

PAWEŁ MIKA*

KLASYFIKACJA PREFABRYKOWANYCH BETONOWYCH
ROZWIĄZAŃ FASADOWYCH ORAZ PRZYCZYNY ICH
MARGINALNEGO ZNACZENIA NA POLSKIM RYNKU
BUDOWLANYMTHE CLASSIFICATION OF PRECAST CONCRETE FAÇADE
SYSTEMS AND THE REASONS OF ITS MARGINAL
SIGNIFICANCE ON THE POLISH CONSTRUCTION
MARKET

Streszczenie

W artykule przedstawiono kwestie związane z rozwojem systemowych rozwiązań elewacyjnych, usystematyzowano dostępne obecnie technologie oraz wyjaśniono przyczyny pejoratywnego stosunku do nich na rodzimym rynku budowlanym. Polska jest krajem, który skutecznie odrzuca większość technologii powiązanych ze stosowaniem prefabrykowanych okładzin elewacyjnych. Tymczasem, w wielu europejskich krajach budownictwo, najczęściej mieszkaniowe, opiera się właśnie na tego typu systemach. Uważane są one za bardzo ekonomiczne, jeśli tylko stosuje się je z odpowiednią dyscypliną. Nie ograniczają również swobody projektanta w takim stopniu, jak miało to miejsce kilkadziesiąt lat temu.

Słowa kluczowe: prefabrykacja, wielka płyta, prefabrykowane betonowe systemy fasadowe, okładziny

Abstract

Author of this paper tries to specify topics connected with development of the precast concrete façade systems, to systematize them and to find out reasons of its marginal significance on the local construction market. Poland is the country, which successfully rejects most of the technologies related with precast concrete claddings, whereas in many of the European countries, these systems are the most dominant materials for finishing elevations. They are considered there to be very economic and they let architects to be very creative if only used properly.

Keywords: precast, elevations, precast concrete façade systems, claddings

* Mgr inż. arch. Paweł Mika, Instytut Projektowania Budowlanego, Wydział Architektury, Politechnika Krakowska.

1. Wstęp

W Polsce wciąż jeszcze prefabrykacja budowlana kojarzy się głównie ze stosowanymi do końca lat 80. ub. wieku różnymi systemami, tzw. wielkiej płyty. Technologia ta miała bardzo negatywny wpływ na stosunek całego społeczeństwa, w tym również projektantów, do wszystkiego co dotyczy elewacyjnych rozwiązań modułarnych. Postrzega się je przede wszystkim jako technologie ograniczające swobodę tworzenia, stwarzające sztuczne ramy niedające pola do popisu niczym nie skrepowanej wyobraźni. Ogromna w tym wina ustroju socjalistycznego, za czasów którego powstawały przytłaczające swą skalą założenia urbanistyczne, obszerne blokowiska o monotonnej architekturze i kolorystyce. Do dnia dzisiejszego odreagowujemy taki stan rzeczy, malując pokryte styropianem obiekty, na jaskrawe lub „ciepłe” pastelowe kolory. Chętnie natomiast zarówno projektanci, jak i inwestorzy, sięgają po drobnowymiarowe prefabrykowane elementy konstrukcyjne, takie jak cegła, pustaki ściennie, belki i kształtki nadprożowe czy większe w swych gabarytach płyty stropowe kanałowe, wstępnie sprężone. Za ich stosowaniem przemawia m.in. jakość gotowych produktów. Fakt iż zostały wytworzone w przeznaczonym do tego celu zakładzie, w optymalnych warunkach sprawia, że producent może zapewnić stałą kontrolę jakości, bez porównania lepszą niż ta, którą osiąga się na placu budowy.

Innym bardzo ważnym czynnikiem jest obniżenie kosztów budowy dzięki prefabrykowanym elementom konstrukcyjnym. Seryjna produkcja, wielokrotne użycie wysokiej jakości form, szalunków, niemal całkowita mechanizacja procesu produkcyjnego znacznie przyspiesza wytwarzanie, a rezygnacja z pełnych szalunków, rusztowań, zastąpionych tańszymi stemplami skraca proces realizacji obiektu. Elementy ściennie, stropowe czy dachowe mogą być wykonywane w zakładzie w czasie wylewania fundamentów na placu, zupełnie niezależnie od czynników atmosferycznych.

Stosunkowo łatwo można zinterpretować samo słowo „prefabrykacja”. Pierwszy jego człon „pre”, „...ma związek znaczeniowy z czymś bardzo odległym w czasie lub z początkową fazą, bądź wcześniejszym występowaniem czegoś¹”. Fabrykacja znaczy mniej więcej tyle co produkcja. Prefabrykacja w budownictwie będzie więc procesem wcześniejszego wytwarzania elementów, po złożeniu których otrzymamy gotowy produkt – np. obiekt budowlany².

Norma PN-71/B-06280 określa dwa typy prefabrykacji w zależności od sposobu ich montażu. Pierwszy to tzw. swobodny „montaż elementów prefabrykowanych wielkowymiarowych, wykonywany na styk prosty, bez pomocy części łączących ograniczających wielkości odchyłek montażowych, pozwalający na swobodne wzajemne przesunięcia względem siebie montowanych elementów”³. Drugim typem jest montaż przymusowy (wymuszony) „...elementów prefabrykowanych wielkowymiarowych, wyposażonych w płaszczyznach stykowych w złącza montażowe ograniczające odchyłki montażowe, wyznaczające dokładne miejsce usytuowania elementów konstrukcji budynku oraz uniemożliwiający swobodne przesunięcia poprzeczne i podłużne względem siebie montowanych elementów”⁴.

¹ Słownik Języka Polskiego (<http://sjp.pwn.pl>).

² Paprocki A., Szewczyk S., *Prefabrykacja budowlana. Część I*, Wydawnictwa Szkolne i Pedagogiczne, Bielsko-Biała 1976, s. 7.

³ PN-71/B-06280. Polska Norma: Konstrukcje z wielkowymiarowych prefabrykatów żelbetowych. Wymagania w zakresie wykonywania i badania przy odbiorze, Polski Komitet Normalizacji, Miar i Jakości.

⁴ *Ibidem*.

2. Fasady z prefabrykatów betonowych w Polsce

Rozwój systemów opartych na prefabrykacji w Polsce rozpoczął się w latach 50. ub. wieku. Miał on związek, tak jak w innych krajach, z potrzebą szybkiej i taniej budowy. Państwo obiecało zapewnić wszystkim obywatelom mieszkania. Zastosowanie prefabrykatów zwanych potocznie wielką płytą⁵ wydawało się nie bez powodu rozsądnym rozwiązaniem. Od strony estetycznej budynki miały wpisywać się w obowiązujący wówczas nurt zwany modernizmem. Zakładał on odcięcie się od jakichkolwiek stylów historycznych, porzucenie detalu architektonicznego i uwidocznienie wpływu funkcji na formę obiektu. Taka filozofia musiała być bardzo na rękę ówczesnej władzy. Jak widać po wczesnych realizacjach – zostały one maksymalnie uproszczone, a co za tym idzie – koszty budowy zostały zminimalizowane. Jednak korzyści ekonomiczne były tylko pozorne. Realizacja takiego obiektu z gotowych prefabrykatów, mogła następować w bardzo szybkim tempie, niestety cały proces był niezwykle energochłonny. Zwłaszcza na skutek ogromnego zapotrzebowania na moduły przyspieszono ich wytwarzanie poprzez zwiększanie temperatury dojrzewającego betonu. Ponadto, załadunek, transport i rozładunek tak dużych elementów wiązał się z użyciem kosztownego, ciężkiego sprzętu.

Wraz z budową kolejnych osiedli technologia się rozwijała. Wprowadzano zmiany, których zadaniem było zapewnienie lepszych parametrów konstrukcyjnych, izolacyjnych oraz estetycznych. w ten sposób wyodrębniły się kolejne systemy. Spośród nich możemy wyróżnić **systemy zamknięte** – korzystne pod względem ekonomicznym (niewielka liczba typów elementów), jednak niezwykle ograniczające możliwości projektanta – pozwalały na stworzenie najczęściej jednego rodzaju segmentu i powtarzanie go bez końca. Do takich systemów zalicza się m.in. PBU, zastosowany w wybudowanym pod koniec lat 50. warszawskim osiedlu Jelonki, Domino, Dąbrowa OWT-67 (Oszczędna Wielkopłytowa Technologia), Rataje. **Systemy otwarte** dawały z kolei nieco większe pole do popisu architektom. Pozwalały na tworzenie różnych konfiguracji, pomimo poruszania się w ograniczonym ciągle zakresie typów elementów. Do takich systemów należą np. W-70, OWT-75.

Po 1989 roku nastąpił gwałtowny odwrót od wielkiej płyty. Wpływ na to miała zmiana ustroju, utworzenie dużej liczby małych przedsiębiorstw budowlanych i upadek dużych spółdzielni państwowych. Przy zakupie mieszkania zaczęły się liczyć dla nabywców czynniki inne niż tylko metraż – rozwiązanie funkcjonalne, materiałowe, kolorystyczne itp.

Budowane w okresie 1950–1990 osiedla miały ogromny wpływ na stosunek użytkowników, inwestorów, projektantów do prefabrykowanych elementów wielkopłytowych. Jakość ich wykonania pozostawiała wiele do życzenia – produkowane w pośpiechu, z użyciem tanich materiałów, często ulegały uszkodzeniom w transporcie. Dodatkowo naglące terminy realizacji skutkowały powstawaniem obiektów o niezwykle dużej liczbie usterek, złych parametrach akustycznych, termoizolacyjnych i estetycznych. Ostatnie 10 lat to okres przystosowywania tych obiektów do współczesnych standardów. Łatwo zaobserwować pokrywanie kolejnych bloków warstwami styropianu i tynku. Można również wzorem krajów

⁵ „Określenie wielka płyta oznacza element płytowy o wymiarach nie mniejszych niż wymiary ściany przynajmniej jednej izby. Prefabrykaty takie produkuje się w wysokozmechanizowanych wytwórniach, w których (pod warunkiem odpowiedniej dbałości o jakość) możliwe jest wykończenie powierzchni elementów, zanim trafią na plac budowy.” Martinek W., Pieniążek J., *Technologia budownictwa*, Wydawnictwa Szkolne i Pedagogiczne, Warszawa 1995, s. 72.

zachodnich zmniejszać intensywność zabudowy wyburzając górne kondygnacje, wymieniać stolarkę i łączyć mieszkania w większe.

Opinia, jaką te systemy wyrobiły wszelkim technologiom związanym z wykańczaniem fasad prefabrykatami betonowymi, nie tylko konstrukcyjno-elewacyjnymi, skutecznie ograniczyła ich produkcję na wiele lat. Od pewnego czasu zaobserwować możemy jednak powrót do estetyki betonu elewacyjnego. Już w 2002 r. w Warszawie został oddany do użytku budynek biurowo-magazynowy Reprografu, wg projektu Autorskiej Pracowni Architektury Kuryłowicz & Associates. Część z jego zewnętrznych i wewnętrznych ścian została pokryta prefabrykatem betonowym. Zarówno ze względu na jego wyraz architektoniczny, jak i uniwersalne właściwości fizyczne. Jak mówił w wywiadzie⁶ główny architekt, Stefan Kuryłowicz, jest to „...materiał bardzo uczciwy. On nic nie udaje, jest jaki jest.” „...coraz więcej inwestorów dowiaduje się, że beton to nie tylko szara maź, którą wlewa się w szalunki, ale szlachetny materiał, którego zastosowanie może dać znakomite efekty.”

3. Fasady z prefabrykatów betonowych w Europie

Zaskakujący może być jednak fakt, że w wielu krajach europejskich stanowią one podstawę na rynku budowlanym, głównie w przypadku zabudowy wielorodzinnej. Doskonałym przykładem jest tu Finlandia. Obecnie stosowane tam systemy są kolejnymi modyfikacjami technologii stworzonej w późnych latach 60. o nazwie BES. w ich przypadku stosunek ceny do jakości był na tyle korzystny, że nie zaprzestano produkcji tylko ją rozwijano i udoskonalano. w zamieszczonym w listopadowym numerze Materiałów Budowlanych z 2008 r. artykule⁷ przytoczone zostały dane, według których udział produkcji prefabrykatów wynosi 60% całej branży betonów.

Z kolei David Bennett w książce *The Art Of Precast Concrete* pisze, że prefabrykacja betonowa w Finlandii stanowi ok 33% całego rynku budowlanego, a systemowe okładziny betonowe to aż 97% wszystkich stosowanych w budownictwie wielorodzinnym. Przyczyną takiego stanu rzeczy są niskie koszty produkcji i bardzo duża efektywność tego materiału. Sytuacja w krajach sąsiednich – Danii i Szwecji nie różni się wiele⁸.

Polska nie jest jedynym krajem, który praktycznie odrzuca tego rodzaju rozwiązania. w Wielkiej Brytanii ten sposób wykańczania uchodzi za najdroższy i najcięższy (generując przy tym dodatkowo koszty konstrukcji). Stanowi tam jedynie 2% rynku okładzin. Podstawowym powodem takiej sytuacji jest najprawdopodobniej podejście architektów do tego zagadnienia. Aby utrzymać niskie koszty, projektanci muszą korzystać z oferowanych przez producentów, sprawdzonych i wytwarzanych w dużych ilościach typowych modułów. Tylko w takim przypadku można zapewnić niskie ceny ich produkcji. w razie realizacji indywidualnego systemu pod kątem konkretnego obiektu koszty takiej budowy mogą wzrosnąć nawet kilkakrotnie.

⁶ Piestrzyński P., *Materiał uczciwy, jest jaki jest*, Budownictwo, Technologie, Architektura, nr 25, 2004, s. 14.

⁷ Suikka A., tłumaczenie Szulc J., *Prefabrykowane fasady betonowe w Finlandii*, Materiały Budowlane nr 11/2008, s. 18.

⁸ Bennett D., *The Art. Of Precast Concrete. Colour, texture, expression*, Birkhäuser, Bazylea 2005.

4. Wytwarzanie

Istnieją dwa podstawowe rodzaje produkcji elewacyjnych prefabrykatów betonowych.

Dry cast to metoda znana już w czasach Starożytnego Rzymu. Polegała ona na wyrabianiu mieszanki wapienia, piaskowca i innych kruszyw z dodatkiem tylko takiej ilości wody, aby uzyskać jedynie wilgotną substancję, która była następnie ubijana w drewnianych formach i pozostawiana do momentu stwardnienia. Wytwarzane w ten sposób komponenty służyły najczęściej do uzupełniania ubytków w konstrukcjach kamiennych lub jako niewielkie elementy konstrukcyjne, np. nadproża. Momentem przełomowym dla tej technologii okazało się odkrycie cementu portlandzkiego⁹. Dzięki jego właściwościom estetycznym, powszechnie zaczęto stosować omawiane wyroby jako imitację kamienia naturalnego. W momencie wynalezienia żelbetu liczba zastosowań tych prefabrykatów jeszcze wzrosła.

Metoda *dry cast* jest stosowana do dnia dzisiejszego, poza pewnymi udoskonaleniami, w niezmienionej formie. Obecnie w skład mieszanki wchodzi cement, pigment (2–6% masy cementu) i kruszywo wybranego kamienia o frakcji 3–6 mm. Takie składniki zapewniają powstanie produktu doskonale naśladującego naturalny surowiec. Zazwyczaj dalsza obróbka nie jest konieczna, istnieje jednak możliwość wykańczania np. poprzez trawienie kwasem, piaskowanie czy młotkowanie. Podstawową zaletą tej metody jest prostota i efektywność, a co za tym idzie niskie koszty produkcji. Półsucha mieszanka może być wyjęta z szalunku niedługo po jego wypełnieniu. Daje to możliwość wielokrotnego wykorzystania jednej matrycy w ciągu dnia. Do wad zaliczyć trzeba niezbyt dużą precyzję wykonania takich komponentów. Dzieje się tak dlatego, że taka mieszanka betonowa nie jest w stanie dokładnie odwzorować faktury powierzchni szalunku.

Wet cast to nowsze rozwiązanie. Możliwości, jakie daje stosowanie w procesie budowy ciężkiego sprzętu w postaci żurawi czy dźwigów oraz konieczność budowy w niezwykle szybkim tempie spowodowały, że ekonomicznym rozwiązaniem okazały się również wielkogabarytowe prefabrykowane elementy betonowe. W tym przypadku mieszanka betonowa musi mieć konsystencję płynną, która zapewnia dokładne wypełnienie formy, bez ryzyka rozdzielania się składników, oraz dokładne powiązanie z niezbędnym już w tym przypadku zbrojeniem. Duża zawartość wody wymusza konieczność pozostawienia produktu w szalunku przez co najmniej 18 godzin. Taki okres daje pewność, że przy wyjmowaniu nie dojdzie do uszkodzenia. Następnym krokiem jest czyszczenie elementu ze środków zapobiegających łączeniu się betonu z szalunkiem oraz pozostawienie niemal gotowego już prefabrykatu, aby dojrzał, przed przystąpieniem do wykańczania płaszczyzny licującej.

Z ekonomicznego punktu widzenia, forma powinna być wykorzystana co najmniej 30 razy, aby system zaczął się zwracać, dlatego przy projektowaniu należy kłaść nacisk na jak najmniejszą liczbę typów powtarzalnych elementów. W przypadku matryc strukturalnych, tworzonych na bazie elastycznych tworzyw sztucznych, producenci zapewniają, że możliwe jest wykonanie nawet 100 odlewów.

Wielkość elementu uzależniona jest od kilku czynników. Przede wszystkim wynika ona z opłacalności – drobne komponenty charakteryzują się małą wagą, więc mogą być przygotowywane do transportu czy montowane ręcznie. Nie powodują też utrudnień przy sa-

⁹ „Wynalezienie cementu portlandzkiego przypisywane jest Anglikowi Josephowi Aspdinowi, który w 1824 uzyskał patent na jego wyrób. Nazwa pochodzi od koloru otrzymanego cementu, który przypominał wylazcy kolor skał z wyspy Portland – wówczas jednego z najlepszych i najdroższych materiałów budowlanych w Wielkiej Brytanii” (pl.wikipedia.org).

mym transporcie. w przypadku wielkogabarytowych prefabrykatów niezbędny jest już ciężki sprzęt. Równie istotną rolę (o ile nie najważniejszą) odgrywa strona wizualna projektowanego budynku – wymiary mogą być uzależnione i wynikać z przyjętego przez architekta modułu, nie koniecznie konstrukcyjnego. Za górną granicę powierzchni komponentu, producenci podają 40 m² w postaci kwadratu lub prostokąta¹⁰.

5. Klasyfikacja elewacyjnych prefabrykatów betonowych

Pod kątem konstrukcji możemy podzielić stosowane systemy na cztery podstawowe rodzaje:

1. Okładziny – elementy płytowe, jednowarstwowe, mocowane do konstrukcji budynku na zaprawie klejowej lub na kotwach stalowych. Mogą różnić się od siebie fakturą uzyskiwaną w wyniku zastosowanej matrycy (np. gładkie, imitujące kamień naturalny, cegłę klinkierową itp.) bądź na skutek dalszej obróbki, po wyjęciu z niej (np. poprzez szrotkowanie, polerowanie, piaskowanie, wytrawianie kwasem, zmywanie, łupanie). Występują również w różnych kolorach w zależności od zastosowanych pigmentów oraz rodzaju kruszywa.

O niemal nieograniczonych możliwościach, jakie daje prefabrykacja betonowa, mogą świadczyć najnowsze rozwiązania, do których należy m.in. fotobeton (il. 1). Złożona technologia polega na przeniesieniu motywu ze zdjęcia na powierzchnię elementu poprzez zastosowanie opóźniacza wiązania betonu. Powstały obraz jest więc nie zwykłym nadrukiem, tylko tworzy się w warstwie licującej na skutek różnych okresów dojrzewania mieszanki w obrębie jednej powierzchni. Dzięki takiemu rozwiązaniu nie jest on podatny na zmywanie czy płowienie.

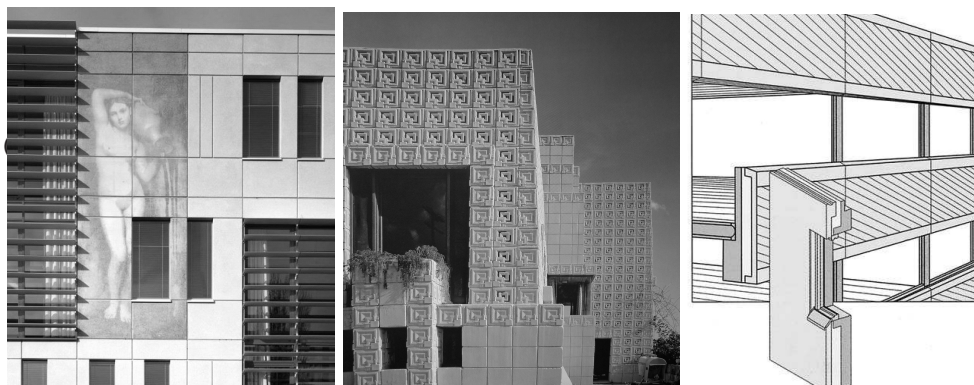
Beton reliefowy z kolei daje możliwość uzyskania płaszczyzny o różnych fakturach na niezwykle skomplikowanych formach.

Za sprawą tekstylnych siatek zbrojących z włókna szklanego okładzina taka może mieć tylko 2 cm grubości, dzięki czemu nie stanowi takiego obciążenia dla konstrukcji budynku, jak np. z kamienia naturalnego. System ten daje możliwość stworzenia fasady z ciągłą izolacją termiczną oraz pustką wentylacyjną. Mostki cieplne pojawiają się tylko w miejscach kotew lub profili montażowych.

2. Drobne elementy o różnym przeznaczeniu, nie koniecznie do budowy ścian zewnętrznych. Mogą być produkowane masowo bądź pod kątem konkretnego obiektu. Za twórcę tego systemu należałoby uznać amerykańskiego architekta Franka Lloyd Wrighta. Już w latach 20. ub. wieku eksperymentował z technologią, która miała zrewolucjonizować rynek budowlany. System bloków tekstylnych (Textile Block System)¹¹ oparty został na modularnych kostkach betonowych służących głównie do wznoszenia ścian domów. Tylko pozornie nawiązywał do tradycyjnych pustaków, cegieł czy bloków kamiennych od wieków stosowanych w budownictwie. Technologia Wrighta miała różnić się praktycznie wszystkim – od procesu wytwarzania po montaż.

¹⁰ Wójcik J., Osowski S., *Matryce do betonu architektonicznego*, Budownictwo, Technologie, Architektura, nr 27, 2004, s. 14.

¹¹ Pfeiffer B.B., *Frank Lloyd Wright 1917–1942. The Complete Works*, Taschen, Köln 2010.



Il. 1. Fasada z fotobetonu. Wild Office, Fisher Architecten. Mannheim, Niemcy (źródło: <http://www.heringinternational.com/en/concrete/photo-concrete-1177.htm>)

Ill. 1. Photo Concrete Façade. Wild Office, Fisher Architecten. Mannheim, Germany

Il. 2. Dom Ch. Ennisa, 1924. F.L. Wright. Pasadna, Kalifornia, USA (źródło: Pfeiffer B. B., *Frank Lloyd Wright 1917–1942. The Complete Works*, Taschen, Köln 2010, s. 119)

Ill. 2. Charles Ennis house, 1924. F. L. Wright. Pasadna, California, USA

Il. 3. Prefabrykowany konstrukcyjny panel betonowy typu *sandwich* (źródło: *The Art. Of Precast Concrete. Colour, texture, expression*, Birkhäuser, Bazylea 2005, s. 11)

Ill. 3. Precast load-bearing concrete *sandwich* panel

Punktem wyjścia był odlew betonowy, w drewnianym szalunku, stężonym metalową ramką o bardzo ściśle określonych wymiarach i odpowiednio wyprofilowaną, której zadaniem było zapewnienie optymalnej precyzji obrzeży produkowanej kształtki. Co ciekawe elementy te były wytwarzane na placu budowy i miały charakterystyczną formę, inną dla każdego z wybudowanych obiektów. Przykładami takich realizacji są: dom Charlesa Ennisa (il. 2), dom Samuela Freemana czy dom Alice Miliard. Niestety technologia ta, mimo że bardzo pomysłowa i zapewniająca niezwykle efekty natury estetycznej, okazała się nieekonomiczna i wadliwa. Tym niemniej można znaleźć współczesne realizacje, które w bardzo wyraźny sposób nawiązują do dzieł Wrighta, np. dom *Pentimento* w Ekwadorze autorstwa Jose Marí Sáeza i Davida Barragána czy budynek krematorium w belgijskim mieście Sint Nikolaas wg projektu pracowni Claus en Kaan Architecten.

3. Duże elementy elewacyjne warstwowe samonośne i konstrukcyjne, typu *sandwich* (il. 3).

Za ich pierwowzór można uznać wspomnianą „wielką płytę”, bardzo popularne w krajach północnej Europy, ze względu na klimat uciążliwy dla budownictwa monolitycznego. Składają się zazwyczaj z 3 warstw – zewnętrznej (betonowej), o grubości 7 cm, środkowej, pełniącej rolę termoizolacji (najczęściej z prasowanej wełny mineralnej) – ok. 16 cm i wewnętrznej. w zależności od rodzaju (samonośna czy konstrukcyjna) jej grubość może wynosić od 8 cm wzwyż. Wysokość takiego elementu osiąga zazwyczaj tyle co kondygnacja, a długość może dochodzić do 8 metrów. Jako doskonały, współczesny przykład realizacji z użyciem paneli typu *sandwich*, może służyć apartamentowiec Hedorf's Residence Hall (il. 4), duńskiego biura projektów KHR Architekt. Zastosowane panele nie są płaskie jak w większości podobnych inwestycji. Architekci pokusili się, pomimo ograniczonego budżetu (obiekt był częściowo finansowany z dotacji rządowych), na roz-



Il. 4. Hedorf's Residence Hall, 2004–2009. KHR Architekter. Frederiksberg, Dania (źródło: <http://www.dailytonic.com/hedorfs-residence-hall-by-khr-architects/>)

Ill. 4. Hedorf's Residence Hall, 2004–2009. KHR Architekter. Frederiksberg, Denmark



Il. 5. Budynek biurowy, 2009. Claus en Kaan Architecten. Ijburg, Amsterdam, Holandia (źródło: *Office Building in Ijburg, Amsterdam, Detail*, 1/2, 2010, s. 33)

Ill. 5. Office building, 2009. Claus en Kaan Architecten. Ijburg, Amsterdam, Nederland



Il. 6. Laboratorium Botaniczne, 2006. Rafael Viñoly. Wageningen, Holandia (źródło: Staib G., Dörrhöfer A., Rosenthal M., *Components and Systems. Modular Construction. Design Structure New Technologies*, Birkhäuser, Bazylea 2008, s. 51)

Ill. 6. Botanic Laboratory, 2006. Rafael Viñoly. Wageningen, Holandia

rzeźbienie fasady poprzez wprowadzenie trójkątnych świetlików bocznych, w celu uniknięcia monotonii. Mikkel Beedholm, jeden z autorów, tak opowiada o swoim pomyśle: „...chcieliśmy zmienić złą opinię jaką ma beton. Pragnęliśmy pokazać, że możliwe jest stworzenie ekscytującej architektury przy użyciu prefabrykowanych warstwowych paneli i zainspirować przy tym innych...”¹².

Równie ciekawą realizacją jest budynek biurowy zlokalizowany w nowej dzielnicy Amsterdamu – Ijburg (il. 5). w tym przypadku również nie zastosowano typowych *sandwichów*, tylko prefabrykowane betonowe konstrukcyjne elementy elewacyjne, stworzone specjalnie na potrzeby tego obiektu. Ocieplenie wykonano od wewnątrz, po ukończeniu stanu surowego. Od strony wizualnej architektki z biura Claus en Kaan Architecten poszli w kierunku niezwykle oszczędnej formy, choć w tym przypadku nie było to uzasadnione względami ekonomicznymi.

4. Egzoszkielety – mają postać ażurowej, żelbetowej konstrukcji nośnej, za którą znajduje się dopiero szczelna, np. przeszklona, ściana osłonowa. Takie rozwiązanie zostało zastosowane np. w Laboratorium Botanicznym zwanym Atlas Building w Wageningen. Pozwoliło ono na uzyskanie niemal bezpodporowej przestrzeni wewnętrznej, aby pomieszczenia laboratoryjne oraz biurowe miały zapewnioną odpowiednią mobilność w zakresie ich aranżacji.

Projektanci wybrali holenderską firmę zajmującą się produkcją prefabrykatów, do tworzenia których posługują się samozagęszczalnym betonem (SCC – self-compacting concrete) z dodatkiem dwutlenku tytanu. Jego powierzchnia jest doskonale gładka, wolna od pęcherzyków powietrza, w których najczęściej rozwijają się porosty. Dwutlenek tytanu sprawia,

¹² Daily Tonic (<http://www.dailytonic.com/hedorfs-residence-hall-by-khr-architects/>), tłumaczenie autora.

że powłoka staje się samoczyszcząca – wszystkie gromadzące się zanieczyszczenia są spłukiwane wraz z deszczem. o ile początkowo architekci eksperymentowali z „diamentowym” wzorem struktury, o kątach nachylenia poszczególnych elementów 30 i 60 stopni, to wybór ostatecznie padł na 45 stopni – kąt tworzący doskonale w swej formie kwadraty – zarówno z estetycznego, jak i konstrukcyjnego punktu widzenia. Zastosowana siatka z identycznych elementów konstrukcyjnych nie tylko pełni rolę ażurowej przegrody chroniącej przed nadmiernym przegrzaniem przeszklonego budynku, ale również przenosi część obciążeń.

6. Wnioski

Bez wątplenia beton jest jednym z najpopularniejszych materiałów stosowanych w budownictwie i wszystko wskazuje na to, że jeszcze bardzo długo taki stan rzeczy się utrzyma. Dowodzą tego niezliczone kierunki rozwoju i sukcesy, jakie każdego dnia osiągają inżynierowie pracujący nad ulepszaniem istniejących technologii oraz odkrywaniem nowych.

Do najciekawszych dokonań zaliczyć należy m.in. te, które pozwalają zapewnić jak najdłużej doskonale parametry estetyczne materiału po realizacji obiektu. w ostatnim czasie wprowadzonych zostało wiele obiecujących rozwiązań. Jednym z nich jest wspomniany już beton samozagęszczalny. Charakteryzuje się on wysoką płynnością mieszanki, jednocześnie nie występuje w nim zjawisko segregacji składników. Doskonale może więc wypełnić każdy detal matrycy. Zdolność do samoczynnego odpowietrzania, zapewnia idealną gładkość powierzchni prefabrykatu. Jest to najważniejsza z zalet, ponieważ właśnie w porach tworzonych przez pęcherzyki powietrza gromadzi się brud, wilgoć, a następnie rozwijają szkodliwe grzyby i porosty. Brak konieczności wibrowania (zagęszczania) skraca czas produkcji, co pozwala na redukcję kosztów.

Innym ciekawym osiągnięciem jest beton samoczyszczący. w skład jego mieszanki wchodzi nanodispersyjny dwutlenek tytanu TiO_2 . Niedrogi związek łatwo podlega aktywacji promieniowaniem UV. Pod wpływem działania słońca zachodzi na takiej powierzchni zjawisko utleniania fotokatalitycznego. Wszelkiego rodzaju zanieczyszczenia, stykając się z nią, ulegają utlenieniu. Doskonała gładkość oraz superhydrofilowość zapewniają równomierne spłukanie pozostałości reakcji z elewacji.

Coraz powszechniej stosowany jest lekki beton AAC (*Autoclaved Aerated Concrete*). Jego masa może stanowić nawet 1/5 wagi tradycyjnego betonu, a przy tym ma znacznie lepsze parametry termoizolacyjne. LitraCon (*Ligot Transmitting Concret*) to z kolei rodzaj semitransparentnego betonu. Dzięki wprowadzeniu do mieszanki światłowodów (ok. 4% całkowitej masy) możliwe jest przenikanie światła przez przegrodę. Właściwości konstrukcyjne pozostają praktycznie niezmienione, dlatego można stosować produkowane bloki czy panele zarówno jako elementy elewacyjne, jak i dekoracje wewnętrzne¹³. Beton jest więc materiałem niezwykle uniwersalnym, a pomysłem na wzbogacenie jego właściwości nie widać końca.

Wiele ze wspomnianych wyżej technologii jest na tyle skomplikowana technologicznie, że nie możliwe byłoby wytwarzanie ich bezpośrednio na placu budowy, zwłaszcza przy nie-

¹³ Cohen J.L., Meller G.M., *Liquid Stone. New Architecture in Concrete*, Birkhäuser, Austria 2006, s. 34.

przewidywalnych czynnikach atmosferycznych. Jedynym wyjściem jest wtedy prefabrykacja, dzięki której proces produkcyjny prowadzony jest w optymalnych warunkach oraz podlega stałej kontroli. Daje to pewność zarówno architektom, jak i inwestorom, że zakładany efekt estetyczny (i nie tylko) zostanie w pełni osiągnięty.

Literatura

- [1] Adamski D., *Beton na nowej fali*, Budownictwo, Technologie, Architektura, nr 13, 2001.
- [2] Bennett D., *The Art. Of Precast Concrete. Colour, texture, expression*, Birkhäuser, Bazylea 2005.
- [3] Chęcińska K., *Prefabrykowane ściany i ich produkcja*, Budownictwo, Technologie, Architektura, nr 49, 2010, 56.
- [4] Cohen J.L., Meller G.M., *Liquid Stone. New Architecture in Concrete*, Birkhäuser, Austria 2006.
- [5] Wikipedia, Wolna encyklopedia (<http://pl.wikipedia.org>).
- [6] Słownik Języka Polskiego (<http://sjp.pwn.pl>).
- [7] Daily Tonic (<http://www.dailytonic.com/hedorfs-residence-hall-by-khr-architects/>).
- [8] Martinek W., Piątek J., *Technologia budownictwa*, Wydawnictwa Szkolne i Pedagogiczne, Warszawa 1995.
- [9] Paprocki A., Szewczyk S., *Prefabrykacja budowlana. Część I*, Wydawnictwa Szkolne i Pedagogiczne, Bielsko-Biała 1976.
- [10] Pfeiffer B.B., *Frank Lloyd Wright 1917–1942. The Complete Works*, Taschen, Köln 2010.
- [11] Piestrzyński P., *Materiał uczciwy, jest jaki jest.*, Budownictwo, Technologie, Architektura, nr 25, 2004.
- [12] PN-71/B-06280 Polska Norma: Konstrukcje z wielkowymiarowych prefabrykatów żelbetowych. Wymagania w zakresie wykonywania i badania przy odbiorze, Polski Komitet Normalizacji, Miar i Jakości.
- [13] Suikka A., *Prefabrykowane Fasady betonowe w Finlandii*, Materiały Budowlane, nr 11/2008.
- [14] Wójcik J., Osowski S., *Matryce do betonu architektonicznego*, Budownictwo, Technologie, Architektura, nr 27, 2004.