

**Magdalena Grochulska-Salak, Katarzyna Zielonko-Jung,
Kinga Zinowiec-Cieplik**

Politechnika Warszawska

e-mails: m.grochulska-salak@o2.pl; kasiziel@wp.pl; ckinga@wp.pl

**KSZTAŁTOWANIE ZABUDOWY
I SYSTEMÓW ZIELENI NA TERENACH MIEJSKICH**

**MODELING BUILDINGS AND NATURAL SYSTEMS
IN URBAN AREAS**

DOI: 10.15611/pn.2018.504.05

JEL Classification: Z00 Other Special Topics General

Streszczenie: Dynamika wzrostu miast i problemy jakości ich środowiska skłaniają do badań nad możliwościami tworzenia efektywnych użytkowo systemów zieleni zintegrowanej z zabudową. Rozwijane są rozwiązania integrujące roślinność z rozwiązaniami architektonicznymi (tzw. zielona infrastruktura). Przejawem nowego podejścia do funkcji zieleni w mieście są farmy miejskie pozwalające na produkcję roślin na potrzeby społeczności lokalnej. Podjęte zostały interdyscyplinarne badania w celu rozpoznania problematyki kształtowania nowoczesnej struktury i parametrów zabudowy oraz zielonej infrastruktury jako systemu współzależnych elementów środowiska miejskiego. Prezentowane są wyniki w odniesieniu do współczesnego planowania przestrzennego. Publikacja stanowi głos w dyskusji dotyczącej planowania przestrzennego, wskazując na uwarunkowania i sposób kształtowania zabudowy zintegrowanej z formami zieleni dla zachowania środowiskowej równowagi przestrzeni miejskich.

Słowa kluczowe: urbanistyka, aerodynamika, architektura zielona, zielona infrastruktura, farmy miejskie.

Summary: The dynamics of urban growth and the problems of the quality of their environment are conducive to research into the possibilities of creating the efficient use of integrated natural systems. Developed solutions integrate plant and architectural forms (so-called green infrastructure). A new approach to the function of greenery in the city are the urban farms that allow the production of plants for the local community. Interdisciplinary research has been undertaken to identify the problem of shaping modern structure and development parameters and green infrastructure as a system of interdependent elements of the urban environment. Present results are presented with respect to contemporary spatial planning. The publication is a voice in the discussion on spatial planning, indicating the conditions and the way of shaping integrated development with green systems in order to preserve the environmental balance of urban space.

Keywords: urbanism, aerodynamics, green architecture, green infrastructure, urban farming.

1. Wstęp

Podstawą pracy badawczej zespołu autorów niniejszego opracowania jest analiza problematyki kształtowania struktury funkcjonalno-przestrzennej miasta w celu poprawy jakości środowiska oraz optymalizacji i regulacji wydajności procesów urbanizacji. Należy przy tym mieć na uwadze zasadę, że rozwój miasta powinien przebiegać w sposób harmonijny i opierać się na analizie aktualnych potrzeb i możliwości realizacyjnych [Ryńska 2013]. Tezą zawartą w tytule jest koniunkcja zabudowy z systemami zieleni miejskiej w kontekście kształtowania rozwoju miasta. Tym samym wskazane zostało twierdzenie, że w mieście należy kształtować zabudowę w sposób spójny w powiązaniu z zielenią. W niniejszym opracowaniu prezentowane są wnioski z pracy badawczej interdyscyplinarnego zespołu zajmującego się problematyką kształtowania struktury funkcjonalno-przestrzennej miasta w kontekście wdrażania nowych technologii, z uwzględnieniem aspektu rozwiązań środowiskowych w celu poprawy parametrów środowiskowych. Specyfika zagadnienia określonego w temacie opracowania powoduje selekcję materiału badawczego oraz wyników, prezentując problematykę kształtowania zabudowy w kontekście zieleni miejskiej, wskazując na zagadnienia szczegółowe podlegające analizie:

- zieleni zintegrowana z zabudową – zielona infrastruktura;
- farmy miejskie w strukturze funkcjonalno-przestrzennej miasta;
- zagadnienia aerodynamiki w kształtowaniu zespołu zabudowy;
- podsumowanie kształtowania zabudowy i systemów zieleni na terenach miejskich jako „jednostek hybrydowych” powstałych w efekcie projektowania zintegrowanego.

Zasadna jest analiza zagadnienia realizacji w mieście i wzajemnych powiązań: zieleni z zespołami zabudowy, w tym budynków zintegrowanych z powierzchnią biologicznie czynną, oraz terenów i budynków pełniących funkcję farm miejskich (innovacyjnej produkcji i upraw w mieście). Powstały układ przestrzenny powinien gwarantować komfort wiatrowy i właściwe warunki do wymiany powietrza w mieście.

W niniejszym opracowaniu prezentowane są wyniki pracy badawczej dotyczącej poprawy jakości środowiska miejskiego w rozwoju terenów zurbanizowanych. Prezentowane zagadnienia z pracy badawczej zespołu interdyscyplinarnego stanowią podsumowanie autorskich rozważań teoretycznych, analiz literatury przedmiotu, inwestycji zrealizowanych i planowanych oraz wyników badań empirycznych prowadzonych przez członków zespołu. Z uwagi na zróżnicowane metody badawcze i wieloprofilowe rozpoznanie problematyki wskazane są podstawowe założenia pracy badawczej oraz wyniki wskazujące na potencjał realizacji zabudowy zintegrowanej z zielenią i powierzchniami biologicznie czynnymi w mieście. Efektem pracy badawczej jest formułowanie wniosków dotyczących autorsko definiowanej „hybrydowej jednostki urbanistycznej”.

2. Zielen zintegrowana z zabudową – zielona infrastruktura

Tereny zieleni i powierzchnie biologicznie czynne stanowią istotny element zagospodarowania terenów zurbanizowanych, wpływają na jakość oraz parametry środowiska miejskiego. Zielona architektura rozumiana jako kompozycja elementów zabudowy powiązanych trwale z zielenią jest realizowana od ponad 20 lat. Powoli, lecz sukcesywnie zaczyna „rozlewać się” na elewacje i przenikać w głąb struktur architektonicznych. Coraz mocniej akcentowana jest rola zieleni w walce z deficytem wody [Schmidt 2015; Solarek, Ryńska, Mirecka 2016; Januchta-Szostak 2010; 2011]. Zielony dach i zielone elewacje nie tylko poprawiają klimat, lecz także wspierają obieg wody w środowisku miasta, gdzie powierzchni zabetonowanych i szczelnych dla wody jest większość. Zielone dachy, z pnączami lub ogrodami wertykalnymi, stają się namiastką „okna hydrologicznego” [Wolski 2013]. Mogą być częścią szerszego układu powiązanego ze zbiornikami retencji i infiltracji. Od 2013 roku Stowarzyszenie Budynki Nowoczesne prowadzi prace ekspertów dotyczące środowiska i zasobów naturalnych w ramach Grupy Roboczej (GR7), zmierzające do opracowania wymagań technicznych zgodnych z zasadami zrównoważonego rozwoju dla budownictwa. Postuluje się wliczenie do powierzchni biologicznie czynnej wszystkich form zieleni wieloletniej rosnącej na strukturach architektonicznych w specjalistycznych substratach – także ścian roślinnych o powierzchniach powyżej 10 m² [Solarek, Ryńska, Mirecka 2016]. Obecna praktyka projektowa współistnienia roślin z architekturą w Polsce skupia się głównie na intensywnych formach zieleni osiedli deweloperskich, zakładanej na stropach parkingów. W skali inwestycji miejskich zielone dachy jako ekstensywne układy mat rozchodnikowych spotykane są niestety sporadycznie. Natomiast zewnętrzne ogrody wertykalne to temat wyjątkowy. W Polsce mamy kilka przykładów w przestrzeniach publicznych, m.in. we Wrocławiu na elewacji Urzędu Miasta przy ul. Świdnickiej (projekt i realizacja Greenarte 2014), w Warszawie na budynku Fundacji na rzecz Nauki Polskiej w holenderskiej technologii substratowej (projekt 2009-2014 FAAB Architektura Adam Białobrzeski Adam Figurski) oraz na terenie portu lotniczego w Gdańsku (projekt i realizacja Greenarte 2014). Wdrażanie postulatów GR7 umożliwiłoby rozwój hybrydowych form zielonej architektury w strukturze miasta.

Rozwój zazieleniania obiektów architektonicznych ma jeszcze jedno swoje oblicze – bioróżnorodność. Zielone dachy, pnącza na elewacjach i ogrody wertykalne to miejsca bytowania drobnych zwierząt, niewielkich gryzoni, ptaków i najliczniej reprezentowanych owadów, w tym także zapylaczy. W kontekście danych [MEA 2005] o przyspieszeniu nawet 500-krotnym wymierania gatunków w ostatnim stuleciu – „walka o każdą roślinę i każdego owada” nabiera znaczenia. Natura i jej sztuczne/nowoczesne zbiorowiska kreowane przez człowieka stają się miejscem dla zwierząt. Zielen na dachach można zaprojektować tak, aby stała się miejscem bytowania rzadkich i zagrożonych gatunków. Szwajcarskie i brytyjskie badania nad bogactwem i ochroną różnorodności zielonych dachów zalecają budowę form ekstensywnych

na każdym nowo powstającym w mieście budynku z płaskim dachem [Brenneisen 2006] (Nature and Landscape Conservation Act § 9; Building and Planning Act § 72?). Badacze upatrują w ekstensywnych zielonych dachach efektywne narzędzie ochrony różnorodności biologicznej w kontekście planowania regionalnego i krajobrazowego [Baumann 2006]. Zieleń na budynkach będzie wydajniejsza, jeśli będzie tworzyć całe systemy wchodzące w kontekst i powiązania z konwencjonalnymi formami zieleni miejskiej, jak parki, zieleńce, aleje [Przewoźniak 2002; Szulczewska i in. 2017], domykając tzw. system przyrodniczy miasta.

Rozwój technologii zielonych dachów i wertykalnych ogrodów postępuje bardzo dynamicznie. Ogólnie zielone dachy dzieli się na systemy ekstensywne, intensywne oraz półintensywne w zależności od miąższości substratu wegetacyjnego oraz gatunków roślin, które mogą na nich bytować.

Przykładem upraw intensywnych (dopuszczających sadzenie krzewów i drzew) w Warszawie jest ogród na dachu Biblioteki Uniwersytetu Warszawskiego (projekt architektoniczny Budzyński Marek, Badowski Zbigniew z zespołem, oraz projekt krajobrazowy Irena Bajerska). Jest to największy, jak na razie, ogród tego typu w Polsce o powierzchni 2 tys. m². Stał się nie tylko miejscem odpoczynku studentów i mieszkańców miasta, lecz także obiektem turystycznym.

Ogrody ekstensywne – to powierzchnie o najmniejszym obciążeniu i najmniejszej (2-20 cm) warstwie substratu, pełniące funkcje ekologiczne i izolacyjne bez możliwości wprowadzania użytkowników. Jeden z największych w Polsce dachów ekstensywnych o powierzchni 23 tys. m² wybudowano w Warszawie na dachu galerii handlowej Arkadia (Ogrodnia Mariusz Pasek). Tworzy go tzw. murawa rozchodnikowa rosnąca na warstwie (10 cm) substratu, pełniąca funkcje ekologiczne.

Badania oraz prototypowanie Polskiej Zielonej Ściany [Innotech-K1/11/40/159571/NCBR/NCBR/12 2012] doprowadziły do podobnych wniosków co do rodzajów uprawy, jakie stosuje się w technologii zielonych dachów. Polska Zielona Ściana występuje w formie intensywnej, dochodzącej do 35 cm grubości i pozwalającej na obsadzenia krzewami i krzewinkami. Forma ekstensywna natomiast ma grubość warstwy wegetatywnej w przedziale 15-25 cm i porastają ją głównie rośliny sukulentowe (rozchodniki i rojniki). Zaletą polskich ogrodów wertykalnych w stosunku do rozwiązań zachodnioeuropejskich jest ich bardzo dobre przystosowanie do polskich, a zwłaszcza warszawskich warunków klimatycznych: stref chłódów zimowych. Wadą systemu substratowego polskiego ogrodu wertykalnego jest jego ciężar dochodzący w formach ekstensywnych do 2,5 kN/m², a w intensywnych nawet do 5,40 kN/m². Takie ściany będą wymagały odpowiednich konstrukcji [Zinowicz-Cieplik, Guranowska-Gruszecka, Dankiewicz 2015]. Systemy zazieleniania form architektonicznych technologicznie są możliwe. Badania udowadniają, że są to powierzchnie ważne z punktu widzenia funkcjonowania systemu przyrodniczego miasta [Baumann 2006], pełnią funkcje ekologiczne, m.in. zapobiegają zjawisku wyspy ciepła, poprawiają mikroklimat [Schmidt 2015; Kohler i in. 2003], stanowią ochronę dla samej architektury [Celadyn 1992]: izolują od niskich i wysokich tem-

peratur, zabezpieczają przed wilgocią. Mogą również stawać się elementem terenów rekreacyjnych ważnych dla mieszkańców, częścią ogrodów użytkowych (uprawowych), budować tożsamość miejsca, integrować lokalną społeczność, stawać się stimulatorem rozwoju, co pokazuje przykład ogrodów BUW, będących nierozzerwalnym elementem całego założenia. Tworzenie systemów zieleni zintegrowanej z formami architektonicznymi, zwłaszcza na dachach, może poprawiać komfort życia w mieście oraz zmniejszać efekt miejskiej wyspy ciepła.

3. Farmy miejskie w strukturze miasta

We współczesnych miastach obserwować można zjawiska powstawania farm miejskich, stanowiących powierzchnie biologicznie czynne w przestrzeni miejskiej, przeznaczone na uprawę roślinności użytkowej jako pożywienia [Herman, Kassner 2014]. Problematyka kształtowania farm miejskich jest jeszcze tematem mało rozpoznany naukowo, choć przykłady realizacji farm miejskich są publikowane jako nowatorskie i wizjonerskie rozwiązania w przestrzeni miejskiej. Realizacja farm miejskich w strukturze miasta jest zagadnieniem wymagającym rozpoznania w kontekście przyszłych wyzwań gospodarki przestrzennej, czyli prognozowanego rozwoju struktury funkcjonalno-przestrzennej miasta. W literaturze przedmiotu wskazuje się, że pojęcie farmy miejskiej formułowane było pod koniec lat dziewięćdziesiątych XX wieku [Wowrzeczka 2014]. W publikacji Dickinsona Despommiera opisano projekty teoretyczne dotyczące farm wertykalnych. Problematyką tą zajmuje się również Justyna Kleszcz, wskazując na „wielofunkcyjne megastruktury o znacznym stopniu złożoności” [Kleszcz 2016]. Publikowane przykłady koncepcji projektowych, rozważań teoretycznych oraz realizacji i prezentacje technologii farm wertykalnych uzasadniają prowadzenie badań w tej dziedzinie oraz analizę skali zjawiska. Uprawa roślin jest realizowana w mieście w różnych formach. Publikacje i przykłady realizacji farm miejskich zostały wyselekcjonowane i poddane analizie w celu wskazania materiału badawczego umożliwiającego formułowanie autorskiej typologii farm miejskich. W efekcie pracy badawczej wyróżniono 3 podstawowe typy prowadzenia uprawy roślin w mieście:

1. **Uprawa roślin sadzonych w ziemi, na otwartej przestrzeni**, w gruncie rodzimym lub na elementach budynków. Uprawy mogą być realizowane na mniejszą skalę i są uzależnione od warunków atmosferycznych oraz narażone na różnego rodzaju skażenia środowiska. Tego typu ogrody użytkowe zakładane są jako:

- ogrody działkowe (w wyznaczonych lokalizacjach, ujęte w opracowaniach planistycznych oraz środkach prawnych);
- ogrody społeczności lokalnej realizowane na niezagospodarowanych działkach oraz na terenach poprzemysłowych lub przekształcanych, przy czym uprawa odbywa się w sposób tradycyjny – w ziemi;
- ogrody zakładane na zewnętrznych partiach budynków, tj. na tarasach, dachach, na ścianach budynków. Roślinność uprawiana jest w donicach z ziemią i przy

zastosowaniu różnych rozwiązań technologicznych i nawadniających. Przykładem jest farma na dachu biurowca RK / Riverpark Farm w Montrealu [Zenkteler 2017].

2. Uprawa roślin sadzonych w ziemi realizowana wewnątrz budynku, przy zastosowaniu różnego typu donic i rozwiązań technologicznych nawadniających, oświetlających i utrzymujących właściwe – optymalne – parametry środowiska wewnątrz budynku. Uprawa częściowo zautomatyzowana, możliwe jest zwiększenie efektywności upraw poprzez właściwy dobór parametrów oświetleniowych, temperatury itp. Roślinność jest chroniona przed zanieczyszczeniami środowiska zewnętrznego oraz szkodnikami. Przykładem mogą być realizacje Kono design, jak biurowiec Pasona Group, zrealizowany w Japonii w Tokyo w 2010 roku, lub Pasona O2 realizowana w Tokyo w 2005 roku (portfolio konodesigns.com).

3. Produkcja roślin w budynkach i bez wykorzystania ziemi. Wysoce wyspecjalizowana technologia budynków do produkcji roślin bazuje na stworzeniu warunków wzrostu i wegetacji roślin w odpowiednio skonstruowanych „maszynach”. Proces wzrostu roślin jest sterowany, kontrolowany i zautomatyzowany. Roślinność ukorzenia się w wodzie płynącej (uprawy hydroponiczne, akwaponiczne) lub w odpowiednich uchwytach dostarczających mieszankę powietrza z substancjami niezbędnymi do wzrostu roślin (uprawy aeroponiczne).

Przykładem wielofunkcyjnego „hybrydowego” budynku farmy miejskiej jest opisywany przez Bogusława Wowrzczykę projekt „Harvest Tower” (Vancouver, Kanada), gdzie zaplanowano pionową hodowlę warzyw, ziół, owoców, ryb, drobiu i innych zwierząt przy wykorzystaniu energii geotermalnej, wiatrowej i słonecznej. Budynek został wyposażony w fotowoltaiczne elewacje i turbiny wiatrowe [Wowrzczyka 2014]. Zabudowa farm miejskich może zatem spełniać założenia architektury proekologicznej i architektury zielonej, stanowiącej zespolenie budynku i zieleni realizowanej jako element wykończenia i wyposażenia zabudowy, stanowiącej o symbiozie człowieka i zieleni, oraz zabudowy i powierzchni biologicznie czynnych. Założenia zielonej architektury i realizacje są prezentowane w publikacjach [Wines 2008].

Analiza przekształceń społecznych, gospodarczych, technologicznych i przestrzennych wskazuje na konieczność kształtowania ekologicznych miast i realizację uprawy roślin użytkowych w mieście przy zastosowaniu nowych technologii. Systemy zieleni miejskiej i terenów biologicznie czynnych powinny być uzupełniane o funkcję uprawy roślin na potrzeby społeczności lokalnych. Uprawa i produkcja roślin w mieście odbywają się w różny sposób i są zintegrowane z budynkami oraz przestrzeniami miejskimi, a efektywność produkcji podnosi realizacja uprawy jako farmy wertykalnej w budynku. Nowa struktura funkcjonalna miasta powinna uwzględniać produkcję w farmach miejskich oraz realizację powierzchni biologicznie czynnych jako uprawy w mieście.

4. Zagadnienia aerodynamiki w kształtowaniu zespołu zabudowy

Coraz intensywniej zabudowywane przestrzenie zurbanizowane stanowią obszar, w którym naturalny, wywołany wiatrem przepływ powietrza jest wyraźnie utrudniony. Zapewnienie płynnej penetracji wiatru przez strukturę miasta jest skutecznym, naturalnym sposobem przeciwdziałania zjawisku miejskiej wyspy ciepła. Chłodniejsze powietrze z obrzeży napływa w kierunku centrum, po czym, nagrzane, unosi się ku górze. Zapewnienie wymiany powietrza w mieście wymaga ciągłych systemów terenów otwartych przenikających obszary zabudowane. Ich układ powinien być zgodny z kierunkami wiatrów bryzowych. Klasycznym przykładem myśli urbanistycznej uwzględniającej zjawisko wiatrów bryzowych są promieniście rozplanowane „korytarze nawietrzające” (napowietrzające) stosowane np. w Warszawie. W obecnym, ograniczonym już kształcie prawdopodobnie nie zapewniają modelowego przepływu powietrza przez całość struktury miasta, jednak ich wartość dla jakości powietrza w Warszawie jest bezsporna.

Na obszarach intensywnie zabudowanych rolę korytarzy napowietrzających mogą pełnić także ulice, pod warunkiem, że mają właściwe ukierunkowanie oraz proporcje geometryczne. Można je traktować jako układ korytarzy „niższego rzędu” uzupełniający główne korytarze napowietrzające lub zastępujący je w przypadku utraty ciągłości (np. w śródmieściu). Konieczne jest jednak, by tworzyły układ ciągły. Potwierdzają to badania symulacyjne opływu powietrza wokół zabudowy miejskiej fragmentów Warszawy, ukierunkowane na identyfikację miejsc zastojów powietrza w ciasnych wnętrzach urbanistycznych [Zielonko-Jung 2015]. Szczególnie ważne jest ukształtowanie układu przestrzennego zabudowy tak, by możliwa była penetracja wiatrów, które powstają wskutek różnicy temperatury powietrza w mieście i na terenach otwartych lub wskutek specyficznego ukształtowania terenu.

Zagadnienia kształtowania terenów otwartych zapewniających właściwą wentylację w miastach w oczywisty sposób łączą się z zagadnieniami tworzenia systemów zieleni i powiązania ich z zabudową. Tym bardziej, że właściwie dobrana i usytuowana zieleń sama w sobie jest zdolna do modyfikacji mikroklimatu, w tym także w zakresie obniżania temperatury powietrza. Dzieje się tak zarówno w przypadku zieleni zajmujące duże obszary, jak i zieleni wokół budynków lub zintegrowanej z ich strukturą. Badania prowadzone na terenie Warszawy wykazały, że dzielnice podobnie oddalone od terenów obrzeżnych otoczone parkami są chłodniejsze latem od tych pozbawionych zielonych terenów otwartych [Adamczyk, Błażejczyk, Kuchcik 2008]. Możliwości zieleni w zakresie regulacji mikroklimatu są proporcjonalne do skali obszaru przez nią zajmowanego [Szymanowski 2011]. Istnieją także wyraźnie zalecenia dotyczące doboru zieleni ze względu na optymalizację opływu wiatru wokół budynków. Zieleń wysoka hamuje wiatr i turbulizuje tzw. linie prądu. Może zatem zadziałać jako rodzaj wiatrochronu, co jest pożądane w razie konieczności osłony danego terenu od wiatru i zimna, a niekorzystne np. na obszarach korytarzy nawietrzających czy ulic pełniących wspomnianą wyżej funkcję korytarzy „niższe-

go rządu”. Zieleni o drobnej strukturze również może kształtować przepływ powietrza. Tak więc zagadnienie kształtowania terenów otwartych w mieście oraz zieleni i „obudowy korytarzy nawietrzających” powinno być rozważane z uwzględnieniem wiedzy z zakresu aerodynamiki. Szczególnie istotne jest myślenie o tych elementach jako systemie, który powinien odgrywać różne, uzupełniające się role – ekologiczne, klimatotwórcze, społeczne. System ten tworzy „kościec” przestrzenny odpowiedzialny także za wymianę powietrza w mieście. Jego kształt, przebieg, proporcje, sposób zagospodarowania i rozwiązanie krawędzi powinny podlegać optymalizacji w zakresie aerodynamiki.

5. Podsumowanie – kształtowanie „jednostek hybrydowych” powstałych w efekcie zintegrowanego projektowania

Jednym z poważniejszych problemów środowiskowych współczesnych miast jest zjawisko miejskiej wyspy ciepła, czego efektem jest zaleganie przegrzanego i zanieczyszczonego powietrza. Wiąże się to bezpośrednio z problematyką jakości mezo-klimatu miejskiego. Negatywne skutki intensywnej urbanizacji można minimalizować poprzez ukształtowanie układu przestrzennego zabudowy tak, by formować otwarte systemy korytarzy napowietrzających w powiązaniu z systemami zieleni miejskiej poprzez próśrodo-wiskowe formy zabudowy miejskiej. Wykazana została wskazana w tytule koniunkcja w kształtowaniu zabudowy oraz systemów zieleni. Jak wykazano, kształtowanie parametrów środowiska i dalszy rozwój terenów zurbanizowanych zależne są od spełnienia koniecznego warunku realizacji zabudowy i systemów zieleni powiązanych ze sobą i formowanych jako zintegrowane zespoły, w których powierzchnie biologicznie czynne są zintegrowane z zabudową.

Formułując zasady kształtowania nowego ładu przestrzennego i struktury funkcjonalno-przestrzennej miasta, należy uwzględnić wzajemne relacje zieleni i układów zabudowy zintegrowanej z powierzchniami biologicznie czynnymi, powiązanych z systemem przestrzeni otwartych z celowo dobraną zielenią. Konieczne jest kształtowanie przestrzeni miejskiej z uwzględnieniem nowych technologii oraz zróżnicowanej struktury funkcjonalnej na potrzeby ekosystemu w środowisku miejskim. W celu poprawy wydajności terenów zurbanizowanych należy programować „zrównoważone” i samowystarczalne jednostki urbanistyczne stanowiące wieloelementowe układy współdziałających systemów, tj. „hybrydowe jednostki urbanistyczne”. Powinny się one charakteryzować zoptymalizowanymi parametrami zabudowy zintegrowanej z powierzchniami biologicznie czynnymi, łączyć funkcje użyteczności publicznej i produkcji, być realizowane w budynkach wielofunkcyjnych „przyjaznych dla środowiska” poprzez pasywne projektowanie, niskowęglowe materiały, wysoką sprawność energetyczną oraz stosowanie materiałów z wykorzystaniem zieleni jako powierzchni biologicznie czynnej zintegrowanej z budynkiem. We współczesnym planowaniu rozwoju miasta trzeba umożliwiać realizację funkcji

produkcji roślin – uprawy w farmach miejskich. Definiować należy parametry i strukturę funkcjonalną zabudowy, przestrzeni publicznych i terenów zieleni, kształtując przekroje i wyposażenie korytarzy nawietrzających, różnorodność gatunkową oraz parametry zabudowy wielofunkcyjnej z produkcją i uprawą roślin – elementem systemu przyrodniczego.

Literatura

- Adamczyk A.B., Błażejczyk K., Kuchcik M., 2008, *Warunki termiczne aglomeracji warszawskiej*, [w:] Kłysik K., Wibig J., Fortuniak K., *Klimat i bioklimat miast*, Wydawnictwo Uniwersytetu Łódzkiego, Łódź 2008.
- Baumann N., 2006, *Ground-Nesting Birds on Green Roofs in Switzerland: Preliminary Observations*, [w:] *Urban habitats. An electronic journal on the biology of urban areas around the world*, vol. 4: *Green Roofs and Biodiversity*, http://www.urbanhabitats.org/v04n01/urbanhabitats_v04n01_pdf.pdf(30.07.2017).
- Brenneisen B., 2006, *Space for Urban Wildlife: Designing Green Roofs as Habitats in Switzerland*, *URBANhabitats*, an Electronic Journal of the Biology of Urban Areas around the World, http://www.urbanhabitats.org/v04n01/wildlife_full.html(30.07.2017).
- Celadyn W., 1992, *Architektura a systemy roślinne. Studium relacji między elementami architektonicznymi a roślinnymi*, Politechnika Krakowska, Kraków.
- Heinze W., Schreiber D., 1984, *A new mapping of winter hardness zones for woody plants in Central Europe*, *German Dendrological Society Bulletin*, vol. 75.
- Herman K., Kassner M., 2014, *Dokąd zmierza miejskie ogrodnictwo*, <http://zielonewiadomosci.pl/tematy/miasto-2/dokad-zmierza-miejskie-ogrodnictwo/> (30.07.2017).
- Innotech-K1/I1/40/159571/NCBR/NCBR/12: *Polska Zielona Ściana*, AB System S.C. team landscape architects: MSc Bartosz Dankiewicz, MSc Katarzyna Dankiewicz, Eng. Karolina Adamska, MSc Izabela Główna-Roman; Warsaw University of Life Sciences team: Prof. Jacek Borowski (dendrology), Prof. Stefan Pietkiewicz (plant physiology), Prof. Tadeusz Łoboda (plant physiology), PhD Wojciech Kwasowski (soil science); Bioclimatic team (Bioclimatology and Ergonomics Environment Laboratory): Prof. Krzysztof Błażejczyk, PhD Jarosław Baranowski, MSc Wojciech Błażejczyk, MSc Anna Błażejczyk Construction and technical team: ABsystem.
- Januchta-Szostak A., 2010, *Miasto w symbiozie z wodą*, *Czasopismo Techniczne*, vol. 6-A/1/2010; zeszyt 1414 rok 107, Wydawnictwo Politechniki Krakowskiej, Kraków.
- Januchta-Szostak A., 2011, *Woda w miejskiej przestrzeni publicznej*, Wydawnictwo Politechniki Poznańskiej, Poznań.
- Kleszcz J., 2016, *Farma w mieście – wizja rolnictwa XXI wieku*, *ARCHITECTURAE et ARTIBUS* - 3/2016, <http://www.wa.pb.edu.pl/uploads/downloads/Architektura-3-2016---artykul-6--do-internetu-.pdf> (30.07.2017).
- Kohler M. i in., 2003, *Green Roofs as a Contribution to Reduce Urban heat Islands*, *RIO 3 - World Climate & Energy Event*, 1-5 December 2003, Rio de Janeiro, Brazil, http://www.rio12.com/rio3/proceedings/RIO3_493_M_Koehler.pdf (30.07.2017).
- MEA 2005, *Millennium Ecosystem Assessment. Ecosystems and Human Well-Being: Synthesis*, Island Press, Washington, DC.
- Przewoźniak M., 2005, *Teoretyczne aspekty przyrodniczej rewitalizacji miast: ku metodologii zintegrowanej rewitalizacji urbanistyczno-przyrodniczej*, Teza Komisji Architektury, Urbanistyki i Studiów Krajobrazowych – Oddział Lublin PAN, s. 25-34, <http://www.pan-ol.lublin.pl/wydawnictwa/TArch1/Przewozniak.pdf> (30.07.2017).

- Ryńska E.D., 2013, *Synergiczna triada architekt, ekonomika, środowisko*, Biblioteka Fundacji Poszanowania Energii, Warszawa.
- Schmidt M., 2015, *Making the city compact more livable and resilient thanks to the greening*, Presentation 19th May 2015 on Hotel de ville de Paris, <https://api-site.paris.fr/images/72760> (30.07.2017).
- Solarek K., Ryńska D., Mirecka M., 2016, *Urbanistyka i architektura w zintegrowanym gospodarowaniu wodami*, Oficyna Wydawnicza Politechniki Warszawskiej, Warszawa.
- Szulczewska B. i in., 2017, *Can we face the challenge: how to implement a theoretical concept of green infrastructure into planning practice? Warsaw case study*, Landscape Research, vol. 42 (2017), issue 2, s. 76-194.
- Szymanowski M., 2011, *System zieleni miejskiej a klimat miasta*, materiały z projektu The Urban Forest Project, www.urbanforestproject.org (01.12.2011).
- Wines J., 2008, *Zielona architektura*, Taschen, wydanie polskie TMC Art, Warszawa-Kraków.
- Wolski P., 2013., *Znaczenie okien hydrologicznych*, [w:] *Problemy ekologii krajobrazu*, tom 36, Polska Asocjacja Ekologii Krajobrazu, SGGW, Warszawa, s. 129-144, <http://agro.icm.edu.pl/agro/element/bwmeta1.element.agro-ae7a572-f4b5-4206-a2a8-2a5153ef6114> (30.07.2017).
- Wowrzeczka B., 2014, *Agropolis – część II. Współczesna farma miejska*, Architectus 2014, 3(39), http://www.architectus.arch.pwr.wroc.pl/39/39_08.pdf (30.07.2017).
- Zenkter M., 2017, *Urban Agriculture, czyli pielienie grządek w centrum miasta*, Urbanistyka.info, 2017, <http://www.urbanistyka.info/content/urban-agriculture-czyli-pielenie-grz%C4%85dek-w-centrum-miasta> (30.07.2017).
- Zielonko-Jung K., 2015, *Znaczenie badań modelowych w projektowaniu architektonicznym i urbanistycznym na przykładzie symulacji przepływu powietrza wokół zabudowy miejskiej*, [w:] *Nowoczesność w architekturze. System, struktura, sąsiedztwo*, red. J. Pallado, Oficyna Wydawnicza Politechniki Śląskiej, Gliwice.
- Zinowicz-Cieplik K., Guranowska-Gruszecka K., Dankiewicz B., 2015, *Polish Green Wall – research program*, Innotech-K1/I1/40/159571/NCBR/12 – poster for 1st European Urban Green Infrastructure Conference 2015, Vienna City Hall, 23-24 November 2015.