

Zastosowanie brył platońskich w innowacyjnej działalności inżyniera

Mgr inż. Karolina Banaszak, Wydział Instalacji Budowlanych, Hydrotechniki i Inżynierii Środowiska, Politechnika Warszawska, ORCID: 0000-0003-1253-7502

1. Wprowadzenie

Przed inżynierem w dzisiejszych czasach stoi wiele różnorodnych wyzwań. Przytoczę słowa Heraklita z Efezu: „Jedyną stałą rzeczą w życiu jest zmiana”. Dzisiaj to początek zmian w przyszłości. Inżynier tworząc dzisiaj, tworzy rzeczywistość jutra, dlatego tak ważne jest, aby łączyć to, co jest znane i nieznanie. Podchodzić do problemów jako wyzwań, które zawsze da się rozwiązać, ale nie w taki oczywisty sposób, jakby na początku mogło się to wydawać. Jest to czas, kiedy trzeba wykazać się innowacyjnością, dlatego dzisiejszego inżyniera nazywa się już inżynierem innowacji. Więcej na temat definicji tego pojęcia pisałam w „Przełądzie Budowlanym” w numerze grudniowym 2019 roku. Tworzenie i kształtowanie bryły stanowi duże wyzwanie dla projektanta, zwłaszcza na przełomie wieków XX i XXI. Może być efektem wyrażenia kreatywności i bezgranicznej wolności. Przestrzeń ograniczają jedynie powierzchnie, które tworzą obiekt budowlany. W przypadku brył platońskich są to trzy figury płaskie: trójkąt równoboczny, kwadrat i pięciokąt foremny. Połączenie funkcji i estetyki wraz z odpowiednią technologią wykonawstwa, odpowiednimi właściwościami zastosowanych materiałów, jak również rodzaju konstrukcji pozwalają na wykorzystanie takich przestrzeni do użytku codziennego. Tradycyjną formą budynku jest prostopadłościan. Jednak gdyby nie kreatywne podejście do tego zagadnienia, to nie byłoby rozwoju, dlatego w tym artykule zostaną przedstawione innowacyjne geometryczne formy przestrzenne obiektów budowlanych dotyczące tylko brył platońskich.

2. Bryły platońskie

Na początku należy sobie odpowiedzieć na pytanie, co to są bryły platońskie?

Są to bryły będące wielościanami foremnymi. Warto przypomnieć, że wielościanem foremnym nazywamy wielościan, którego wszystkie ściany są wielokątami foremnymi do siebie przystającymi. Wielościany te charakteryzują się doskonałą formą geometryczną, tzn. że na każdym z nich można opisać i w każdy z nich można wpisać sferę, a środki tych sfer pokrywają się i stanowią środek danego wielościanu. Takich wielościanów istnieje dokładnie pięć, co w łatwy sposób jest do udowodnienia. Trzy z nich zbudowane są z trójkątów równobocznych i są to:



Rys. 1. Czworosciany zwieńczające budynki, osiedle mieszkalne La Pièce Pointue, Le Blanc-Mesnil, Francja

- czworoscian foremny (tetraedr), gdzie przy każdym wierzchołku są po trzy trójkąty równoboczne o sumie kątów płaskich $3 \times 60^\circ = 180^\circ$ (ma 4 ściany, 4 wierzchołki, 6 krawędzi);
- ośmiościan foremny (oktaedr), gdzie przy każdym wierzchołku są po cztery trójkąty równoboczne o sumie kątów $4 \times 60^\circ = 240^\circ$ (ma 8 ścian, 6 wierzchołków, 12 krawędzi);
- dwudziestościan foremny (ikosaedr), gdzie przy każdym wierzchołku jest po pięć trójkątów równobocznych o sumie kątów $5 \times 60^\circ = 300^\circ$ (ma 20 ścian, 12 wierzchołków, 30 krawędzi).

Pozostałe dwa, zbudowane są z czworokątów foremnych (kwadratów) i pięciokątów foremnych, z których można użyć po jednym wielościanem foremnym i są to:

- sześciścian (sześciścian foremny) (heksaedr), gdzie przy każdym wierzchołku są po trzy kwadraty o sumie kątów $3 \times 90^\circ = 270^\circ$ (ma 6 ścian, 8 wierzchołków, 12 krawędzi);
 - dwunastościan foremny (dodekaedr), gdzie przy każdym wierzchołku są po trzy pięciokąty foremne o sumie kątów $3 \times 108^\circ = 324^\circ$ (ma 12 ścian, 20 wierzchołków, 30 krawędzi).
- Należy jeszcze wspomnieć o kolejnych własnościach tych wielościanów foremnych:
- wszystkie krawędzie są jednakowej długości;
 - wszystkie kąty dwuścienne utworzone przez ściany współkrawędziowe mają jednakową miarę;
 - wszystkie przekątne są tej samej długości;
 - istnieją płaszczyzny symetrii wielościanu;
 - przekroje wielościanu płaszczyznami symetrii są wielokątami przystającymi.



Rys. 2. Osiedle mieszkalne La Pièce Pointue w Le Blanc-Mesnil we Francji zaprojektowane przez polską architekt Iwonę Buczkowską



Rys. 3. Domy Kostki symbolizujące drzewa, Rotterdam, Holandia



Rys. 4. Osiedle zaprojektowane przez holenderskiego architekta Pieta Bloma

Ciekawym przykładem zastosowania czworoboku jako zwieńczenia budynku jest osiedle mieszkalne La Pièce Pointue w Le Blanc-Mesnil we Francji zaprojektowane przez polską architekt Iwonę Buczkowską (właścicielkę atelier w Paryżu) (rys. 1 i 2). Realizacja projektu nastąpiła w latach 1986–1996. Powstało tam 225 domów (a w nich oprócz mieszkań znalazła się sala konferencyjna oraz sześć warsztatów dla artystów

i 700 m² powierzchni użytkowej sklepów). Konstrukcja, jak również wszystkie elementy zewnętrzne i wewnętrzne zostały wykonane z drewna. Widok osiedla przywołuje skojarzenia z fraktalną piramidą Sierpińskiego.

Domy Kostki (Kubuswoningen) wzniesione na początku lat 80. ubiegłego wieku w Rotterdamie w Holandii są jedną z najbardziej znanych atrakcji miasta (rys. 3, 4). Wybudowano ich 38 (aktualnie mieści się w nich hostel), a ich dachy w stosunku do konwencjonalnego sześcianu są obrócone o 45°. Dwa dodatkowe domy powstały z połączenia ze sobą dwóch sześcianów (początkowo mieściła się tam szkoła architektury). Zostały zaprojektowane przez holenderskiego architekta Pieta Bloma. Główną koncepcją projektu było maksymalne wykorzystanie przestrzeni miejskiego dachu. Projekt przedstawia wioskę w mieście, gdzie każdy dom reprezentuje drzewo, a wszystkie domy razem las. Korona drzewa, czyli sześcian (choć w naturze bardziej przypomina paraboloidę obrotową) została wykonana jako szkielet



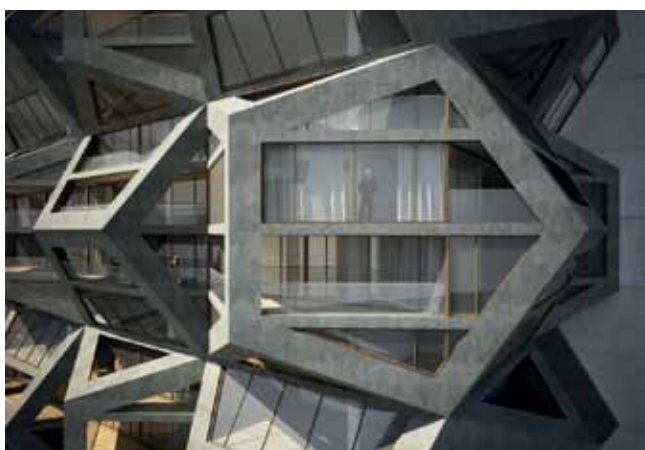
Rys. 5. Piramida w Luwrze zaprojektowana przez leoh Ming Pei, pierwszego niefrancuskiego architekta



Rys. 6. Odwrócona piramida znajdująca się w Centrum Handlowym Carrousel du Louvre naprzeciwko Luwru



Rys. 7. Projekt konkursowy budynku wysokiego mieszkalnego o fasadzie zaprojektowanej z dwunastościanów przez Tammo Prinz Architects, Berlin, Niemcy



Rys. 8. Platonian Tower – projekt, Lima, Peru

drewniany, zaizolowany wełną mineralną i osłonięty płytami z włókien drzewnych. Podstawa, czyli pień Domu Kostki, został zbudowany z połączenia trzech betonowych słupów, ściany zaś zostały wzniesione z bloczków betonowych. Ośmiościan foremny jest ograniczony ośmioma trójkątami równobocznymi i można go otrzymać przez połączenie dwóch ostrosłupów prawidłowych, których wspólną podstawą jest kwadrat, a ścianami bocznymi są trójkąty równoboczne. Taki przykład można znaleźć w Muzeum Luwru w Paryżu we Francji (rys. 5). Częścią naziemną jest piramida usytuowana na dziedzińcu przed Luwrem, która stanowi główne wejście do muzeum. Została wykonana na wzór piramidy Cheopsa wyłącznie ze szkła i metalu. Powstała z inicjatywy prezydenta Francji François Mitteranda w 1989 roku. Jej architektem był Ieoh Ming Pei, który jako pierwszy niefrancuski architekt pracował przy rozbudowie Luwru. Inżynierem odpowiedzialnym za realizację przedsięwzięcia był Roger Nicolet. Natomiast odwrócona piramida – część



Rys. 9. Dwudziestościan – ekodom w całości wykonany z drewna (w tle dwunastościan), Azory, Portugalia



Rys. 10. Ekodom zaprojektowany przez architekta Johna Shentona, Azory, Portugalia

podziemna, znajduje się w Centrum Handlowym Carrousel du Louvre naprzeciwko Luwru (rys. 6).

Platonian Tower to projekt konkursowy budynku wysokiego mieszkalnego, który został zaprojektowany przez architektów z pracowni Tammo Prinz Architects w Berlinie, w Niemczech i miałby zostać zrealizowany w Limie w Peru (rys. 7, 8). Budynek ten tworzą dwunastościany z sześcianami. Wewnętrzne przestrzenie mieszkalne z praktycznych względów miałyby typowy kształt sześcianu, natomiast dwunastościany, modelujące fasadę, tworzyłyby dodatkowe przestrzenie, które mogłyby być wykorzystane jako balkony lub przedłużenie mieszkania. Konstrukcja została zaprojektowana jako żelbetowa, a ściany wewnętrzne pokryte zostaną betonem architektonicznym. Architekt John Shenton, pracujący dla firmy agroturystycznej TADA (Tourism and Agribusiness Development Company of the Azores), podjął się opracowania i realizacji projektów domów turystycznych na Azorach (rys. 9, 10). Ekodomu powstały i powstają jako dwudziestościany i dwunastościany, całkowicie wykonane z drewna. Na dachu instalowane są panele słoneczne, które zapewniają mieszkańcom energię elektryczną.

Jeszcze na koniec kilka definicji i krótki rys historyczny. Co to jest przestrzeń? Jest to jedno z najbardziej ogólnych pojęć filozoficznych, a zarazem centralna idea matematyki, nauk przyrodniczych i nauk humanistycznych. Szczegółowa charakterystyka tego pojęcia w zakresie nauk formalnych (m.in. takich, jak matematyka/geometria/logika), nauk realnych (m.in. fizyka, astronomia, biologia), nauk humanistycznych (m.in. historia, psychologia) i filozofii wykracza poza możliwości indywidualnej pracy badawczej. Dlatego ograniczę się do przestrzeni w sensie geometrycznym i przedstawienia jej w bardzo ogólnym ujęciu.

Co to jest geometria? Jest to teoria, która rządzi przestrzenią. Teoria ta zbudowana jest na bazie pojęć pierwotnych, relacji i aksjomatów.

W ramach geometrii ogólnej istnieje wiele geometrii szczegółowych, np.:

- geometria absolutna, w której nie wprowadza się pojęcia równoległości,
 - geometria eliptyczna, w której każde dwie proste należące do płaszczyzny przecinają się,
 - geometria paraboliczna, w której na płaszczyźnie przez punkt przechodzi jedna prosta równoległa do danej prostej,
 - geometria hiperboliczna, w której na płaszczyźnie przez punkt przechodzą dwie proste równoległe do danej prostej.
- Historycznie początki geometrii jako nauki wywodzą się sprzed kilkuset lat p.n.e..

Jednym z najśłynniejszych filozofów starożytnej Grecji, uczeń Sokratesa i nauczyciel Arystotelesa był Platon, właściwie Arystokles (ur. ok. 427 roku p.n.e. i zm. ok. 347 roku p.n.e. w Atenach). Wniósł on dość istotny wkład do geometrii, a o tym, jak był nią zafascynowany, świadczy fakt, że gdy założył własną akademię, nad jej wejściem umieścił napis: Niech nie wchodzi tu nikt, kto nie zna geometrii.

Szkołę ateńską (zwaną Akademią Platońską) założył ok. 386 roku p.n.e. Jest uważana za pierwszą instytucję prowadzącą badania naukowe. Była ośrodkiem naukowo-dydaktycznym, lecz równocześnie, z punktu widzenia prawa uznawano ją za związek religijny, mający za zadanie rozwijanie kultu muz. Gromadziła uczonych i ich uczniów, pracujących pod kierunkiem wybranego scholarchy (pierwszym był Platon). Zajmowano się w niej polityką, filozofią, matematyką, astronomią i naukami przyrodniczymi. Do tradycji i nazwy Akademii Platońskiej nawiązują nowożytne akademie. Platonowi przypisuje się uporządkowanie istniejącej wówczas geometrii i nadanie jej najwyższej rangi wiedzy o istocie świata. W uznaniu jego zasług pięciu bryłom foremnym (odkrytym jednak przez pitagorejczyków) nadano nazwę platońskich, są to tzw. doskonale twory geometryczne. To do nich właśnie zalicza się: czworościan foremny, sześciokąt foremny (sześciokąt foremny), ośmiościan foremny, dwunastościan foremny i dwudziestościan foremny.

Platon był też tym, który sformułował kanon ograniczający środki konstrukcyjne do dwóch przyrządów – cyrkla i linijki. Do dzisiaj uczący geometrii zwracają uwagę, że czynności

zwane konstrukcyjnymi są wykonywane tylko za pomocą linijki i cyrkla.

3. Podsumowanie

Geometria była wiedzą uprawianą nie tylko w sferze idei, ale również w sferze praktycznej, czyli kreślenia. Rysowanie obiektów geometrycznych wymagało opracowania i stosowania odpowiednich konstrukcji geometrycznych. Te natomiast stanowiły i stanowią obszerny dział geometrii dawnej, zwanej dzisiaj geometrią wykreślną.

Powodem zastosowania pierwszych konstrukcji geometrycznych były rzeczywiste trudności powstające przed budowniczymi w czasie wznoszenia budowli. Najstarsze znane do dziś i ciągle nierozwiązane (z zastosowaniem konstrukcji platońskich, tzn. ograniczonych do stosowania tylko cyrkla i linijki) problemy konstrukcyjne starożytnych Greków to min. podwojenie sześciokąta – zbudowanie nowej bryły sześciokątnej o podwojonej objętości, kwadratura koła – skonstruowanie kwadratu o polu równym polu danego koła oraz trysekcja kąta, czyli podział dowolnego kąta na trzy równe części.

BIBLIOGRAFIA

- [1] Banaszak K., Inżynier innowacji – definicja pojęcia, Przegląd Budowlany 12/2019
- [2] Bieliński A., Geometria wykreślna, Oficyna Wydawnicza Politechniki Warszawskiej, Warszawa, 2015
- [3] Błach A., Dudzik P., Wybrane definicje i konstrukcje geometryczne. Planimetria i stereometria, Wydawnictwo Politechniki Śląskiej, Gliwice, 2010
- [4] Bronsztejn I. N., Siemiendajew K. A., Musiol G., Muhlig H., Nowoczesne Kompendium Matematyki, Wydawnictwo Naukowe PWN, Warszawa, 2007
- [5] Koźniewski E., Geometria dachów. Teoria i zastosowanie, Wydawnictwo Politechniki Białostockiej; Białystok, 2007
- [6] Lichołai L., Budownictwo ogólne. Elementy budynków. Podstawy projektowania, Wydawnictwo Arkady, Warszawa, 2010
- [7] Malec T., Projektowanie architektoniczne: wprowadzenie do zawodu architekta. Wydawnictwo Helion, Gliwice, 2012

STRONY INTERNETOWE

- <http://www.atelieriwonabuczowska.fr/site/wp-content/uploads/slideshow-satellite/atelier-iwona-buczowska-la-piece-pointue-04.jpg> (dostęp 12.2020)
- <http://www.atelieriwonabuczowska.fr/projects/ca/atelier-iwona-buczowska-la-piece-pointue-56.jpg> (dostęp 5.2020)
- <https://www.holland.com/global/tourism/destinations/rotterdam/rotterdam-cube-houses.htm> (dostęp 12.2020)
- <https://www.holland.com/global/tourism/destinations/rotterdam/rotterdam-cube-houses.htm?asset=1180-ig-17937138835288694> (dostęp 5.2020)
- https://en.wikipedia.org/wiki/File:Rotterdam_Cube_House_street_view.jpg (dostęp 12.2020)
- <https://pol.architecturaldesignschool.com/ad-classics-kubuswoningen-68986> (dostęp 5.2020)
- <http://etab.ac-poitiers.fr/coll-marennes/spip.php?article1073> (dostęp 12.2020)
- <https://www.bryla.pl/bryla/7,85298,24615239,nocleg-w-szklanej-piramidzie-w-luwrze-konstrukcja-ma-juz-30.html> (dostęp 12.2020)
- https://www.archdaily.com/500635/tammo-prinz-architects-propose-platonian-tower-in-lima/535c65c1c07a8072f2000046-tammo-prinz-architects-propose-platonian-tower-in-lima-photo?next_project=no (dostęp 12.2020)
- https://www.archdaily.com/500635/tammo-prinz-architects-propose-platonian-tower-in-lima/535c657bc07a802619000067-tammo-prinz-architects-propose-platonian-tower-in-lima-photo?next_project=no (dostęp 12.2020)
- <https://architectu.pl/artykuly/platonian-tower-futurystyczny-projekt-niemieckich-architektow> (dostęp 12.2020)
- <https://novate.ru/blogs/261016/38571/> (dostęp 12.2020)