorodzinnej zabudowy mieszkaniowej ma swoje uzasadnienie w delimitacji tematu, ale przede wszystkim w próbie wpisania rozważań o prefabrykacji i klimacie

w problematykę niedoboru mieszkań, który jest w polskich miastach poważnym problemem. Narodowy Program Mieszkaniowy z 2016 roku szacuje deficyt mieszkań na 897 tysięcy [20]. W technologiach prefabrykowanych pokłada się nadzieję na wznoszenie obiektów mieszkalnych w sposób szybszy i bardziej ekonomiczny niż z użyciem rozwiązań tradycyjnych.

Budynki mieszkalne stanowią istotny procent terenów miejskich. W Warszawie to około 20% powierzchni miasta (11% jednorodzinna + 9% wielorodzinna), podczas gdy około 40% powierzchni stolicy pozostaje niezabudowane (tereny zieleni i rolne, zbiorniki wodne) [16].

„Mieszkania zajmują największy procent powierzchni przestrzeni miejskich, dlatego trudno sobie wyobrazić, żeby stan środowiska mieszkaniowego pozostawał bez wpływu na ogólny stan miast” [17, str. 15], a z kolei stan miast, ich zabudowa i jej funkcjonowanie – na stan klimatu.

Zastosowanie prefabrykacji w budownictwie mieszkaniowym ma długą tradycję. By-



Fot.1 a) Po lewej Gropiushaus, budynek wielokopłytowy na osiedlu Gropiusstadt w Berlinie wzniesiony w latach 70. XX wieku, autorem pierwotnego (później modyfikowanego) projektu był Walter Gropius; b) po prawej kamienica w analogicznej, choć uwspółcześnionej technologii, projektu pracowni BBGK Architekci zbudowana w Warszawie w 2017 roku;

ła ona technologią dyskutowaną i rozważaną w kontekście dostępnego budownictwa mieszkaniowego. W XX-wiecznej historii Europy, także Polski, zawsze, gdy niedobór mieszkań wydawał się szczególnie dotkliwy, decydenci i inżynierowie, w tym architekci, wybierali prefabrykację jako możliwy sposób rozwiązania problemu. Specyfika wielorodzinnej zabudowy mieszkaniowej, w której charakter wpisana jest powtarzalność rzutów mieszkań, kondygnacji lub ich fragmentów, predestynuje technologie prefabrykowane do wykorzystania w tego typu obiektach.

Powiązanie prefabrykacji i funkcji mieszkalnej uzasadnia również współczesny renesans zainteresowania tym sposobem budowania „mieszkaniówki”. Powrót do prefabrykowanej metody wznoszenia domów (który był w Polsce powszechny w drugiej połowie XX wieku i został zaniechany po 1989 roku wraz ze zmianami politycznymi oraz gospodarczymi) jest sukcesywnie upowszechniany i można zakładać, że jego znaczenie będzie rosło zarówno w skali światowej, jak i polskiej.

Warto wspomnieć, że w ciągu ostatnich kilku lat wzniesiono wiele interesujących obiektów wielorodzinnych na całym świecie, używając zaawansowanych metod prefabrykacji, podczas gdy w Polsce architektura prefabrykowana, poza nielicznymi wyjątkami, jest nieobecna.

Architektura prefabrykowana – definicja i charakterystyka

Słownik podaje, że prefabrykacja jest to „wykonywanie elementów składowych budowl (prefabrykatów) sposobem przemysłowym” [9].

Architektura prefabrykowana (*prefabricated architecture*, *prefab architecture*), architektura modułowa (*modular architecture*), angielskie trudno przetłumaczalne, ale bardzo celne określenie *offsite architecture* (archi-

tekтура „pozamiejscowa”, czyli ta, która jest w dużej części produkowana poza miejscem docelowego wzniesienia) – wszystkie te pojęcia, choć mają nieco inne definicje w różnych źródłach [np. 1, 11, 14], odnoszą się do technologii opartej na produkcji komponentów budowlanych znacznych rozmiarów w kontrolowanych warunkach fabrycznych, a następnie ich montażu na placu budowy. Komponentami budynku są stropy, ściany, również większe fragmenty – moduły, czasem cały budynek. Funkcjonująca w Wielkiej Brytanii definicja prefabrykacji, która kryje się pod nazwą *Modern Methods of Construction* (MMC) – Nowoczesne Metody Wznoszenia Budynków – precyzuje cztery typy rozwiązań: elementy panelowe, elementy przestrzenne, technologie hybrydowe i pozostałe [16, str. 3]. Inne źródła [1, 2, 11, 14] wprowadzają podobne systematyki, w niektórych pojawia się oddzielna grupa rozwiązań, tzw. *kit homes* [np. 11, str. 5].

Zatem zasadne wydaje się przyjęcie definicji architektury prefabrykowanej jako tej wybudowanej dzięki zmontowaniu na placu budowy fabrycznie wytworzonych komponentów przy założeniu, że duża – choć trudna do oszacowania w liczbach – część prac potrzebnych do wzniesienia obiektu odbywa się w kontrolowanych warunkach zakładu przemysłowego. Do technologii prefabrykowanych należy zaliczyć:

- Zestawy fabrycznie produkowanych części o różnej wielkości i z różnych materiałów, pozwalających wnieść kompletny, typowy (możliwy również do wzniesienia w innej lokalizacji), gotowy do zamieszkania budynek. Typowym przykładem takiego rozwiązania są anglosaskie *kit homes*. Rozwiązanie takie dotyczy głównie budynków jednorodzinnych.
- Produkcję elementów panelowych (ścian, stropów) montowanych na placu budowy w celu wzniesienia trójwymiarowej kon-

strukcji. Przykładem takiej prefabrykacji jest betonowa tzw. wielka płyta z lat 70. XX wieku i jej współczesne odsłony (Fot. 1.). Panele mogą być również produkowane na bazie drewna i innych materiałów. Mogą stanowić jedynie konstrukcję budynku lub zawierać także warstwy ocieplenia, okładziny wewnętrzne i zewnętrzne, okna, drzwi i elementy instalacji.

Odmianą paneli są tzw. panele otwarte (*open panels*) składające się ze struktury szkieletowej wypełnianej później na placu budowy, choć to rozwiązanie wydaje się być rodzajem prefabrykacji jedynie częściowej.

- Budynki oparte na wyprodukowanych w zakładach elementach przestrzennych (strukturach wolumetrycznych – *volumetric construction*), które są trójwymiarowymi jednostkami modułowymi – całymi niewielkimi budynkami lub ich powtarzalnymi częściami. W zaawansowanych odsłonach są to moduły wykończone w stopniu pozwalającym na użytkowanie w momencie przywiezienia na plac budowy. Powszechnie rozpoznawalnym przykładem tego typu realizacji jest Habitat 67 Moshe Safdiego. We współczesnej architekturze wielorodzinnej na uwagę zasługuje budynek B2 BKLYN w Nowym Jorku autorstwa SHoP Architects. Ukończony w 2016 roku, zawiera ponad 360 mieszkań utworzonych z 930 modułów o konstrukcji stalowej, które w momencie montażu posiadały część okładzin wewnętrznych i wyposażenia [23].
- Technologie hybrydowe łączą w sobie elementy panelowe i przestrzenne, co pozwala na różne zestawienia i zróżnicowane architektonicznie rozwiązania. Przestrzennymi elementami są w tego typu projektach fragmenty powtarzalne, typowe – np. łazienki i części kuchenne.
- Inne rozwiązania bazujące na prefabrykowanych elementach, jak np. fundamenty, słupy, belki, ściany osłonowe, gotowe elementy struktury dachu (wiązary, wielowarstwowe panele). W takich rozwiązaniach elementy prefabrykowane bywają łączone z tradycyjnymi metodami wznoszenia budynków: murywane wypełnienie ścian pomiędzy konstrukcją z prefabrykowanych słupów i belek, żelbetowa konstrukcja słupowo-płytowa w połączeniu ze ścianami osłonowymi. Tym samym większość realizacji tego typu, podobnie jak panele otwarte, należy zaliczyć do prefabrykacji częściowej.

W każdym z wymienionych typów prefabrykacji mogą znaleźć się rozwiązania oparte na różnych materiałach, można dokonać klasyfikacji wewnątrz każdej kategorii ze względu na dominujący materiał konstrukcyjny. Najpopularniejsze materiały to – podobnie jak w innych technologiach – żelbet, stal oraz drewno.



Architektura prefabrykowana a klimat i projektowanie zrównoważone

Definicja i charakterystyka architektury prefabrykowanej pokazuje, jak bardzo zróżnicowane są rozwiązania zaliczające się do tego typu budownictwa. Tym samym trudno jest ją analizować w sposób uogólniony także w kontekście środowiskowym i klimatycznym. Już sam fakt, że budynki prefabrykowane mogą być wznoszone na pięć różnych sposobów (jakkolwiek w realizacjach zagranicznych dominują rozwiązania panelowe i z elementów przestrzennych) oraz z użyciem różnych materiałów, czyni wniośki trudnymi do sformułowania.

Dostępne badania próbujące szacować zużycie energii w cyklu życia budynku w obiektach prefabrykowanych i porównać je z budynkami tradycyjnymi dotyczą głównie obiektów niewielkich, jednorodzinnych. Ponadto są to badania przeprowadzone w innych krajach (w tym na innych kontynentach, w innych warunkach chociażby ekonomiczno-gospodarczo-klimatycznych), co również nie gwarantuje analogicznych rezultatów w potencjalnych polskich realizacjach [1, 2, 11, 14, 21]. Tym niemniej ich analiza, wsparta wiedzą na temat rodzimego procesu projektowo-realizacyjnego, zmian klimatycznych i ich antropogenicznych czynników, umożliwi sformułowanie listy dobrych praktyk, które mogą pozwolić zaliczyć architekturę prefabrykowaną do rozwiązań przyjaznych klimatowi.

Systemy prefabrykowane nie są w swojej definicji tożsame z rozwiązaniami wpisującymi się w zrównoważony rozwój, ale – podobnie jak inne technologie – mogą być do nich zaliczone, o ile spełnią szereg warunków. Zatem pytanie wymagające odpowiedzi dotyczy warunków i kryteriów, które należy uwzględnić na etapie projektowania budynku i wyboru technologii prefabrykowanej.

Aby je sformułować, zasadna wydaje się ich analiza na każdym etapie cyklu życia budynku w odniesieniu do zasady 4R – *reduce, reuse, recycle, renewable*.

Etapami cyklu życia budynku prefabrykowanego są [7, str. 276]:

- pozyskiwanie surowców i zasobów do produkcji materiałów, z których powstają elementy prefabrykowane, transport do zakładów produkcyjnych;
- produkcja materiałów i elementów prefabrykowanych oraz transport na plac budowy;
- wznoszenie obiektu na placu budowy;
- użytkowanie i utrzymanie budynku;
- rozbiórka;
- dalsze „losy” elementów i materiałów rozbiórkowych.

Jako etap cyklu życia budynku świadomie pominięto etap planowania i projektowania obiektu. Założono, że określenie warunków i kryteriów w odniesieniu do wymienionych etapów pozwoli wskazać w ramach każdej fazy wytyczne odnoszące się do projektowania.

Tabela 1.

Cykl życia budynku (wielorodzinnego, prefabrykowanego)	REDUCE – OGRANICZ: zmniejszenie zużycia materiałów (surowców, zasobów naturalnych) i energii nieodnawialnej
Pozyskiwanie surowców i zasobów do produkcji materiałów, z których powstają elementy prefabrykowane, transport do zakładów produkcyjnych.	<p>*Rozważenie zastosowania elementów prefabrykowanych produkowanych z surowców odnawialnych (drewno i materiały drewnopochodne).</p> <p>*Wykorzystywanie lokalnych (w stosunku do lokalizacji zakładów produkcyjnych) surowców i zasobów, co zmniejsza potrzeby transportowe i związane z nimi zużycie zasobów.</p> <p>*Wykorzystanie w nowym obiekcie elementów rozbiórkowych i materiałów z odzysku, co niweluje potrzebę pozyskiwania nowych surowców do produkcji elementów.</p> <p>*Wykorzystanie materiałów, których późniejsze odzyskiwanie (recykling) jest możliwe przy stosunkowo niskich nakładach energetycznych (energia nieodnawialna).</p>
Produkcja materiałów i elementów prefabrykowanych oraz transport na plac budowy.	<p>*Ograniczenie ilościowe surowców i materiałów niezbędnych do produkcji elementów prefabrykowanych.</p> <p>*Ograniczenie odpadów na etapie produkcji, co pozwala zmniejszyć ilość eksploatowanych surowców.</p> <p>*Projektowanie elementów prefabrykowanych z myślą o ich długiej żywotności, która umożliwi korzystanie z budynku przez długi czas, a przy rozbiórce dalsze ich wykorzystywanie. Budynek użytkowany wiele lat zmniejsza zapotrzebowanie na budowę kolejnego i tym samym redukuje związane z nią konsekwencje klimatyczne.</p> <p>*Lokalizacja zakładów produkcyjnych (produkcja materiałów, montaż elementów prefabrykowanych) w stosunkowo bliskim wzajemnym sąsiedztwie oraz w sąsiedztwie inwestycji – zmniejszenie potrzeb transportowych.</p> <p>*Produkcja elementów prefabrykowanych, których ponowne użycie (<i>reuse</i>) lub odzyskanie z nich materiałów (<i>recycling</i>) będzie możliwe przy stosunkowo niskich nakładach energetycznych (energia nieodnawialna).</p>
Wznoszenie obiektu na placu budowy.	<p>*Wykorzystywanie rozwiązań systemowych, standardowych, sprawdzonych, opartych na zastosowaniu elementów powtarzalnych i klarownej siatce konstrukcyjnej, zapewnienie możliwości prowadzenia prac równoległe w różnych częściach wznoszonego obiektu (oszczędność czasu i energii).</p> <p>*Projektowanie sposobów łączenia elementów prefabrykowanych w sposób umożliwiający sprawny montaż (oszczędność czasu i energii).</p> <p>*Organizacja procesu budowlanego tak, aby czas na placu budowy był jak najkrótszy, co generuje oszczędności m.in. energii.</p>
Użytkowanie i utrzymanie budynku.	<p>*Projektowanie budynków oszczędzających energię, a nawet ją produkujących. Środkami do tego celu jest odpowiednia izolacyjność przegród i instalacje zaopatrujące budynek w ciepło, wodę, światło i te odpowiedzialne za wymianę powietrza.</p> <p>*Długi okres użytkowania jest zapewniony, kiedy budynek jest zaprojektowany m.in. tak, aby sprostać zmieniającym się potrzebom – jest elastyczny, adaptowalny oraz umożliwia zmiany funkcji i planu. Jednym ze sposobów umożliwiających zmiany, zwłaszcza w budynkach składających się z elementów panelowych czy przestrzennych, może być możliwość wymiany/relokacji paneli czy całych modułów.</p> <p>*Remonty i modernizacje powinny być oparte również na zasadzie <i>reduce</i>.</p>
Rozbiórka.	*Projektowanie budynków łatwych do demontażu (oszczędność czasu i energii).
Dalsze „losy” elementów i materiałów rozbiórkowych.	<p>*Projektowanie elementów, których demontaż umożliwi ponowne wykorzystanie użytych elementów.</p> <p>*Ograniczenie użycia elementów, które na ostatnim etapie życia budynku nie będą ponownie użyte ani przetworzone i konieczne będzie ich składowanie na wysypiskach.</p>



Tabela 2.

Cykl życia budynku (wielorodzinnego, prefabrykowanego)	REUSE – WYKORZYSTAJ PONOWNIE: ponowne wykorzystanie elementów prefabrykowanych lub ich komponentów po rozbiórce budynku lub przebudowie.
Pozyskiwanie surowców i zasobów do produkcji materiałów, z których powstają elementy prefabrykowane, transport do zakładów produkcyjnych.	*Wykorzystanie w nowym obiekcie elementów i materiałów rozbiórkowych w jak największym zakresie, co niweluje potrzebę pozyskiwania surowców do produkcji nowych elementów.
Produkcja materiałów i elementów prefabrykowanych oraz transport na plac budowy.	*Wykorzystanie materiałów do produkcji elementów prefabrykowanych, co do których zachodzi duże prawdopodobieństwo, że będą mogły być użyte ponownie. *Produkcja elementów prefabrykowanych w oparciu o odzyskane komponenty rozbiórkowe. *Lokalizacja zakładu dostosowującego komponenty rozbiórkowe do nowych potrzeb, która niweluje potrzeby transportowe zarówno do zakładu (plac rozbiórki – zakład) jak i na nowy plac budowy (zakład – lokalizacja nowej inwestycji).
Wznoszenie obiektu na placu budowy.	*System prefabrykacji umożliwiający łatwy demontaż elementów (rozbiórka).
Użytkowanie i utrzymanie budynku.	*Elastyczny, adaptowalny do zmieniających się potrzeb projekt budynku zapewniający możliwość wprowadzania zmian w ramach tej samej funkcji oraz wykorzystanie kubatury budynku na inne cele.
Rozbiórka.	*System prefabrykacji umożliwiający łatwy demontaż elementów, w tym m.in.: - zdefiniowana i klarowna siatka konstrukcyjna – łatwa identyfikacja zasady konstrukcyjnej, - możliwości prowadzenia prac rozbiórkowych równolegle w różnych częściach obiektu (redukcja czasu), - połączenia elementów (raczej mechaniczne) umożliwiające sprawny demontaż, - możliwe lekkie elementy prefabrykowane.
Dalsze „losy” elementów i materiałów rozbiórkowych.	*Lokalizacja zakładów dostosowujących elementy i materiały rozbiórkowe do nowych potrzeb niegenerująca dużych potrzeb transportowych. *Ponowne wykorzystanie materiałów i elementów prefabrykowanych w nowych budynkach.

Tabela 3.

Cykl życia budynku (wielorodzinnego, prefabrykowanego)	RECYCLE – ODZYSKAJ: przetworzenie i ponowne wykorzystanie rozbiórkowych materiałów budowlanych
Pozyskiwanie surowców i zasobów do produkcji materiałów, z których powstają elementy prefabrykowane, transport do zakładów produkcyjnych.	*Wykorzystanie w nowym obiekcie elementów z materiałów z odzysku. *Wykorzystanie materiałów podatnych na odzysk, przetworzenie i ponowne wykorzystanie.
Produkcja materiałów i elementów prefabrykowanych oraz transport na plac budowy.	*Produkcja elementów prefabrykowanych w oparciu o materiały z recyklingu. *Projektowanie elementów prefabrykowanych w sposób umożliwiający po rozbiórce obiektu łatwe rozdzielanie i ponowne wykorzystanie materiałów, które zostaną poddane przetworzeniu (np. preferowane łączniki mechaniczne w miejsce rozwiązań klejonych). *Ograniczenie typów materiałów wykorzystanych do produkcji elementów prefabrykowanych, który powinien skutkować uproszczeniem w doborze metod przetworzenia odpadów rozbiórkowych.
Wznoszenie obiektu na placu budowy.	*Podobnie jak przy stosowaniu zasady reuse: system prefabrykacji umożliwiający łatwy demontaż elementów.
Użytkowanie i utrzymanie budynku.	*Remonty i modernizacje powinny być oparte również na zasadzie recycle.
Rozbiórka.	*Podobnie jak przy stosowaniu zasady reuse: system prefabrykacji umożliwiający łatwy demontaż elementów. *Umożliwienie wstępnej segregacji typów materiałów przeznaczonych do recyklingu już na placu budowy.
Dalsze „losy” materiałów rozbiórkowych.	*Przetworzenie i wykorzystanie materiałów rozbiórkowych przy budowie nowych obiektów.

Zasada 4R określa w sposób hasłowy główne cele, do których powinniśmy dążyć w trosce o zrównoważony rozwój, środowisko i klimat.

Reduce (ograniczyć) odnosi się do potrze-

by zmniejszenia zużycia materiałów (surowców, zasobów naturalnych) i energii. Tabela nr 1 przedstawia próbę sformułowania działań oraz zadań, których rozważenie i zaplanowa-

nie podczas projektowania budynku pozwoli dostosować się do zasady *reduce* na kolejnych etapach jego życia.

Reuse (wykorzystaj ponownie) oznacza, że należy umożliwić ponowne wykorzystanie elementów prefabrykowanych lub ich komponentów po rozbiórce budynku lub przebudowie. Tabela 2. przedstawia próbę sformułowania działań i zadań, których rozważenie oraz zaplanowanie podczas projektowania budynku pozwoli dostosować się do zasady *reuse* na kolejnych etapach jego życia.

Renew(able) to postulat odnawialności, czyli wykorzystania energii z odnawialnych źródeł i komponentów z surowców odnawialnych. Tabela 4. przedstawia próbę sformułowania działań i zadań, których rozważenie oraz zaplanowanie podczas projektowania budynku pozwoli dostosować się do zasady *renew* na kolejnych etapach jego życia.

Wnioski

Przedstawione tabele są zbiorem połączonych praktyk i mają na tym etapie rozwoju nowoczesnej prefabrykacji w Polsce charakter w dużym stopniu życzeniowy. Warto są rozważyć przez architekta na etapie projektowania obiektów wielorodzinnych i doboru technologii.

Ich analiza powinna pozwolić podejmować działania projektowe ze świadomością ich konsekwencji dla środowiska i klimatu. Niewątpliwie wypełnienie wszystkich wymienionych postulatów w obecnej polskiej rzeczywistości projektowo-realizacyjnej nie jest możliwe, chociażby ze względu na wciąż rzadkie stosowanie prefabrykacji w wielorodzinnej architekturze mieszkaniowej. Tym niemniej postulaty te wyznaczają kierunki zmian w sposobie myślenia o projektowaniu i wznoszeniu nowej zabudowy.

Jednocześnie specyfika prefabrykacji czyni możliwą implementację wymienionych działań i zadań na kolejnych etapach życia budynku, pod warunkiem uwzględnienia ich przez architekta.

Stosowanie technologii prefabrykowanych jest ściśle związane ze szczegółowym zaplanowaniem całego procesu budowlanego – od projektu przez produkcję aż do montażu elementów na placu budowy. Konsekwencją specyfiki procesu oraz kontrolowanego środowiska produkcji w zakładzie przemysłowym powinny być:

- przewidywalność w zakresie terminów i kosztów (także tych związanych ze zużyciem energii);
- efektywna procedura zaopatrzenia w surowce i materiały do produkcji elementów prefabrykowanych, która zapewnia ich mniejsze zużycie i redukcję odpadów;
- stosunkowo krótki czas potrzebny do wzniesienia obiektu na placu budowy;
- możliwe planowanie całego cyklu życia budynku i przewidywanie konsekwen-

Tabela 4.

Cykl życia budynku (wielorodzinnego, prefabrykowanego)	RENEW(ABLE): wykorzystanie odnawialnych zasobów i źródeł energii
Pozyskiwanie surowców i zasobów do produkcji materiałów, z których powstają elementy prefabrykowane, transport do zakładów produkcyjnych.	*Wykorzystywanie odnawialnych źródeł energii w celu pozyskania surowców i zasobów. *Wykorzystanie materiałów, których późniejsze odzyskiwanie (recykling) jest możliwe z wykorzystaniem odnawialnych źródeł energii.
Produkcja materiałów i elementów prefabrykowanych oraz transport na plac budowy.	*Wykorzystywanie odnawialnych źródeł energii w zakładach produkcyjnych. *Produkcja elementów prefabrykowanych, których ponowne użycie (<i>reuse</i>) lub odzyskanie z nich materiałów (recykling) będzie możliwe z wykorzystaniem odnawialnych źródeł energii.
Wznoszenie obiektu na placu budowy.	*Wykorzystywanie odnawialnych źródeł energii na etapie wznoszenia budynku.
Użytkowanie i utrzymanie budynku.	*Projektowanie obiektów zaopatrywanych dzięki odnawialnym źródłom energii. *Remonty i modernizacje powinny być oparte również na zasadzie <i>renew(able)</i> .
Rozbiórka.	*Wykorzystywanie odnawialnych źródeł energii na etapie rozbiórki i recyklingu materiałów budowlanych.
Dalsze „losy” materiałów rozbiórkowych.	*Wykorzystywanie odnawialnych źródeł energii na etapie rozbiórki i recyklingu materiałów budowlanych.

cji środowiskowych oraz klimatycznych inwestycji.

Tym samym implementacja przynajmniej części postulatów związanych z zasadą 4R wydaje się w przypadku architektury prefabrykowanej stosunkowo łatwo osiągalna.

Technologie prefabrykowane w swój charakter mają wpisana pewną masowość, a co za tym idzie, możliwą redukcję kosztów. Wydaje się to obiecujące w kontekście upowszechnianego budownictwa energooszczędnego (pasywnego, zeroenergetycznego, plusenergetycznego). Rozwiązania energooszczędne na etapie budowy obiektów mieszkalnych wciąż jeszcze są widocznie droższe od tradycyjnych, odpowiadających obowiązującym przepisom. Czy zatem implementacja prefabrykacji w budownictwie energooszczędnym nie jest szansą na bardziej ekonomiczne rozwiązanie prośrodowiskowe?

Z punktu widzenia projektanta specyfika technologii prefabrykowanej uzupełniona postulatami związanymi z zasadą 4R może wydawać się twórczo ograniczająca. Wykorzystanie rozwiązań systemowych, standardowych, opartych na powtarzalności elementów i modułów, ograniczenie wykorzystania typów materiałów i ich ilości, stosowanie surowców oraz materiałów lokalnych – te i inne wymagania mogą bardzo silnie determinować decyzje projektowe. Tym niemniej tradycyjne technologie też to czynią. Ponadto zabudowa wielorodzinna charakteryzująca się powtarzalnością rozwiązań, w tym również budowlanych, w skali kondygnacji, budynku i osiedla. Tym samym możliwości oferowane przez prefabrykację wydają się dopasowane do potrzeb obiektów o tej funkcji.

Kwestie kształtowania architektury w trosce o przeciwdziałanie zmianom klimatu są kolejnymi zagadnieniami wprowadzonymi stosunkowo niedawno do i tak już skomplikowane-

go procesu projektowania architektonicznego. Ich złożoność wymaga interdyscyplinarnego projektowania przy udziale specjalistów z wielu dziedzin. Jednocześnie architekt nie powinien jedynie stosować rozwiązań opracowanych przez konstruktorów i innych projektantów branżowych, a uczestniczyć w projektowaniu systemu prefabrykacji, co pozwoli mu twórczo i odpowiedzialnie – także w kontekście klimatycznym – interpretować możliwości tej technologii.

Literatura:

- [1] Abdelkader M., Hamdy A., Samy S., Stait M., Defining the Characteristics of prefabricated Architecture as an Alternative Sustainable Construction Approach, International Conference for Sustainable Design of the Built Environment SDBE, Proceedings, red. Elsharkawy H., Zahiri S., Clough J., London 2018.
- [2] Boato F.E., Kim J.-H., Kim J.-T., Performance of Modular Prefabricated Architecture: Case Study-Based Review and Future Pathways. Sustainability 2016, 8, 558.
- [3] Cymer A., Architektura w Polsce 1945-1989, Centrum Architektury Narodowy Instytut Architektury i Urbanistyki, Warszawa 2018.
- [4] Chomałowska B., Betonina. Dom dla każdego, Wydawnictwo Czarne, Wołowiec 2018.
- [5] Firląg S., Poradnik Inwestora. Buduję z głową, buduję energooszczędnie, Fundacja Ziemia i Ludzie, Warszawa 2014.
- [6] Gropius W., Pełnia architektury, Wydawnictwo Karakter, Kraków 2014.
- [7] Kaliszuk-Wietecha A., Budownictwo zrównoważone. Wybrane zagadnienia z fizyki budowli, PWN, Warszawa 2017.
- [8] Kieran S., Timberlake J., Refabricating Architecture: How Manufacturing Methodologies Are Poised to Transform Building Construction, McGraw-Hill, New York 2004.
- [9] Kopalinski W., Słownik wyrazów obcych i zwrotów obcojęzycznych, Wiedza Powszechna, Warszawa 1989.
- [10] Malinowski S., Kardaś A., Popkiewicz M., Nauka o klimacie, Wydawnictwo Sonia Draga, Warszawa 2019.
- [11] Offsite Architecture: Constructing the Future, red. Smith R.E., Quale J.D., Routledge, New York 2017.
- [12] Ryńska E.D., Zintegrowany proces projektowania prośrodowiskowego, Oficyna Wydawnicza Politechniki Warszawskiej, Warszawa 2012.
- [13] Seelow A.M. (2018), The Construction Kit and the Assembly Line – Walter Gropius' Concepts for Rationalizing Architecture, "Arts" 2018, 7(4).
- [14] Smith R.E., Prefab Architecture: A Guide to Modular Design and Construction, John Wiley & Sons, Inc., Hoboken, New Jersey 2010.
- [15] Stangel M., Kształtowanie współczesnych obszarów miejskich w kontekście zrównoważonego rozwoju, Wydawnictwo Politechniki Śląskiej, Gliwice 2013.

[16] Studium uwarunkowań i kierunków zagospodarowania przestrzennego m.st. Warszawy, <http://architektura.um.warszawa.pl/studium> (dostęp 07.09.2019).

[17] Twardoch A., System do mieszkania, Bęc Zmiana, Warszawa 2019.

[18] Tofiluk A.M., Prefabricated Architecture, Past and Future: from Past Industrialized Residential Buildings to Contemporary Requirements, [w:] T. Kozłowski (red.), Defining the architectural space – tradition and modernity in architecture, Oficyna Wydawnicza Atut, Wrocławskie Wydawnictwo Oświatowe, 2019 (T. 6, str. 63–76).

[19] Tofiluk A., Prefabricated Residential Architecture and Climate Change – Responsible Design and its Dilemmas, [w:] A. Tofiluk, M. Płoszaj-Mazurek (red.), Redefining Cities in View of Climatic Changes, International Interdisciplinary Conference, Faculty of Architecture, Warsaw University of Technology, Warsaw 2019.

[20] Uchwała Nr 115/2019 Rady Ministrów z dnia 27 września 2016 r. w sprawie przyjęcia Narodowego Programu Mieszkaniowego.

[21] Using modern methods of construction to built homes more quickly and efficiently, Report by The National Audit Office, November 2005.

<https://www.nao.org.uk/wp-content/uploads/2005/11/mmc.pdf> (dostęp 07.09.2019).

[22] Warszawska Dzielnica Społeczna – Wstępna Koncepcja Masterplanu, opracowana przez BBGK Architektki, https://architektura.um.warszawa.pl/sites/default/files/files/WDS_wstepna%20koncepcja_wersja%20robocza.pdf (dostęp 03.02.2020).

[23] <https://www.shoparc.com/projects/b2> (dostęp 03.02.2020).

DOI: 10.5604/01.3001.0013.8483

PRAWIDŁOWY SPOSÓB CYTOWANIA

Tofiluk Anna, 2020, Prefabrykowana architektura mieszkaniowa a zmiany klimatyczne.

„Builder” 03 (272).

DOI: 10.5604/01.3001.0013.8483

Streszczenie: Architekt projektujący w sposób odpowiedzialny klimatycznie powinien dążyć do zastosowania rozwiązań technologicznych i materiałowych redukujących eksploatację zasobów oraz zużycie energii. Artykuł analizuje prefabrykację i jej zastosowania w wielorodzinnej zabudowie mieszkaniowej, rozpatruje ją w odniesieniu do cyklu życia obiektu oraz zasady 4R.

Słowa kluczowe: architektura prefabrykowana, klimat, zasada 4R

Abstract: Prefabricated Residential Architecture and Climate Change

Addressing climate change through architecture is part of sustainable design, which involves the selection of technologies that have the least negative impact on the environment. The article analyses prefabrication and its applications in multi-family housing, considers it in relation to the life cycle of the building and the 4R principle.

Key words: prefab architecture, climate, 4R principle