

Archivolta 3/2012 s.. 8–17

Aquatics Center. XXX Letnie Igrzyska Olimpijskie

Aquatics Centre - XXXth Summer Olympic Games.

Zaha Hadid Architects, Aquatics Center, London 2012

Krystyna Januszkiewicz

WA Politechnika Poznańska

Słowa kluczowe: architektura, igrzyska olimpijskie, basen pływacki, projektowanie cyfrowe, konstrukcja,
Keywords: architecture, Olympic games, swimming pool, digital designing, structure engineering

Streszczenie

Aquatics Centre w Londynie jest obiektem mieszczącym basen pływacki (50 x 25 m) oraz wieże do skoków, a także basen treningowy. Obiekt został zaprojektowany przez Zaha Hadid Architekt i wzniesiony z okazji XXX Letnich Igrzysk Olimpijskich i Para-olimpijskich w 2012. Aquatics Center znajduje się na skraju tego założenia parkowego, w sąsiedztwie stadionu lekkoatletycznego i akcentuje wejście na teren Olympic Park.

Metoda zastosowana w projektowaniu przekrycia Aquatics Center to *form-finding*. Forma jest tu wynikiem generatywnych procesów informatycznych. Gdy nie są to procesy strukturalne, to w fazie wstępnej otrzymuje się modele powierzchniowe, które nie mają jeszcze ani logiki konstrukcyjnej, ani materiałowej. Konstrukcję dachu stanowi stalowa struktura przestrzenna o swobodnej geometrii. Jej kształt jest wynikiem negocjacji między tym co zostało zaprojektowane przez architektów w przestrzeni cyfrowej a tym co można zbudować zachowując racjonalność i efektywność rozwiązań inżynierskich. Do budowy tego przekrycia zużyto 3 200 ton stali konstrukcyjnej. Za realizację tej struktury konstruktorzy z AURP otrzymali od British Constructional Steelwork Association prestiżową nagrodę Structural Steel Design Awards 2010¹.

Abstract

The London Aquatics Centre is an indoor facility with two 50-metre swimming pools and a 25-metre diving pool in Olympic Park at Stratford in London, it was one of the main venues of the 2012 Summer Olympic and the 2012 Summer Paralympics. The Aquatics Centre was designed by Zaha Hadid Architects.

The Aquatics Centre is within the Olympic Park Masterplan. Positioned on the south eastern edge of the Olympic Park with direct proximity to Stratford, a new pedestrian access to the Olympic Park via the east-west bridge (called the Stratford City Bridge) passes directly over the Centre as a primary gateway to the Park. Several smaller pedestrian bridges will also connect the site to the Olympic Park over the existing canal. The Aquatic Centre addresses the main public spaces implicit within the Olympic Park and Stratford City planning strategies: the east-west connection of the Stratford City Bridge and the continuation of the Olympic Park along the canal.

The architectural concept of the London Aquatic Centre is inspired by the fluid geometries of water in motion, creating spaces and a surrounding environment that reflect the riverside landscapes of the Olympic Park. An undulating roof sweeps up from the ground as a wave - enclosing the pools of the Centre with a unifying gesture of fluidity, while also describing the volume of the swimming and diving pools. The Aquatics Centre is designed with an inherent flexibility to accommodate 17,500 spectators for the London 2012 Games in 'Olympic' mode while also providing the optimum spectator capacity of 2000 for use in 'Legacy' mode after the Games.

Architektura olimpijska powinna być czysta i szczerą – otwarta dla narodów świata - na miarę czasu i możliwości. To gra „fair play” konstrukcji, formy i funkcji. To ważny znak czasu i tożsamości, jednoczący elementy uniwersalnej cywilizacji z tymi, które bezpośrednio pochodzą z miejsca lokalizacji, charakteryzując kraj i jego region.

Andrzej Skoczek

27 lipca br. zapłonął w Londynie znicz otwierający XXX Letnie Igrzyska Olimpijskie. Nie pierwszy raz gdyż Londyn był już gospodarzem Igrzysk Olimpijskich w latach 1908 i 1948. Na potrzeby tego-rocznych Igrzysk powstał we wschodniej części miasta imponujący Olympic Park.

Na obszarze 246 hektarów (tyle co zajmuje Hyde Park) znalazły się nowe obiekty takie jak Stadion

¹ Patrz: The British Constructional Steelwork Association Ltd and Corus, *Structural Steel Design Awards 2010*, Corus Long Products, 2010, PDF.

Olimpijski, Centrum Sportów Wodnych (Aquatics Center), Velodrome, Arena Piłki Ręcznej oraz Wioska Olimpijska i Centrum Prasy i Mediów. Zbudowano 30 nowych mostów oraz przeprowadzono 8,35 km cieków wodnych, otwarto 10 nowych linii transportu publicznego, posadzono 4 tys. drzew, a przy budowie znalazło zatrudnienie ponad 40 tys. osób. W projektowaniu i realizacji szczególny nacisk położono na aspekty ekologiczne i zrównoważonego rozwoju. Zastosowano energooszczędne rozwiązania i technologie, oraz materiały podlegające biodegradacji czy recyklingowi.

Usunięto także 11 budynków przemysłowych i wywieziono 160 tys. ton zakażonej ziemi. Zamieniono zdewastowany i zanieczyszczony obszar poprzemysłowy w czystą, zieloną dzielnicę miasta². Po zakończeniu Olimpiady, w wyniku przekształcenia Wioski Olimpijskiej, powstanie tu bowiem ponad 36 tys. nowych mieszkań.

Aquatics Center znajduje się na skraju tego założenia parkowego, w sąsiedztwie stadionu lekkoatletycznego i akcentuje wejście na teren Olympic Park. Obiekt zlokalizowany został pomiędzy linią kolejową a lokalnym ciekim wodnym rzeki Waterworks na działce o powierzchni 36 875 m². Od północy zaś bezpośrednio sąsiaduje ona z Stratford City Bridge. Znajdują się tam dwa olimpijskie baseny pływackie o długości 50 m każdy oraz 25-metrowy basen do skoków, a także przylegający do budowli basen treningowy. Obiekt ten przeznaczony jest na 2,5 tys. widzów i został oddany do użytku już w 2011 roku. Jednak ze względu na potrzeby olimpijskie widownia została powiększona przez wprowadzenie konstrukcji tymczasowej i zapewnia 17,5 tys. miejsc siedzących na czas trwania Igrzysk.

Forma

Koncepcja architektoniczna Aquatics Center jest inspirowana geometrią wody w ruchu. Woda jest bowiem nie tylko integralnym elementem tego projektu. W najbliższym sąsiedztwie jest także rzeka Waterworks, która organizuje krajobraz Olympic Park. Pofałdowana forma przekrycia jest zatem niczym poruszająca się fala (wybrana stopklatka), pod którą znalazły się urządzenia do sportów wodnych. Koncepcja ta konstytuuje nowy język formalny oraz nową koncepcję przestrzeni.

Cyfrowe narzędzia projektowania pozwalają dziś tworzyć formy swobodne o dowolnym kształcie. Można je modelować w oparciu o krzywe i powierzchni NURBS (*Non-Uniform Rational B-splines*). Przez manipulowanie punktami kontrolnymi i punktami wagi, można kontrolować na ekranie miękkie linie i powierzchnie. Metoda nie różni się konceptualnie od tradycyjnego wzorca zwanego *form-making*.

Metoda zastosowana w projektowaniu przekrycia Aquatics Center to *form-finding*. Forma jest tu wynikiem generatywnych procesów informatycznych. Gdy nie są to procesy strukturalne, to w fazie wstępnej otrzymuje się modele powierzchniowe, które nie mają jeszcze ani logiki konstrukcyjnej, ani materiałowej. Można je nazywać szkicem formy albo preformą. Najważniejszą ich cechą jest geometria i jej skalarna deskrypcja. Cecha ta jest istotna gdyż pozwala na opracowanie strukturalne za pomocą cyfrowych narzędzi projektowania inżynierskiego. Wyobraźnia i wrażliwość architekta zostaje zatem przesunięta w obszary przewidywania efektów danych procesów. Forma jest wtedy, jak zauważa Adam M. Szyski, nie tylko efektem przebiegu procesów, ale „uzewnętrznieniem” celu i stanowi zawsze bezpośredni efekt uświadomionej kreacji³.

W generowaniu formy przekrycia Aquatics Center posłużono się programem do animacji. Zawansowane programy, znane wcześniej jako Maya, pozwalają dziś przewidywać różnorakie izomorficzne odkształcenia i zagięcia czy udrapowania, a także na penetrację wewnętrzną tak otrzymanych form. Wprowadzając odpowiednie parametry i traktując czas jako parametr primalny można generować formy o złożonej geometrii. Morfowanie w oparciu o techniki czasu-bazowego, ramki kluczowe, animacja, pole sił czy też systemy cząstek są dziś coraz częściej stosowane w procesie projektowym. Wszystkie te narzędzia i techniki generatywne polegają na stopniowym deformowaniu na co pozwala dziś geometria NURBS przy zmianie parametrów poza czasem realnym. Geometria dachu Aquatics center jest wynikiem symulacji zachowań płynu przez animowane cząstki. Podobnej techniki cyfrowej

² Patrz: Olympic Delivery Authority, *From Brown to Green. Transforming the Olympic Park*, <http://www.london2012.com/mm%5CDocument%5CPublications%5CSustainability%5C01%5C24%5C09%5C00%5COlympic-park-sustainable-development.pdf> (z dnia 10.05.2012)

³ Por. A. M. Szyski, *Wstęp do teorii projektowania systemowego (elements of system designing theory)* Prace Naukowe Politechniki Szczecińskiej, 101, szczecin 1997, s.12.

używał Greg Lynn w projekcie (*Authority Bus Terminal*) (1995) w Nowym Jorku (patrz: AV 2/2012).

Konstrukcja

Realizacja Aquatics Center stanowiła jedno z trudniejszych wyzwań inżynierskich podjętych na terenie Olympic Park.

Pofalowany, opadający niemal do poziomu wejścia dach zamyka od góry halę basenową w płynnym ruchu opadającej i wznoszącej się fali wody. Ponadto, budowla znajduje się na osi mostu nazwanego *Stratford City Bridge*, który jest zintegrowany z wejściem głównym do obiektu. Most ten stanowi rodzaj plazy organizując przepływ widzów do holu głównego Aquatics Center.

Konstrukcję dachu stanowi stalowa struktura przestrzenna o swobodnej geometrii. Jej kształt jest wynikiem negocjacji między tym co zostało zaprojektowane przez architektów w przestrzeni cyfrowej a tym co można zbudować zachowując racjonalność i efektywność rozwiązań inżynierskich.

Inżynierowie z biura konstrukcyjnego ARUP na podstawie wstępnej koncepcji architektonicznej przygotowali najpierw główny rys właściwości performatywnych projektu Aquatics Center. Następnie szkic ten był rozwijany przez rozszerzanie aspektów technologicznych, ekonomicznych i ekologicznych. W takim podejściu nie jest już istotna optymalizacja elementów lub ich systemów, lecz niestanna integracja kryteriów projektu z zaangażowanymi dyscyplinami czy ich wycinkami. Zintegrowanie zdolności materiałowych i przewidywanie rozkładu sił w cyfrowym zapisie projektu zastępowane jest przez geometryczną deskrypcję modeli dynamicznej równowagi powiązań funkcjonalnych budowli z parametrami strukturalnymi i architektonicznymi.

Przekrycie Aquatics Center to forma swobodną, której szerokość osiąga ponad 80 m przy długości całkowitej 160 m. Jej najwyższy punkt znajduje się 45 m ponad poziomem terenu. Do budowy konstrukcji zużyto 3 200 ton stali konstrukcyjnej. Za realizację tej struktury konstruktorzy z AURP otrzymali od British Constructional Steelwork Association prestiżową nagrodę Structural Steel Design Awards 2010⁴.

Struktura ta składa się z dziesięciu wzdłużnych dźwigarów kratowych, które zostały rozmieszczone wachlarzowo. Dźwigary te posiadają zmienną geometrię, po to aby nadawać pożądaną kształt. Od strony północnej przekrycie podpierają dwa słupy żelbetowe, na których znalazły się aktywne łożyska pozwalające na swobodną pracę konstrukcji i jej zachowania termiczne. Takie samo mocowanie znajduje się po stronie południowej gdzie przekrycie podtrzymywane jest przez ścianę żelbetową. Przyjęty układ wachlarzowy został bowiem podzielony na strefy pracy statycznej. Dźwigary środkowe przenoszą główne odciażenia konstrukcji na podpory. Dźwigary skrajne zaś pracują jako wsporniki wspomagane przez rygle. Dzięki stężeniom poprzecznym uzyskano pożądaną sztywność konstrukcji w przyjętym układzie przestrzennym.

Tak skonstruowany dach o powierzchni 11 000 m² został pokryty, od zewnątrz, folią aluminiową, która może ulegać recyklingowi. Od wewnątrz zaś sufit wykonany został z drewna. Podzielono go na 30 tys. sekcji, które ułożono tak aby uwydatnić jego dwukrzywiznową powierzchnię. Wycinanie elementów, oraz ich obróbka odbywała się za pomocą robotów CNC czerpiących dane bezpośrednio z cyfrowych modeli 3D sporządzanych przez architektów jako tzw. pliki dla wytwórcy. W ten sposób zapewniono precyzję pasowania i uniknięto strat wynikających z błędów.

W koncepcji projektowej Aquatics Center korona trybun dla 2, 5 ts. widzów w hali basenowej to rodzaj podium, które jest niejako przedłużeniem *Stratford City Bridge*. Trybuny są zatem wypełniane od góry i znajdują się po dłuższych bokach hali basenowej. Podwójna krzywizna paraboliczna ich formy wynika z uzyskania najlepszej krzywej widoczności zarówno jeśli chodzi o zawody pływackie jak i skoki. Przy takiej koncepcji położone poniżej baseny sportowe znalazły się już na poziomie lustra wody rzeki Waterworks, co spowodowało dodatkowe trudności w posadowieniu budowli. Trudne warunki gruntowe, oraz konieczność budowy tuneli energetycznych zmusiły do zastosowania 1800 pali (CFA) i 26 pali stalowych odpowiednio do możliwości i ograniczeń⁵. Wykonano analizy geotechniczne metodą MES, i sporządzono 3D modele, które były pomocne w projekcie posadowienia.

⁴ Patrz: The British Constructional Steelwork Association Ltd and Corus, *Structural Steel Design Awards 2010*, Corus Long Products, 2010, PDF.

⁵ Więcej o konstrukcji patrz: I. Crockford, M. Nelson, S. Fraser, G. Mungal, J. Nicholson, *Delivering London 2012: the Aquatics Centre*, ICE Civil Engineering 164 November 2011 s. 44–50.

Konstrukcja basenów oraz widowni jest żelbetowa i była wylewna na mokro w dwóch etapach – najpierw baseny, a następnie podium z widownią. Użyto odpowiednio 1 311 m³ oraz 1 225 m³ betonu. Ułożono 866 tys. płytek ceramicznych łącznie z podłogą w przebieralniach. Woda z basenów jest następnie wykorzystywana do spłukiwania toalet.

Pewne trudności stanowiło także powiązanie podium z mostem-plażą. Most ten był zaprojektowany jako rama portalowa o rozpiętości 50 m, której zamknięcie znalazło się nieco poniżej sufitu hali basenu treningowego. Dolna płaszczyzna tej ramy mogła być więc widoczna z poziomu tego basenu. Rozwiązaniem było zaprojektowanie pomostu jako superstruktury ciągłej o długości 150 m.

Nie lada wyzwaniem było także zbudowanie zaprojektowanych przez Zaha Hadid Architects rzeźbiarskich wież do skoków o dynamicznym kształcie. Ich zmienna geometria wymagała od projektantów szczególnej uwagi. Potrzebne były zatem różnorakie analizy ustalające układ zbrojenia, a także dopuszczalne rozmieszczenia plastikowych form wzmocnionych włóknem szklanym zastępujących tradycyjne deskowanie.

Trójwymiarowe modele geometryczne o zaprojektowanym kształcie pocięto na sekcje poprzeczne, które posłużyły do ustalenia ich własności w analizach na 3D modelach. Analizowano ukształtowanie i pozycje każdego pręta zbrojeniowego oraz położenie wiązań pomiędzy prętami. Wieże do skoków wymagały 300 niepowtarzalnych takich wiązań poprzecznych. Choć każde z nich różniło się od siebie geometrią, to wykonano je za pomocą standardowych prętów. Dane dotyczące ukształtowania, rozmieszczenia i koordynacji zbrojenia czerpano z cyfrowych modeli 3D modeli. Użyto samo-zagęszczającego się betonu, aby mieć pewność, że beton będzie wszędzie właściwie rozmieszczony i w pełni zagęszczony. Zadbano także, aby beton miał jasny kolor żądany w projekcie Aquatics Centre.

Trybuny – konstrukcja tymczasowa

Organizacja Igrzysk Olimpijskich wymaga zadawnienia bezpośredniego dostępu do zawodów dla jak największej ilości widzów. Z tego powodu, ku niezadowoleniu projektantów, musiano powiększyć widownię dla konkurencji przeprowadzanych w Aquatics Centre z 2,5 tys. do 17, 5 tys. widzów. Z tego powodu zbudowano trybuny tymczasowe, które zostaną rozebrane po zakończeniu Igrzysk. Jest to bowiem konstrukcja prętowa w systemie ramowym skręcana śrubami. Poszczególne poziomy tych trybun wyposażono w podłogi ze płyt paździerzowych z warstwa polimerową. Wejścia na te trybuny zapewniają odpowiednio uformowane schody znajdujące po stronie przeciwnej niż hol wejściowy do Aquatics Centre.

Mikroklimat i oświetlenie

Główna hala basenowa jest przewietrzana dzięki zastosowaniu efektywnej metody nagrzewania i wentylacji. Zróżnicowane strefy mikroklimatyczne, to: wilgotna i ciepła przy basenach oraz umiarkowana na widowni. Strefy te są monitorowane i w celu zapewnienia stałej temperatury i wilgotności powietrza. Fasada i przekrycie również są włączone w system zapewniający komfort klimatyczny wnętrza. Przekrycie posiada niezależny system grzewczy i jest przewietrzany grawitacyjnie. W utrzymaniu pożądanych mikroklimatów sprzyjają także zastosowane materiały elewacyjne oraz system przeszkleń samoregulujący dopływ ciepła z zewnątrz.

Oświetlenie Aquatics Centre zaprojektowano tak aby wszystkie punkty światła sztucznego tworzyły zintegrowany system oświetlenia sufitowego. Uniknięto wprowadzania dodatkowych punktów świetlnych. Natężenie światła w głównej hali basenowej może się zmieniać w zależności od potrzeb – od 200 do 4 000 luxów dla potrzeb transmisji telewizyjnych.

Światło dzienne jest tu ważnym uzupełnieniem i pozwala na oszczędności energii ok. 50 procent w ciągu dnia. Użyto zestawów szklanych zaopatrzonych w siateczki przekierowujące promienie słoneczne padające pod określonym kątem aby ostre światło słoneczne i odbłaski, a jednocześnie zapewnić maksimum światła dziennego w obiekcie.

BIBLIOGRAFIA

[1] Crockford, M. Nelson, S. Fraser, G. Mungal, J. Nicholson, *Delivering London 2012: the Aquatics Centre*, ICE Civil Engineering 164 November 2011 s. 44–50.

[2] The British Constructional Steelwork Association Ltd and Corus, *Structural Steel Design Awards 2010*, Corus Long Products, 2010, PDF.

[3] Olympic Delivery Authority, *From Brown to Green. Transforming the Olympic Park*,
<http://www.london2012.com/mm%5CDocument%5CPublications%5CSustainability%5C01%5C24%5C09%5C00%5Colympic-park-sustainable-development.pdf> (z dnia 10.05.2012).

[4] A. M. Szymski, *Wstęp do teorii projektowania systemowego (elements of system designing theory)* Prace Naukowe Politechniki Szczecińskiej, 101, Szczecin 1997.