

Agora Green Tower w Tajpei na Tajwanie – symbol zrównoważonego budynku mieszkalnego o futurystycznej formie



dr inż.
JERZY SZOŁOMICKI
Politechnika Wrocławska
Wydział Budownictwa Lądowego i Wodnego
Katedra Budownictwa Ogólnego
ORCID: 0000-0002-1339-4470



dr inż. arch.
HANNA GOLASZ-SZOŁOMICKA
Politechnika Wrocławska
Wydział Architektury
Katedra Historii Architektury, Sztuki i Techniki
ORCID: 0000-0002-1125-6162

W artykule przedstawiono elementy analizy konstrukcyjnej i architektonicznej zrównoważonego luksusowego wieżowca mieszkalnego Agora Tower w Tajpei na Tajwanie, który stanowi symbol architektury współczesnej.

Podobnie jak wiele miast na całym świecie, gęsto zaludniona stolica Tajwanu – Tajpei, zmagą się z niebezpiecznie wysokim poziomem zanieczyszczenia powietrza. Jest to generalnie problem całego kraju, który według Międzynarodowej Agencji Energii od 2016 roku produkuje powyżej 280 milionów ton dwutlenku węgla rocznie. Inną niezamierzoną konsekwencją urbanizacji o dużej gęstości jest efekt miejskiej wyspy ciepła, czyli wzrost temperatury obserwowany w gęsto zaludnionych obszarach miejskich. Wyższe temperatury w miastach powodują więcej niż dyskomfort dla mieszkańców miast, a efekt wyspy ciepła jest śmiertelnie niebezpieczny. Ponieważ globalne temperatury utrzymują tendencję wzrostową, potrzeba łagodzenia i obniżania temperatur w miastach staje się coraz pilniejsza. Stanowi to poważny problem ekonomiczny w skali świata. W wyniku przeprowadzonych ostatnio analiz w wielu metropoliach stwierdzono, że wartość oddziaływania drzew i roślin na środowisko miejskie z punktu widzenia ekonomicznego jest znaczące. Ich działanie jest podwójne. Z jednej strony wpływają na regulację temperatury, z drugiej asymilują dwutlenek węgla. Średnio typowe drzewo absorbuje odpowiednio 1 tonę dwutlenku węgla na każdy metr sześcienny przyrostu i produkuje przy tym ponad 700 kg tlenu. Nawet przy uwzględnieniu kosztów sadzenia, nawadniania i ich utrzymania okazuje się, że są bardzo efektywne ze względu na oszczędzanie energii. Żeby wyobrazić sobie skalę działania, można przytoczyć jako przykład wiele gatunków drzew, które w ciągu kilku godzin mogą doprowa-

dzić do wyparowania ponad 250 litrów wody. Efektem tej transpiracji jest działanie chłodzące, które można porównać do wydajności klimatyzatora.

Odpowiedzią i zarazem remedium na ten powszechny problem ekologiczny jest projekt budynku Agora Garden, który przedstawia efektywną metodę złagodzenia zanieczyszczeń [1]. Wieżowiec mieszkalny w Tajpei z certyfikatem LEED Gold oraz certyfikatem budynku niskoemisyjnego o najwyższej ocenie na poziomie diamentowym (Low Carbon Building Alliance Diamond Level) jest innowacyjny zarówno pod względem formy, jak i funkcji. Jednak jego najistotniejszym elementem są podwieszone ogrody, które w przyszłości mają zawierać ponad 20 000 nasadzeń różnych gatunków roślin, czyli prawie tyle samo co Central Park w Nowym Jorku. W rezultacie połączenie roślinności w formie ogrodów i zielonych dachów będzie pochłaniać 130 ton dwutlenku węgla rocznie, przyczyniając się do zmniejszenia efektu miejskiej wyspy ciepła w Tajpei. Trend związany z budową zielonych zrównoważonych wieżowców mieszkalnych o oryginalnej formie wiąże się z aspektem ekonomicznym, technologicznym i proekologicznym. Autorzy na przykładzie wieżowca Agora Garden, poprzez jego charakterystykę konstrukcyjną i architektoniczną, próbują przedstawić różne aspekty, które wpłyną na rozprzestrzenianie się tego trendu w architekturze globalnej. Ponadto odpowiedzą na pytanie, czy oryginalna koncepcja prezentowanego budynku mieszkalnego oraz zasady projektowania zrównoważonego mogą prowadzić do powstania nowych interesujących i przyciągających wzrok wysokich budynków.

Pionowe ogrody w budynkach wysokich

Systemy zieleni w projektowaniu architektonicznym stanowią ważny element wielu nowoczesnych projektów na świecie. W rozwijających się metropoliach są nawet koniecznością, rekompensując utratę terenów aktywnych biologicznie, zmniejszając odpływ wody deszczowej do kanalizacji oraz obniżając koszty eksploatacji budynków.

Pokrywanie zielenią ścian budynku ma potencjalnie większe skutki dla środowiska niż pokrycie zielenią dachu, ponieważ ich powierzchnia jest zawsze większa niż obszar dachu. Pionowy ogród nie tylko wpływa na wygląd budynku, zmienny wraz z porami roku, ale także buduje mikroklimat, wytwarza tlen, absorbuje CO₂ i wylapuje cząstki zanieczyszczeń.

Jednak pionowe ogrody w budynkach nie są pierwszym zwrotem architektury w kierunku ekologii i szeroko pojętej zieleni. Od XIX wieku znana jest koncepcja miast-ogrodów. Zgodnie z jej zasadami wille miejskie oraz kamienice miały powstawać wśród drzew i parków. Współcześnie rozwój pionowych ogrodów rozpoczął się od prezentacji Patrica Blanca na Międzynarodowym Festiwalu Ogrodów w Chaumont-sur-Loire (Francja) w 1994 roku.

Głównymi przedstawicielami tego trendu w architekturze są między innymi: Stefano Borie, Vincent Callebaut, Jean Nouvel, Jacques Herzog, Pierre de Meron oraz Yansong Ma.

W dzisiejszych czasach rośliny stają się prawowitym materiałem elewacyjnym tworzącym architekturę. Ich wykorzystanie jest zaplanowane oraz poświęcone osiągnięciu

zarówno określonego efektu estetycznego, ekologicznego, jak i energetycznego. Głównym problemem pozostaje posadzenie takich gatunków roślin, aby wspólnie tworzyły biotop, jak np. w przypadku projektu wieżowców Bosco Verticale (Mediolan), One Cental Park (Sydney), Oasia Hotel (Singapur) czy Agora Garden Tower (Tajpej), co wymagało ogromnej precyzji na etapie projektu i wykonawstwa.

Formy geometryczne wysokich budynków mieszkalnych

Projektowanie wysokich budynków mieszkalnych o skomplikowanych formach ułatwił rozwój technologii komputerowych, który pozwolił na tworzenie modeli numerycznych lepiej odwzorowujących rzeczywiste zachowanie konstrukcji (CAD, BIM). Współczesne projekty burzą stereotypy tradycyjnych budynków i zaskakują skomplikowanymi formami, które wywodzą się z brył geometrycznych (wielościągów, stożków, walców, kul, elipsoid, torusów itp.) oraz krzywoliniowych powierzchni [2]. Ponadto w procesie projektowania obiektu wykorzystuje się różne rodzaje zniekształceń tych brył lub powierzchni. We współczesnym budownictwie następuje rozwój nowatorskich rozwiązań nie tylko w zakresie konstrukcji, ale także w komunikacji pionowej, ograniczeniu zużycia energii, poprawieniu komfortu oraz bezpieczeństwa mieszkańców. Doskonałym przykładem budynku posiadającego te cechy jest Agora Garden Tower, będący przedmiotem analizy w dalszej części artykułu.

Agora Tower – zrównoważony budynek mieszkalny

Agora Tower (Tao Zhu Yin Yuan) to luksusowy budynek mieszkalny zlokalizowany w dzielnicy Xinyi w Tajpej na Tajwanie. Budynek ma 93 m wysokości i posiada 20 pięter nadziemnych i 4 piętra podziemne [3]. Budynek o konstrukcji stalowo-żelbetowej został zaprojektowany przez belgijskiego architekta Vincenta Callebauta, autora projektów ekologicznych przedstawiających wizjonerskie propozycje przyjazne środowisku naturalnemu. Natomiast niemiecka firma Bollinger-Grohmann opracowała system konstrukcyjny budynku [4]. Agora Tower był budowany w latach 2013–2018. Jednak ciągle trwają prace związane z małą architekturą i tworzeniem zielonego krajobrazu.

Obiekt zbudowany jest na planie koła w środkowej części, do którego przylegają dwa skrzydła na planie prostokąta (rys. 1). Główny system konstrukcyjny stanowi sztywny cylindryczny żelbetowy trzon z dwoma wysięgnikowymi kratownicami (typu outrigger) na poziomie dachu [5]. Za pomocą tego systemu oraz wewnętrznych zakrzywionych ścian zapewniona jest globalna stateczność budynku. Żelbetowe ściany i słupy przenoszą obciążenia

pionowe w czterech głównych osiach koncentrycznie ułożonych belek (rys. 2). Belki są sztywno połączone na końcach z belką krawędziową, której celem jest przeniesienie obciążeń od posadzonych drzew. Taki układ ścian i słupów zmniejsza lokalne momenty zginające w belkach oraz umożliwia przenoszenie obciążeń poziomych. Wysokość belek zmniejsza się wraz z wysokością budynku.

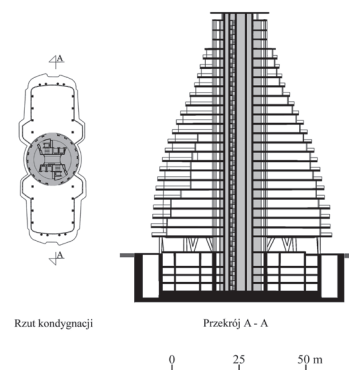
Żelbetowe płyty stropowe o grubości 20 cm położone są na kratownicach Verendeela, które rozciągają się od trzonu i podparte są na obwodzie przez dwie zakrzywione stalowe megakolumny [7]. Tego typu konstrukcyjny układ zastosowano od poziomu fundamentu aż po dach. Do usztywnienia konstrukcji budynku zastosowano stalową konstrukcję egzoszkieletu, która w części środkowej z trzonem tworzy diagrid (rys. 3). Budynek posadowiony jest na fundamencie zespolonym płytowo-palowym. Ponieważ Tajwan znajduje się w strefie częstych trzęsień ziemi i erupcji wulkanicznych znanej jako Pacyficzny Pierścień Ognia, budynek wymaga specjalnych zabezpieczeń przeciwstrząsowych. W celu uzyskania pełnej odporności na wstrząsy poniżej czwartej kondygnacji podziemnej zastosowano 48 zestawów podkładek izolujących wyprodukowanych w USA. Podkładki te to rodzaj sprężynujących poduszek, które potrafią przenosić i amortyzować drgania pionowe i poziome. Dzięki ich zastosowaniu budynek, w czasie wstrząsów poruszając się ruchem wężowym, odchyła się od środka ciężkości w sposób kontrolowany i nie wychodzi poza obrys fundamentów.

Dla zwiększenia bezpieczeństwa i trwałości budynku, co miało znaczący wpływ na podwojenie kosztów jego budowy, zastosowano stal o wysokiej wytrzymałości. Dla prętów zbrojeniowych była to stal SM570 (w Tajpei 101), a do budowy megakolumn zastosowano japońską stal KBSA630 (w Tokyo Skytree) [8].

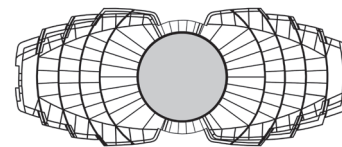
Forma geometryczna Agora Tower przypomina model struktury DNA w postaci podwójnej helisy zrealizowanej poprzez dwie spiralne wieże skrócone wokół nieruchomego centralnego trzonu. Część środkowa ma ukośną powierzchnię z trójkątnymi oknami. Skrzydła boczne promieniujące wokół trzonu mają balkony otoczone zielenią i prostokątnymi oknami.

Parter ma wysokość 2 kondygnacji i jest podkreślony megakolumnami tworzącymi literę V (rys. 4). Dzięki przezroczystej przeszklonej fasadzie na całej wysokości zapewniona jest łączność między wewnętrznymi przestrzeniami i zewnętrznym ogrodem. Aby zapewnić mieszkańcom prywatność, cały obwód terenu jest otoczony zielenią, która ożywia zewnętrzną przestrzeń publiczną.

W centralnym trzonie budynku, który ma podwójną powłokową fasadę [6], znajdują



Rys. 1. Agora Garden – przekrój i rzut (opracowane przez autorów na podstawie [6])



Rys. 2. Koncentrycznie ułożone belki w systemie konstrukcyjnym budynku (opracowane przez autorów na podstawie [6])

się dwie klatki schodowe, 4 windy osobowe i 1 towarowa z przeznaczeniem dla transportu samochodów oraz dwa garaże przy wejściu do każdego apartamentu. Wszystkie kondygnacje są skrócone o kąt równy 4,5 stopnia zgodnie z ruchem wskazówek zegara. Na całej wysokości z podwójną spiralną krzywizną budynek jest skrócony o kąt 90 stopni. Koncepcja strukturalna zainspirowana łańcuchem DNA i pozbawiona wewnętrznych słupów zapewnia maksymalną elastyczność w zakresie aranżacji wnętrz poszczególnych mieszkań (rys. 5). Na jednej kondygnacji znajdują się dwie jednostki mieszkalne o wysokości 3,10 m i powierzchni 540 m² każda, które dzięki superkompaktowemu trzonowi mogą być połączone w jedną całość [9].

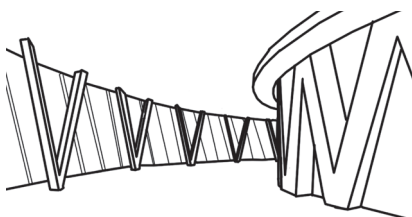
W budynku występują 4 typy jednostek mieszkalnych: a) z zakrzywionym salonem wokół centralnego trzonu, b) z wydłużonymi salonami od strony południowej, c) z salonami ustawionymi z panoramicznym widokiem na wieżowiec Taipei 101, d) z salonami o podwójnej wysokości. Morfologia budynku zmienia się zgodnie z jego orientacją (rys. 6.). Fasada północno-południowa ma kształt odwróconej piramidy, a wschodnio-zachodnia – piramidy z podstawą w kształcie rombu. Jednym z celów takiej formy było uzyskanie maksymalnej powierzchni zielonych ogrodów osadzonych na balkonach, która wynosi około 40% pokrycia budynku.

Koncepcja krajobrazowa polegała na zbudowaniu kaskady zawieszonych ogrodów, które obejmują cały budynek. Ze względu na jego morfologię można wyróżnić dwa rodzaje balkonów (rys. 7.):

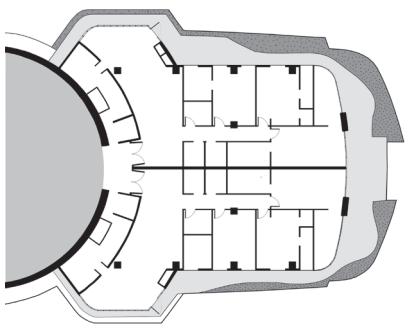
– balkony nieosłonięte, w których występuje maksymalne nasłonecznienie, co



Rys. 3. Agora Garden – System konstrukcji ramowej (zdjęcie wykonane przez autorów)



Rys. 4. Agora Garden – lobby z kolumnami w kształcie litery V (opracowane przez autorów na podstawie [7])



Rys. 5. Rzut kondygnacji (opracowane przez autorów na podstawie [7])

umożliwia uprawę drzew i krzewów subtropikalnych, oraz gdzie możliwe jest ustawienie fotowoltaicznych osłon przeciwsłonecznych (instalowane na życzenie mieszkańców);

– balkony częściowo osłonięte na wyższych poziomach z przeznaczeniem do uprawy kwiatów, warzyw, roślin aromatycznych oraz gatunków opadających i wspinających się.

Ponadto w fasadzie trzonu znajduje się pomost komunikacyjny i serwisowy (rys. 8.).

Budynek ma biały kolor, który kontrastuje z otaczającą zielenią. Fasada wyróżnia się poziomymi podziałami balkonów, pionowymi ramami okien i trójkątnymi oknami w części środkowej. Dwuwarstwowe fasady z laminowanym szkłem z pustką powietrza i wewnętrzną warstwą folii PVB (poliwinylobutyral) są zintegrowane z żaluzjami w celu ochrony przed promieniowaniem słonecznym w ciągu dnia i w celu zmniejszenia strat termicznych w nocy. Balkony na każdym piętrze budynku są wypełnione roślinami, a w przyszłości mają zawierać ogrody warzywne i drzewa owocowe, które mają tworzyć kaskadową warstwę zieleni na zewnątrz. Ma to umożliwić mieszkańcom hodowanie własnej żywności i kompostowanie wszystkich odpadów ulegających biodegradacji. W celu ochrony pojemników z podłożem organicznym przed ogrzewaniem pochodzącym od promieniowania słonecznego zostały one pokryte warstwą białego granitu typu Betel na strukturze plastra miodu.

W budynku zastosowano innowacyjne rozwiązania związane ze zmniejszeniem zużycia energii i wody. Na dachu zainstalowano zintegrowane panele fotowoltaiczne (BIPV) o powierzchni 1000 m². Trzon budynku został wykorzystany do stworzenia na-

turalnej wentylacji, która obniża temperaturę wewnątrz i zmniejsza zużycie klimatyzacji [10]. Ponadto zaprojektowano system recyklingu wody deszczowej do zasilania tryskaczy na parterze.

System pozyskiwania energii elektrycznej oraz rozwiązania związane z naturalną wentylacją redukują wytwarzanie dwutlenku węgla o 35 ton w ciągu roku [7].

Zgodnie z główną zasadą Callebauta, polegającą na tym, że nic nie jest tracone i wszystko ulega transformacji, materiały konstrukcyjne oraz jego wyposażenie pochodzą z recyklingu.

Podsumowanie

Agora Garden przedstawia pionierską koncepcję zrównoważonego ekobudownictwa mieszkaniowego zrealizowanego poprzez budowę symbiozy między człowiekiem a przyrodą. Jego struktura jest połączeniem klimatu, krajobrazu i organicznej architektury. Projekt obejmuje integrację bioklimatycznych systemów pasywnych (naturalne oświetlenie oraz wentylacja, system recyklingu wody deszczowej, szkło niskoemisyjne, podwójna powłoka fasady) wraz z optymalnym wykorzystaniem energii odnawialnej. Oprócz drzew otaczających budynek zaprojektowano pionowy ogród, a także balkony krajobrazowe, kaskady kwiatów, owoców oraz warzyw. Wszystkie działania projektowe wykonano w celu ograniczenia globalnego ocieplenia klimatu, ochrony przyrody, a także różnorodności biologicznej, ochrony środowiska i jakości życia oraz zarządzania zasobami naturalnymi i odpadami.

Agora Garden zdecydowanie rzuca wyzwanie nowemu stylowi projektowania budynków mieszkalnych. Jest obiektem wyjątkowym i niepowtarzalnym w skali świata.



Rys. 6. Różne formy fasady w zależności od orientacji budynku (zdjęcie wykonane przez autorów)



Rys. 7. Różnie ukształtowane balkony (zdjęcie wykonane przez autorów)

W przypadku Tajpei to ikoniczny punkt orientacyjny stanowiący nowy symbol współczesnej architektury.

Literatura:

- [1] Carbon Absorbing Green Tower – Tao Zhu Yin Yuan project, 2017, Green Pulse, Volume 1 Issue 4.
- [2] H. Golasz-Szolomicka, J. Szolomicki, 2019, Architectural and structural analysis of selected twisted tall buildings, IOP Conference Series – Materials Science and Engineering, vol. 471 Issue 5, <https://doi.org/10.1088/1757-899X/471/5/052050>.
- [3] Tao Zhu Yin Yuan. The Skyscraper Center. Global Tall Building Database of the CTBUH.
- [4] <https://www.bollinger-grohmann.com/en/projects/agora-garden-tower.html>, 10.03.2020.
- [5] K. Chang, H. Yeh. Structural Design of Tao Zhu Yin Yuan Residential Building, 2016, Progress in Steel Building Structures, <https://doi.org/10.13969/j.cnki.cn31-1893.2016.01.007>.
- [6] <https://www.archdaily.com/800209/vincent-callobaut-architectures-double-helix-eco-tower-takes-shape-in-taiwan>, 15.04.2019.
- [7] http://vincent.callobaut.org/object/190320_taozhuyinyuansite/taozhuyinyuansite/projects, 15.04.2019.
- [8] http://www.tao-zhu.com.tw/TA_yin-1-en.html, 10.03.2020.
- [9] <https://www.designbuild-network.com/projects/agora-tower-taipei/>, 5.03.2020.
- [10] Tao Zhu Yin Yuan Tower, 2019, Premier Construction, Roma Publications.

DOI: 10.5604/01.3001.0014.2782

PRAWIDŁOWY SPOSÓB CYTOWANIA

Szolomicki Jerzy, Golasz-Szolomicka Hanna, 2020, Agora Green Tower w Tajpei na Tajwanie – symbol zrównoważonego budynku mieszkalnego o futurystycznej formie, „Builder” 08 (277). DOI: 10.5604/01.3001.0014.2782

Streszczenie: W artykule przedstawiono elementy analizy konstrukcyjnej i architektonicznej zrównoważonego luksusowego wieżowca mieszkalnego Agora Tower w Tajpei na Tajwanie, który stanowi symbol architektury współczesnej. Forma budynku została zainspirowana przez podwójną heliakalną strukturę ludz-

kiego DNA i może być określana jako performatywna, gdyż jej ukształtowanie wynika z efektywnej realizacji postawionych celów projektowych. Zaprojektowany kształt budynku znacząco zmniejsza jego podatność na oddziaływanie wiatru, które jest charakterystyczne dla budynków wysokich. Projekt budynku wpisuje się w trend zielonych wieżowców, wykazując doskonałe połączenie nauki i technologii wykorzystującej przyrodę do pomocy otaczającemu środowisku. W budynku zastosowano wiele innowacyjnych rozwiązań umożliwiających redukcję zużycia energii elektrycznej i wody. Roślinność umieszczona na 40% powierzchni elewacji wywołuje wyraźny kontrast pomiędzy białym kolorem fasady a zielenią. Powstały obraz geometrycznego naturalizmu daje nie tylko wyjątkowy efekt estetyczny, ale także pozwala na obniżenie temperatury otoczenia.

Słowa kluczowe: budynek mieszkalny, forma geometryczna, zielona architektura, zrównoważone budownictwo

Abstract: AGORA GREEN TOWER IN TAIPEI (TAIWAN) – A SYMBOL OF SUSTAINABLE RESIDENTIAL BUILDING IN A FUTURISTIC FORM. The paper presents elements of structural and architectural analysis of the sustainable luxury residential skyscraper Agora Tower in Taipei (Taiwan), which is a symbol of contemporary architecture. The form of the building was inspired by the double helical structure of human DNA and can be described as performative, because its shape results from the effective implementation of the set design



Rys. 8. Pomost komunikacyjny w fasadzie trzonu budynku (zdjęcie wykonane przez autorów)

goals. Designed shape of the building significantly reduces its vulnerability and inadequate damping of vibrations caused by the impact of the wind which is typical for high-rise buildings. The building design goes in line with the green skyscrapers trend, demonstrating the perfect combination of science and technology that uses nature to help the surrounding environment. The building uses many innovative solutions that reduce the consumption of electricity and water. Vegetation located on 40% of the facade surface evokes a clear contrast between the white colour of the facade and the greenery. The final image of geometric naturalism not only gives a unique aesthetic effect, but also allows to lower the ambient temperature.

Keywords: residential building, geometrical form, greenery architecture, sustainable building

WWW.BUILDERSCIENCE.PL