

# Smart city farmą pionową. Wybrane przykłady rozwiązań

## Smart city by vertical farm. Selected examples of solutions

### Streszczenie

Miasta rozwijają się niezwykle szybko i już wykorzystują 75% zasobów Ziemi. Ich powierzchnia zwiększa się dużo wolniej niż gęstość zaludnienia, co oznacza, że na coraz mniejszym obszarze mieszka coraz więcej ludzi, którzy nie produkują, ale potrzebują żywności.

W reakcji na potencjalne sytuacje kryzysowe i konieczność zapewnienia bezpieczeństwa żywnościowego mieszkańcom, niektóre z największych metropolii świata opracowują strategie żywnościowe uwzględniające produkcję żywności w mieście. W wielu krajach wdrażane są różne rozwiązania pozwalające realizować ideę energetycznej i żywnościowej samowystarczalności miast. Realizowane są miejskie farmy pionowe. Powstają też teoretyczne projekty samowystarczalnych inteligentnych miast, które spełniają warunki określone przez definicję współczesnych farm pionowych. Przybierają one formę zwartych struktur, pojedynczych farm: inteligentnych eco-miast oraz inteligentnych eco-miast utworzonych z kilku farm pionowych.

### Abstract

Cities are developing extremely rapidly, and they already use 75% of the Earth's resources. Their area is increasing at a slower rate than the population density, which means that an increasingly smaller area is inhabited by an increasingly growing number of people who do not produce but need food. In response to the potential crisis situations and the necessity of ensuring food safety to the inhabitants, some of the largest metropolitan areas of the world are developing food strategies that take into consideration food production in the city. A lot of countries are implementing solutions that enable putting into effect the idea of energetic and food self-sufficiency of cities. Vertical city farms are being established. Also, theoretical designs of self-sufficient smart cities are being developed to meet the conditions defined by the modern-day vertical farms. They assume the form of compact structures, single farms: smart eco-cities and smart eco-cities made up of several vertical farms.

Słowa kluczowe: miejska farma pionowa, inteligentne miasto, rolnictwo miejskie

Keywords: urban vertical farm, smart city, urban agriculture

### Wstęp

Według danych zawartych w raporcie ONZ w 1950 r. tylko 30% światowej populacji mieszkało w miastach. Dzisiaj wskaźnik ten wynosi 54%. Szacuje się, że do 2030 r. w miastach będzie mieszkać ok. 60% populacji, a do 2050 r. odsetek ten wyniesie 75%, przy czym 37% tego wzrostu pochodzi z trzech krajów: Chin, Indii i Nigerii<sup>1</sup>. Międzynarodowa Organizacja do Spraw Migracji przewiduje, że największa część przyrostu populacji w miastach przypadnie na ogromne aglomeracje w krajach Azji i Afryki o niskich lub średnich przychodach.

Miasta zajmują jedynie 2-3% powierzchni lądów, co nie zmienia faktu, że rozwijają się one niezwykle szybko i już wykorzystują 75% zasobów Ziemi<sup>2</sup>. To, że ich powierzchnia zwiększa się dużo wolniej niż gęstość zaludnienia, oznacza, że na coraz mniejszym obszarze mieszka coraz więcej ludzi, którzy nie produkują, ale potrzebują żywności. Ziemia wciąż nie jest przeludniona pod względem powierzchni zajmowanej przez osadnictwo, ale ma coraz więcej problemów z powszechnym

### Introduction

According to the data contained in a UN report, only 30% of the global population lived in cities in 1950. Today this indicator is 54%. It is estimated that approx. 60% of population will be living in cities by 2030, and by 2050 this percentage will be 75%, where 37% of this increase will be accounted for by three countries, i.e. China, India and Nigeria<sup>1</sup>. The International Organization for Migration (IOM) predicts that the greatest share of the population increase in cities will be due to huge urban agglomerations in low and medium income countries of Asia and Africa.

Cities occupy only 2-3% of the land area, which does not change the fact that they develop extremely rapidly and already use 75% of the Earth's resources<sup>2</sup>. The fact that their area is increasing at a much slower pace than population density means that an increasingly smaller area is inhabited by an increasingly growing number of people who do not produce but need food. The Earth is still not overpopulated with regard to the area occupied

dostępem do wystarczającej ilości żywności dla całej populacji jej mieszkańców. W wielu krajach powierzchnia terenów nadających się do wykorzystania przez rolnictwo zbliża się do wartości krytycznej. Według szacunków, z powierzchni nadających się pod uprawy i warzyw oraz do wypasu zwierząt hodowlanych, wykorzystuje się w świecie już około 85%<sup>3</sup>. A zatem większość terenów nadających się pod uprawy i do hodowli jest już wykorzystana. Koniecznością może okazać się produkcja żywności w miastach. Projekty, które umożliwią lepsze wykorzystanie przestrzeni miejskiej w celu produkcji żywności już dziś opracowywane są w wielu krajach. Wdrażane są rozwiązania pozwalające realizować ideę samowystarczalności miast, zgodnie z którą powinny być one zdolne do tego, by same zaopatrywały swych mieszkańców w podstawowe produkty rolno-spożywcze oraz w energię. Wznoszone są i tworzone w budynkach o pierwotnie innej funkcji, miejskie farmy pionowe. Powstają też teoretyczne projekty i podejmowane są działania mające na celu realizację struktur stanowiących inteligentne eco-miasta utworzone z farm pionowych lub będących farmami pionowymi.

### Miejska farma pionowa i inteligentne eco-miasto

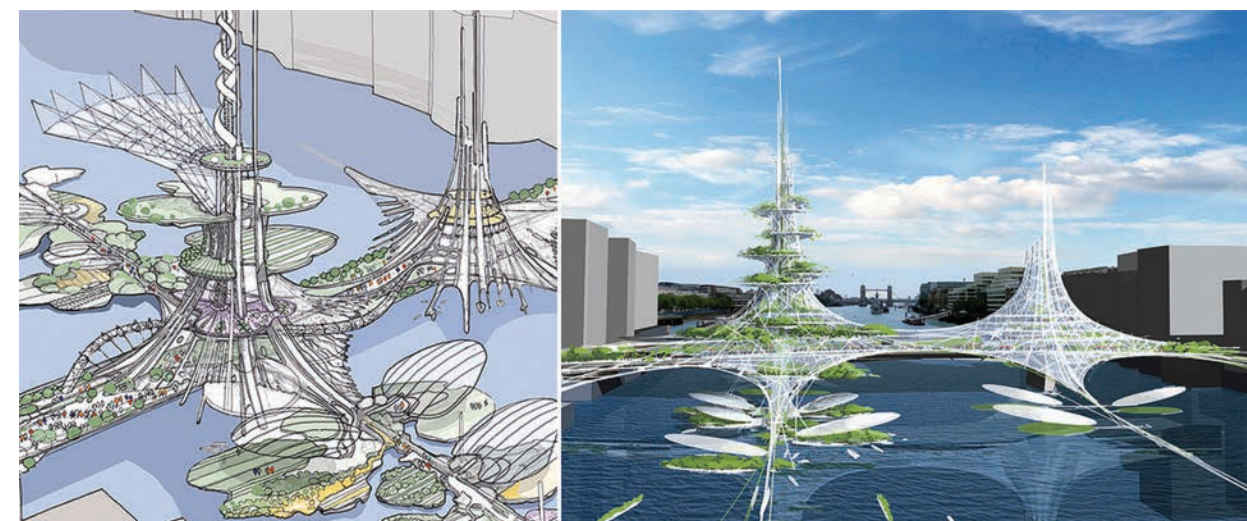
Współczesna farma pionowa, to wielopoziomowa (w budynku wielokondygnacyjnym lub na nachylonej pod odpowiednim kątem powierzchni) oraz powyżej poziomu terenu produkcja i przetwarzanie żywności oraz energii przy użyciu innowacyjnych nietradycyjnych intensywnych technologii oraz metod uprawy i chowu. Użytkuje i ponownie wykorzystuje zasoby naturalne i odpady komunalne dla uzyskania różnorodności roślin uprawnych i zwierząt gospodarskich. Określenie miejska farma pionowa mieści trzy pojęcia: rolnictwo pionowe, rolnictwo miejskie i farma pionowa. Główną wspólną cechą współczesnych farm pionowych jest zdalnej możliwość kontroli i sterowania całym procesem produkcyjnym. Monitorowanie wszystkich aspektów środowiskowych. Spełniające podane warunki farmy pionowe wznoszone są w mieście i na obszarach podmiejskich w celu zaspokojenia zapotrzebowania konsumentów w mieście. Przy czym w zasadzie nie powinny być to obszary o dużych wartościach kulturowych, przyrodniczych i krajobrazowych. Jednakże możemy spotkać propozycje lokalizacji farm pionowych na takich obszarach, jak m.in. w przypadku konkursu „London Bridge 800” na nowy, zamieszkały jak jego średniowieczny poprzednik, most

by settlements but is has more and more problems with universal access to sufficient quantities of food for the entire population of its inhabitants. In many countries the area of land suitable for farming is approaching the critical value. According to estimates, of the area suitable for growing cereals and vegetables and for animal grazing approx. 85% is already used in global scale<sup>3</sup>. Thus, the majority of land suitable for growing crops and grazing animals is already used. It may prove necessary to produce food in cities. Schemes that enable better utilisation of urban spaces for food production are being developed in many countries already today. There are solutions being implemented to allow for putting into effect the idea of self-sufficiency of cities according to which they should be capable of providing their inhabitants with the basic agricultural products and foodstuffs as well as energy. Vertical urban farms are currently being erected and established in buildings that were primarily intended for other functions. Also, theoretical designs are being created and actions taken for the purpose of accomplishing structures constituting smart eco-cities made up of vertical farms or being vertical farms.

### Urban vertical farm and smart eco-city

A modern-day vertical farm means multi-level production and processing of foodstuffs and power using innovative, non-traditional intensive technologies and methods of growing and breeding, taking place in multi-storey buildings or on a surface inclined at a given angle. Natural resources and municipal waste are used and recycled in order to achieve a diversity of arable crops and farm animals. The term 'vertical urban farm' comprises three notions, i.e. vertical agriculture, urban agriculture and vertical farm. The main common feature of modern-day vertical farms is the possibility to remotely control the entire production process. Also, to monitor all of the environmental aspects. Vertical farms that fulfil specified conditions are erected in cities and suburban areas in order to satisfy the demands of the consumers living in the city. Basically, these should not be areas of great cultural, natural or landscape values. However, there are suggestions of locating vertical farms in such areas, like, inter alia, in the case of the London Bridge 800 competition for a new version of the old inhabited London Bridge. The winning design by Chetwood Architects is

Il. 1. London Bridge – koncepcja architektoniczna farmy pionowej w Londynie, proj. Chetwood Architects, 2009, źródło: <https://www.chetwoods.com/laurie-chetwood/inhabited-london-bridge/> (ostona z dnia 18.02.2018) / London Bridge – architectural concept of a vertical farm in London, author: Chetwood Architects, 2009, source: <https://www.chetwoods.com/laurie-chetwood/inhabited-london-bridge/> (retrieved 18.02.2018)



\* Dr hab. inż. arch. Małgorzata Drożdż-Szczybura, Zakład Architektury i Planowania Wsi, Instytut Projektowania Miast i Regionów, Wydział Architektury, Politechnika Krakowska / D.Sc. Ph.D. Arch. Małgorzata Drożdż-Szczybura, Section of Rural Architecture and Planning, Institute of City and Regional Planning, Faculty of Architecture, Cracow University of Technology, e-mail: xmnds@tlen.pl

London Bridge. Zwycięska koncepcja pracowni Chetwood Architects, to futurystyczna farma pionowa, której dwie wieże wyrastają nad Tamizą (il. 1). Mieści ona samowystarczalne energetycznie, wykorzystujące odnawialne źródła energii, ekologiczne gospodarstwa rolne i centrum handlowe<sup>4</sup>.

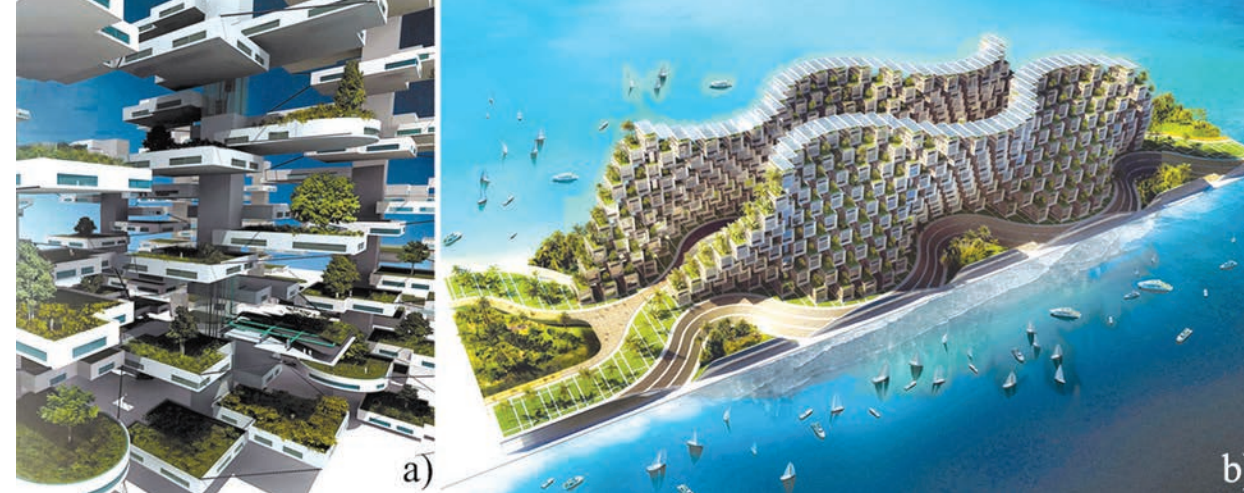
Inteligentne eco-miasta podkreślają dbałość o środowisko naturalne oraz oszczędnie gospodarowanie surowcami. Zakładają stosowanie czterech podstawowych zasad projektowania: wykorzystywanie odnawialnych źródeł energii, poszanowanie energii w budynkach, możliwość ponownego wykorzystania użytych materiałów oraz energooszczędna lokalizacja. Zarządzane są w sposób ekologiczny, nowoczesny, oszczędny i efektywny. Łączą determinanty dotyczące konkurencyjności, rozwoju zrównoważonego i inteligentnego w gospodarce, stylu życia, zasobach ludzkich, zarządzaniu, mobilności i środowisku naturalnym. Obszary te wspierane są przez wykorzystanie dostępnych technologii informatycznych i komunikacyjnych, jednak z uwzględnieniem faktu, iż nie one są celem realizacji strategii smart city (jest nim zaś wielowymiarowy rozwój, uwzględniający wszystkich interesariuszy miasta, tj. przedsiębiorstwa – obywatele – samorząd)<sup>5</sup>. Inteligentne eco-miasto to również kształtowanie przestrzeni z maksymalnie możliwym poszanowaniem szerokiego aspektu lokalnego środowiska naturalnego. Osadzanie obiektów w lokalnym kontekście zarówno poprzez wpisywanie ich w miejscowy krajobraz i użycie lokalnych materiałów, jak i współpracę z miejscowymi wykonawcami oraz uwzględnienie potrzeb lokalnych społeczności.

Rolnictwo miejskie, a w tym miejskie farmy pionowe, to większa dostępność świeżych produktów spożywczych, mniejsze zapotrzebowanie, straty i koszty transportu, większe możliwości recyklingu wody i odpadów oraz lepsze wykorzystanie otwartej przestrzeni. Inteligentne miejskie rolnictwo musi zatem zostać zintegrowane z inteligentną infrastrukturą miejską, aby zapewnić ludziom w miastach dostęp do świeżej żywności. Zwłaszcza, że za największą korzyść z istnienia rolnictwa miejskiego uważa się zapewnienie mieszkańcom wspomnianego już bezpieczeństwa żywnościowego. Uzyskanie zdolności miast do utrzymania się na wypadek katastrofy, zmniejszając ich zależność od przewożenia żywności z odległych miejsc. W reakcji na potencjalne sytuacje kryzysowe i konieczność zapewnienia bezpieczeństwa żywnościowego mieszkańcom, niektóre największe metropolie Europy, Stanów Zjednoczonych czy Kanady opracowują własne strategie żywnościowe uwzględniające produkcję żywności przez rolnictwo miejskie. Ich wdrożenie uznają za dźwignię rozwoju zrównoważonego obszarów podlegających wpływowi miast. Jednocześnie szacuje się, że w przeważającej ilości ośrodków miejskich istnieje zaledwie trzydniowy zapas świeżej żywności<sup>6</sup>. Obecnie większość inicjatyw wdrażanych w inteligentnych miastach ukierunkowana jest na rozwiązywanie konkretnych problemów związanych ze zrównoważoną energią, warunkami środowiskowymi w celu ograniczenia emisji gazów cieplarnianych oraz zapewnienie korzyści społeczno-ekonomicznych pod względem jakości życia, lokalnego zatrudnienia i przedsiębiorstw oraz wzmocnienia pozycji obywateli. Cele te obejmują inicjatywy dotyczące nieruchomości, sieci energetycznych

a futurist vertical farm with two towers rising over the Thames (ill. 1). It comprises energetically self-sufficient organic farms using renewable energy sources and a shopping centre<sup>4</sup>.

Smart eco-cities emphasise care for the natural environment as well as efficient management of raw materials. They provide for application of four basic principles of designing, i.e. use of renewable energy sources, power savings in buildings, recyclability of the materials used and energy-efficient location. They are managed in an ecological, modern and effective manner. They combine determinants concerning competitiveness and sustainable and smart development in economy, lifestyle, human resources, management, mobility and natural environment. These areas are supported by utilisation of available IT and communication technologies taking into account, however, the fact that it is not them that are the objective of accomplishing the smart city strategy; the objective is in fact multidimensional development taking into account all of the city's stakeholders, i.e. enterprises, citizens and the self-government<sup>5</sup>. A smart eco-city also involves shaping the space with maximum possible respect for the broad aspect of the local natural environment. This included embedding structures in the local context by both inscribing them into the local landscape and utilisation of local materials as well as cooperation with local contractors and taking into account the needs of the local communities.

Urban agriculture, including vertical urban farms, means a greater availability of fresh produce, lower demand, cost and losses associated with transport, greater water and waste recycling potential as well as better utilisation of open spaces. Smart city agriculture must thus be integrated with the smart infrastructure of the city in order to provide people in cities with access to fresh foods, especially that the greatest benefit from urban agriculture is considered to be the provision of the aforementioned food safety. Another aspect is that cities achieve the capability of surviving a disaster and become less dependent on bringing foods from far-away places. In response to potential crisis situations and in view of the necessity of providing inhabitants with food safety, some of the largest metropolises of Europe, the United States and Canada are developing their own food strategies taking into consideration production of foodstuffs by urban agriculture. They deem implementation thereof a leverage of sustainable development of the areas exposed to the influence of cities. At the same time, it is estimated that the vast majority of urban centres only have a three-day emergency supply of fresh food<sup>6</sup>. At present, most of the initiatives implemented in smart cities are aimed at solving specific problems related to sustainable energy and environmental conditions in order to reduce greenhouse gas emissions and to ensure social and economic benefits with regard to the quality of life, local employment and businesses as well as enhancing the position of the citizens. These objectives include initiatives concerning real property, power networks and transport. However, the increase of the number of population will force local self-governments to take actions concerning something more than just trans-



Il. 2. Otwarte inteligentne eco-miasta farmy pionowe: a) indyjskie miasto przyszłości, proj. G. Anto i S. Athale, 2010, źródło: [http://www.bustler.net/index.php/article/winners\\_announced\\_in\\_hp\\_skyline\\_2020\\_online\\_competition/](http://www.bustler.net/index.php/article/winners_announced_in_hp_skyline_2020_online_competition/), b) Coral Reef, Port-au-Prince, Haiti, proj. V. Callebaut, 2011, źródło: <http://vincent.callebaut.org/>, (odsłona z dnia 19.02.2018) / Open intelligent eco-city vertical farms: a) the city of the future in India, author: G. Anto and S. Athale, 2010, source: [http://www.bustler.net/index.php/article/winners\\_announced\\_in\\_hp\\_skyline\\_2020\\_online\\_competition/](http://www.bustler.net/index.php/article/winners_announced_in_hp_skyline_2020_online_competition/), b) Coral Reef, Port-au-Prince, Haiti, author: V. Callebaut, 2011, source: <http://vincent.callebaut.org/>, (retrieved 19.02.2018)

i transportu. Jednak wzrost liczby ludności zmusi lokalne samorządy do działań dotyczących czegoś więcej niż tylko transport i mieszkania. Potencjalną odpowiedzią na wyzwania demograficzne przed którymi stoją inteligentne miasta może być rolnictwo pionowe. Miejskie farmy pionowe zintegrowane z tkanką miejską. Inteligentne miasto spotyka się z inteligentnym rolnictwem, ale natura technologii wymaga, aby ta relacja była symbiotyczna, a nie jednokierunkowa. Coraz częściej inteligentne rolnictwo będzie oddziaływać na inteligentne miasto.

Oprócz zrealizowanych już w wielu miastach i licznych teoretycznych rozwiązań miejskich farm pionowych pośród, na razie tylko teoretycznych projektów, znajdują się, jak już zaznaczono we wstępie, megastruktury mieszkalne i całe miasta stanowiące miejskie farmy pionowe lub ukształtowane przez farmy pionowe oraz „miasta w miastach” będące farmami pionowymi lub je zawierające. Otwarte lub zamknięte struktury<sup>7</sup>, które prezentują wizję samowystarczalnych żywnościowo i energetycznie inteligentnych ekologicznych miast przyszłości.

#### Inteligentne eco-miasta – farmy pionowe

W grupie otwartych miast-farm należy umieścić projekt G. Anto i S. Athale, który zwyciężył w 2010 r. w konkursie **HP Skyline 2020** na opracowanie koncepcji urbanistycznej indyjskiego miasta przyszłości (il. 2a). Autorzy zaproponowali miasto z łatwymi do rozbudowy wieżowcami-miejskimi farmami pionowymi, które tworzą piętrzące się platformy z mieszkalnymi modułami. Moduły koncentrują się wokół centralnego szybu komunikacyjno-instalacyjnego. Każdy moduł, to mieszkanie z ogrodem na dachu. Woda zasilająca ogrody jest oczyszczana i wykorzystywana przez kolejne gospodarstwa z niższych pięter. Ścieki, odpady organiczne oraz inne mają stanowić biopaliwo do wytwarzania energii<sup>8</sup>.

Zaprojektowana przez V. Callebauta Coral Reef (2011), to również struktura otwarta, miasto-farma, którą stanowi kompleks mieszkań kształtujących eco-strukturę dla Port-au-Prince, zniszczonej przez trzęsienie ziemi stolicy Haiti (il. 2b)<sup>9</sup>. Cały zespół ma być zbudowany na sztucznym moło posadowionym na słupach redukujących efekty wstrząsów sejsmicznych.

port and dwellings. A potential response to the demographic challenges faced by smart cities might be vertical agriculture, i.e. vertical urban farms integrated with the city tissue. Smart city meets smart agriculture, but the nature of technology demands that this relation be symbiotic, not one-way. More and more often the smart agriculture will affect the smart city.

Apart from the numerous theoretical solutions of vertical farms already accomplished in many cities, there are among the so far only theoretical designs, as mentioned in the introduction, residential megastructures and whole cities constituting vertical urban farms as well as 'cities in cities' being vertical farms or containing them. These are open or closed structures<sup>7</sup> that represent visions of food and energy self-sufficient smart ecological cities of the future.

#### Smart eco-cities - vertical farms

The group of open cities-farms might include the project by G. Anto and S. Athale that won the **HP Skyline 2020 (2010) competition for developing a concept of the Indian city of the future (ill. 2a)**. The authors proposed a city with easy-to-expand high-rise buildings being vertical farms that are made up of piles of platforms with residential modules. The modules are centred around a central communication and installation shaft. Each module is a flat with a garden on the roof. Water supplied to the gardens is purified and used by next households on lower levels. Wastewater, organic and other waste is to be used as biofuel for generating power<sup>8</sup>.

The Coral Reef (2011) designed by V. Callebaut is also an open structure, a city-farm that makes a housing complex shaping the eco-structure for Port-au-Prince, the capital of Haiti destroyed by an earthquake (ill. 2b)<sup>9</sup>. The entire complex is to be built on an artificial jetty located on pillars reducing the effects of seismic events. The structure is built of prefabricated modules. For power generation, it uses, inter alia, temperature differences between surface and deep-sea waters, wind and solar power as well as the kinetic energy in tidal currents. The basic module is made up of two passive houses on the roofs of which there will be vegetable

Struktura zbudowana jest z prefabrykowanych modułów. Do wytworzenia energii wykorzystuje m.in. różnicę temperatur pomiędzy wodami powierzchniowymi i głębinowymi, energię wiatrzną, słoneczną oraz kinetyczną prądów morskich. Podstawowy moduł stanowi dwa pasywne domy, na których dachach urządzone będą ogrody warzywne mieszkańców. Callebaut zakłada, że zaprojektowana przez niego samowystarczalna struktura, która ma pomieścić 2 tys. rodzin, jest otwarta i elastyczna. Może ewoluować w miarę potrzeb według zasady „plug-in” poprzez dodawanie nowych standardowych wtyczek-modułów do jej podstawowego rusztu. Miejskie ramy tego ekologicznego osiedla pozostają nieokreślone i elastyczne. Rozwijają się w sposób ciągły w zależności od czasu i przestrzeni.

#### Inteligentne eco-miasta kształtowane przez farmy pionowe

Utworzone z otwartych farm pionowych „Zielone termitery” Gwanggyo (2007), eko-miasto przyszłości zaprojektowane przez holenderską pracownię MVRDV, zlokalizowano w Korei Płd., w sąsiedztwie miasta Gwanggyo. Samowystarczalne bytowo i energetycznie miasto ma zajmować powierzchnię 480 tys. m<sup>2</sup> i liczyć blisko 77 tys. mieszkańców. Wszystkie budynki mają formy miękkich zielonych termitier. Oprócz budynków mieszkalnych w zasięgu dojścia pieszego ma ono mieścić biura, szkoły, urzędy oraz obiekty kulturalne, redukując potrzebę ruchu samochodowego. Wertykalny park ma zapewnić dobrą wentylację wewnątrz osiedla, oczyszczać powietrze i zredukować zużycie energii oraz wody. Wszystkie budynki połączono niskim atrium, w którym znajdują się mają przestrzenie użyteczności publicznej<sup>10</sup>.

Chiński projektant i naukowiec CJ Lim opracował koncepcję GuangMing Smartcity (2007). Istniejące obecnie w miejscu planowanej lokalizacji rolnictwo zostało włączone do miejskiej tkanki. Pastwiska i grunty orne znajdują się na dachach olbrzymich okrągłych wież. Obszary upraw znajdują się również w farmach pionowych. GuangMing kształtuje 12 „pierścieni” z okrągłymi wieżami, które są samowystarczalnymi jednostkami mieszkalnymi. Każda wytwarza żywność i zawiera mieszkania, sklepy, szkoły, szpitale i biura, które obsługują ok. 14 000 mieszkańców. Każda z jednostek pełni dodatkowo jedną nadrzędną funkcję obsługując wszystkich mieszkańców poprzez lokalizację w niej m. in. uniwersytetu, ratusza lub muzeum. GuangMing jest wolne od tradycyjnych środków transportu. Indywidualna i publiczna komunikacja opiera się na pojazdach napędzanych biogazem. W mieście zastosowano systemy korzystające z energii odnawialnej. Zaprojektowano również sieć cieków wodnych, które mają służyć rekreacji oraz zapewniać odpowiedni mikroklimat<sup>11</sup>.

Powstające koncepcje zielonych pływających wysp mieszkalnych i pływających miast zakładają rozwiązanie problemów środowiskowych wynikających z kurczenia się zasobów i ze zmian klimatycznych. Usytuowane w środowisku wodnym Lilypads (2008) to kolejne zaprojektowane przez Callebaut inteligentne megastruktury mieszkalne złożone z farm pionowych stanowiących samodzielne i samowystarczalne jednostki osadnicze. Ecopolis Lilypads jest koncepcją zielonych pływających wysp mieszkalnych, które mają zapewnić

gardeny dla mieszkańców. Callebaut assumes that the self-sufficient structure designed by him will be open and flexible and will provide homes for 2,000 families. It can evolve depending on the needs according to the ‘plug-in’ principle by addition of new standard plug-in modules to its basic grid. The urban framework of this ecological residential area remains undefined and flexible. The develop on a continuous basis depending on the time and space.

#### Smart eco-cities shaped by vertical farms

Gwanggyo (2007), an eco-city of the future, located in South Korea near the city of Gwanggyo and designed by Dutch architects MVRDV, will consist of a series of ‘termite-shaped’ vertical farms. The sustainable city is planned to occupy an area of 480,000 m<sup>2</sup> and have nearly 77,000 inhabitants. All of the buildings are modelled like soft green termite mounds. In addition to residential building, it will house offices, schools and cultural facilities, all within walking distance to reduce the need for car traffic. The vertical park is to provide good ventilation inside the residential area, purify the air and reduce power and water consumption. All buildings are connected by a low atrium with public spaces<sup>10</sup>.

The Chinese designer and scientist CJ Lim has developed the concept of GuangMing Smartcity (2007). The agricultural activity currently existing at the planned location was incorporated into the urban tissue. Pastures and arable lands are located on the roofs of huge round towers. Cultivation areas are in the vertical farms, too. GuangMing is shaped by 12 ‘rings’ with round towers, which are self-sufficient residential units. Each of them produces food and contains flats, shops, schools, hospitals and offices, which serve ca. 14,000 inhabitants. Additionally, each of the units fulfils one paramount function serving all the inhabitants, such as university, town hall or museum. GuangMing is free from traditional means of transport. Both individual and public transport is based on vehicles powered by biogas. The city uses renewable energy systems. Also, a network of watercourses has been designed for recreational purposes and to ensure appropriate microclimate<sup>11</sup>.

The emerging concepts of green, floating residential islands and floating cities provide for solving environmental problems resulting from the dwindling of resources and climatic changes. Lilypads (2008), located in the aquatic environment, is another project designed by Callebaut; smart residential megastructures made up of vertical farms and constituting independent and self-sufficient settlement units. Ecopolis Lilypads is a concept of green floating residential islands that are intended to provide shelter to the future climatic refugees. They are meant to provide room for approx. 50,000 people. It is expected that using only renewable energy, they will generate more energy than they consume themselves and thanks to the materials used (polyester fibres coated with titanium dioxide) they will absorb air pollutants. Round waterborne platforms with artificial lagoons, aquaculture fields and three ‘elevations’ housing workplaces, entertainment facilities and shops will be overgrown with exuberant greenery, mainly of a utilitarian char-

acter. The whole structure is encompassed by flats with suspended gardens. A floating city, self-sufficient ecotopia, Green Float (2010), a vision by a Japanese construction company (ill. 3). The futurist city covered with vegetation generates power, produces food and water and manages waste. Floating islands with smart eco cities are connected with one another to form modules. Several modules clustered together can form a structure inhabited by approx. one million people. In the middle of each island there is to be a 1,000 m high tower, a vertical farm comprising also residential spaces, shops and offices. Power is to be generated from renewable sources, among which the designers mention solar energy generated by means of photovoltaic systems installed in the future on the Moon. The proposed location is in equatorial Pacific<sup>12</sup>.

Open structures are also featured in Istanbul’s smart eco-city **HavvAda (2012), designed by Studio Dror** (ill. 4). Rocks and earth acquired after building of the waterway linking the Black Sea with the Marmara Sea are to be utilised to build an artificial island with a diameter of approx. 3 km. A city self-sufficient in terms of energy and neutral to the environment and using renewable energy sources is to be located on the island. It is planned to be made up of six domes resembling green hills, hemispherical structures with a height of 230 to 400 m, with plantings. The proprietary, innovative self-supporting structural system of the domes was derived from the geodesic dome to obtain strong and light glazed structures. According to the plans, up to 300,000 people will be able to live and stay at HavvAda at the same time. The centre of the island is to be a round-shaped valley with a diameter of approx. 1.0 km serving entertaining and recreational purposes as the seventh symbolic element of the whole complex. The hills are evenly located and the distances between the centre of the island and the so-called activity centres of each hill with various main functions (education, art, health, sport, business, entertainment), are the same. Transport is based on quick cable transport and footpaths. One of the assumptions of the project is to achieve six individual microenvironments for the community, which will generate more power than they consume. The biodiversity of the agricultural activity in the city is to enable diversification of the microclimates at the different levels of the hills<sup>13</sup>.

An example of a closed structure is Aequorea (2015), designed by Callebaut for the Brazilian waters of Rio de Janeiro (ill. 5). The ‘underwater village’ as it is referred to by the designer, is made up of organic underwater skyscrapers resembling jellyfish with long tentacles, which operate as turbines generating power from seawater and microorganisms. Potable water will be produced by means of a seawater desalination system. The complex is to be printed of algoplast in 3D technology. This material is obtained by combining algae and recycled plastics, mainly from the sea bottom. Each tower, holding approx. 20,000 inhabitants, is intended to have a hotel, a school, a laboratory, a recycling station and vertical farms. Also, 4 marinas are provided for.

Acter. The whole structure is encompassed by flats with suspended gardens. A floating city, self-sufficient ecotopia – Green Float (2010) jest wizją japońskiej firmy budowlanej (il. 3). Pokryte roślinnością futurystyczne miasto wytwarza energię, żywność i wodę oraz zarządza odpadami. Połączone ze sobą pływające wyspy z inteligentnymi eco-miastami tworzą moduły. Kilka zgrupowanych razem modułów może stworzyć strukturę zamieszkiwaną przez ok. milion osób. Na środku każdej wyspy ma znajdować się wieża o wysokości ok. 1000 m. Farma pionowa mieszcząca również pomieszczenia mieszkalne, handlowe i biurowe. Energia ma być uzyskiwana ze źródeł odnawialnych, wśród których projektanci wymieniają także energię słoneczną pozyskiwaną za pomocą systemów fotowoltaicznych instalowanych w przyszłości na Księżycu. Proponowana lokalizacja to wody równikowego Pacyfiku<sup>12</sup>.

Struktury otwarte prezentuje istambulskie inteligentne eko-miasto **HavvAda (2012)**, projekt Studia Dror (il. 4). Skały i ziemia uzyskane po wybudowaniu kanału łączącego Morze Czarne z Morzem Marmara, mają zostać wykorzystane do budowy sztucznej wyspy o średnicy ok. 3 km. Ma na niej powstać neutralne dla środowiska, samowystarczalne energetycznie miasto, korzystające z odnawialnych źródeł energii. Utworzone ma być z sześciu, przypominających **zielone wzgórze** kopuł. Półkulistych struktur o wysokości od 230 do 400 m z roślinnymi nasadzeniami. Zastosowany w projekcie autorski, innowacyjny samonośny system konstrukcyjny kopuł wywiedziono z kopuły geodezyjnej, uzyskując mocne i lekkie przeszklone formy. Planuje się, że w HavvAda będzie mogło mieszkać i przebywać do 300 tys. osób jednocześnie. Centrum wyspy ma stanowić kolista dolina o średnicy ok. 1,0 km i funkcji rozrywkowo-rekreacyjnej, stanowiąca symboliczny siódmy element całego kompleksu. Wzgórze rozmieszczone są równomiernie, a odległości pomiędzy centrum wyspy i tzw. centrami aktywności każdego wzgórze o różnych głównych funkcjach (edukacja, sztuka, zdrowie, sport, biznes, rozrywka), są jednakowe. Komunikację oparto na szybkim transporcie linowym i drogach dla pieszych. Jednym z założeń projektu jest uzyskanie sześciu indywidualnych mikro środowisk dla społeczności, która będzie produkować więcej energii niż konsumuje. Bioróżnorodność prowadzonej w mieście działalności rolniczej ma umożliwić zróżnicowanie mikroklimatów na różnych poziomach wzgórz<sup>13</sup>.

Zamkniętą strukturę stanowi Aequorea (2015), zaprojektowana przez Callebaut dla brazylijskich wód Rio de Janeiro (il. 5). Nazywana przez projektanta wioską podwodną ukształtowana jest z organicznych podmorskich wieżowców przypominających meduzy z długimi mackami, które działają jako turbiny



Image courtesy of Shimizu Corporation



Il. 3. Ekotopia Green Float, 2010, źródło: <https://www.shimzu.co.jp/> (odsłona z dnia 24.02.2018) / Ekotopia Green Float, 2010, source: <https://www.shimzu.co.jp/> (retrieved 24.02.2018)



Il. 4. Inteligentne eco-miasto HavvAda, proj. Studio Dror, 2012, źródło: <http://www.studiodror.com/> (odsłona z dnia 22.02.2018) / Smart eco-city HavvAda, author: Studio Dror, 2012, source: <http://www.studiodror.com/> (retrieved 22.02.2018)

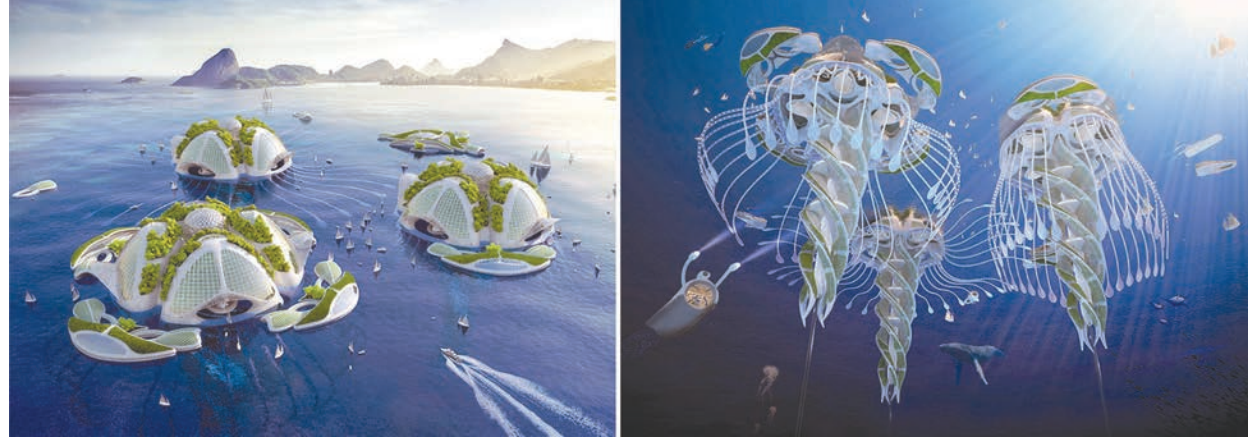
wytwarzające energię uzyskiwaną z morskiej wody i mikroorganizmów. Woda pitna będzie uzyskiwana dzięki systemom odsalania wody morskiej. Kompleks ma być wydrukowany przy użyciu technologii 3D z algoplastu. Materiału uzyskiwanego z połączenia glonów i poddanych recyklingowi tworzyw sztucznych pochodzących głównie z dna morskiego. W każdej wieży mogącej pomieścić ok. 20 tys. mieszkańców oprócz strefy mieszkalnej przewidziano hotel, szkołę, laboratorium, stację utylizacji odpadów oraz farmy pionowe. W osadzie zaplanowano 4 mariny.

#### Smart "miasta w mieście" farmy pionowe i z farmami pionowymi

Szeroki program funkcjonalny prezentuje projekt Dragonfly Vertical Farm (2009) opracowany dla Nowego Jorku przez biuro Callebaut Architectures. Licząca ok. 130 kondygnacji, wysoka na ok. 700 m, samowystarczalna energetycznie i bytowo pionowa zamknięta farma, o formie wzorowanej na skrzydłach ważki, oprócz kilkudziesięciu gospodarstw rolnych mieści mieszkania, biura, laboratoria i przestrzeń publiczną. Umieszczone w dwu wieżach-skrzydłach, rozdzielone terenami upraw roślinnych, połączone są licznymi ciągami pieszymi i windami. Systemy pozyskiwania energii oparto na panelach fotowoltaicznych oraz turbinach wiatrowych umieszczonych pomiędzy „skrzydłami” obiektu. Przewidywana lokalizacja farmy na brzegu Roosevelt Island wpłynęła na zaprojektowanie, związanych funkcjonalnie z budynkiem, przystani oraz stawów przeznaczonych do hodowli akwakultury. Przyjęty program funkcjonalny tworzy wieś przyszłości w mieście, która stanowi smart "miasto w mieście" będące farmą pionową. Projekt „Times Squared 3015” (2015, proj. B. Freitas, G. Chen, A. Karavokiris) stanowi koncepcję zamkniętej struktury miasta z wewnętrzną farmą pionową (il. 6). Zlokalizowany na Times Square wieżowiec ma ok. 1828 m wysokości. Tworzą go pionowo ułożone moduły – klastry w kształcie litery „L” o róż-

#### Smart 'cities in a city' vertical farms and with vertical farms

A wide functional programme is provided by the Dragonfly Vertical Farm design (2009) developed for New York City by Callebaut Architectures. The closed vertical farm with a form modelled on dragonfly wings will have about 130 levels and be approx. 700 m high. It will be self-sufficient in terms of energy and self-sustaining, and apart from several tens of farms it will have dwellings, offices, laboratories and public spaces. They will be located in two wing-shaped towers and separated by arable crops areas and lined with numerous pedestrian lanes and lifts. The power generating systems are based on photovoltaic panels and wind turbines located between the 'wings' of the structure. Due to the intended location of the farm on the shore of Roosevelt Island, the design also includes functionally related marina and ponds intended for aquatic cultures. The functional programme adopted creates a village of the future within a city, a village forming a smart 'city in a city' being a vertical farm. The Times Squared 3015 design (2015, B. Freitas, G. Chen, A. Karavokiris) is a concept a closed city structure with an internal vertical farm (il. 6). The skyscraper located at Times Square is approx. 1,828 m high. It is comprised of vertically arranged modules, L-shaped clusters having different functions, threaded on a centre core, a system of lifts – a vertical commuter line that is to minimise travel time by only stopping at the twelve main modules. In them, additional lifts and staircases are to be located to form auxiliary systems of vertical transport. The modules accommodate zones of dwellings, offices, shops and restaurants, recreation with a stadium, indoor beaches and other recreational areas surrounded by selected ecosystems – a mountain range and a sequoia forest, as well as a vertical farm. The location provides for southern exposure. In addition to supplying food



Il. 5. Zamknięta podwodna eco-struktura Aequorea, proj. V. Callebaut, 2015, źródło: <http://vincent.callebaut.org/> (odsłona z dnia 19.02.2018) / Closed underwater eco-structure Aequorea, author: V. Callebaut, 2015, source: <http://vincent.callebaut.org/> (retrieved 19.02.2018)

nych funkcjach, nanizane na główny rdzeń, system wind – linię pionowego metra, które ma minimalizować czas podróży zatrzymując się tylko na dwunastu głównych modułach. W nich mają być umieszczone dodatkowe windy i schody tworząc pomocnicze systemy komunikacji pionowej. Moduły mieszczą strefy mieszkań, biur, handlu i gastronomii, rekreacji ze stadionem, krytymi plażami i innymi terenami rekreacyjnymi zlokalizowanymi w otoczeniu wybranych ekosystemów – pasma górskiego i lasu sekwojowego oraz farmę pionową. Jej lokalizacja uwzględnia południową ekspozycję. Oprócz zaopatrywania mieszkańców w żywność ma ona dostarczać tlen do środowiska. „Times Squared 3015” stanowi wertykalne „miasto w mieście” z farmami pionowymi. Żywe, dynamiczne i samowystarczalne miasto przyszłości<sup>14</sup>.

#### Podsumowanie

Inteligentne miasta muszą znajdować się w czotówce miejskich systemów rolniczych, zajmując się szerokim zakresem wyzwań, aby stać się w przyszłości bardziej dynamicznymi i przyjaznymi miejscami zamieszkiwania. Te inteligentne miasta, które już mają miejskie systemy rolnictwa, mają możliwość ich udoskonalenia i skalowania, dzięki czemu mogą się rozwijać i są ekonomicznie zrównoważone. Istotne jest, aby współpraca w tym zakresie pomiędzy wszystkimi interesariuszami miasta miała na celu zapewnienie bezpieczeństwa żywnościowego mieszkańców z wszystkich klas społecznych,

Il. 6. Times Squared 3015 – zamknięta struktura miasta z wewnętrzną farmą pionową, proj. B. Freitas, G.Chen, A. Kararavokiris, 2015, źródło: Times Squared 3015, <http://www.evolo.us/> (odsłona z dnia 22.02.2018) / Times Squared 3015 – closed city structure with an internal vertical farm, author: B. Freitas, G.Chen, A. Kararavokiris, 2015, source: Times Squared 3015, <http://www.evolo.us/> (retrieved 22.02.2018)



to the inhabitants, it is intended to supply oxygen to the environment. Times Squared 3015 forms a vertical 'city in a city' with vertical farms. A lively, vibrant and self-sufficient city of the future<sup>14</sup>.

#### Conclusion

Smart cities must be at the spearhead of urban agricultural systems and deal with a wide range of challenges so as to become more dynamic and friendly places to live in the future. These smart cities, which already have urban agricultural systems, have potential to improve and to scale them, and therefore they can develop and are economically sustainable. It is important that cooperation with this respect between all stakeholders is aimed at providing food safety to inhabitants from all social classes while natural resources are protected at the same time. The idea of smart cities would be incomplete without smart food, produced by modern-day smart urban agriculture, which should become a permanent element of the urban system. Food production should be considered in the aspect of sustainable development. Like energy, food should be produced where it is consumed<sup>15</sup>. The growing significance of urban agriculture in the global scale gives impetus to search and develop new innovative technologies that might be used at vertical farms created in smart eco-cities and creating such cities. This is also the basis for establishing associa-

przy jednoczesnej ochronie zasobów naturalnych. Idea inteligentnych miast jest niekompletna bez inteligentnej żywności, wytwarzanej przez współczesne inteligentne miejskie rolnictwo, które powinno stać się stałym elementem miejskiego systemu. Produkcję żywności należy rozpatrywać w aspekcie zrównoważonego rozwoju. Podobnie jak energia, żywność powinna być uprawiana tam, gdzie jest spożywana<sup>15</sup>.

Wzrastające w świecie znaczenie gospodarcze rolnictwa miejskiego daje impuls do poszukiwań i opracowywania nowych innowacyjnych technologii, które mogły by być zastosowane w farmach pionowych tworzonych w inteligentnych eco-miastach i tworzących takie miasta. Stoi też u podstaw powstawania stowarzyszeń i organizacji promujących różne kierunki i formy idei miejskiego rolnictwa.

Przywołane w tekście inteligentne megastruktury mieszkalne wytwarzające żywność i energię często nie przystają do zdefiniowanych ustawowo kryteriów jednostek osadniczych. Niejednokrotnie, biorąc pod uwagę zwłaszcza kryterium administracyjne, nie są one miastami. Ale z kolei trudno definiować je jako wsie. W świetle rozwijających się idei tworzenia inteligentnych eco-miast, a szczególnie inteligentnych eco-miast farm pionowych lub z farmami pionowymi i zakresu rozważanego zagadnienia przyjęto, że nieadekwatne byłoby przyjmowanie stosowanej w Polsce klasyfikacji jednostek osadniczych.

Problematyka dotycząca miejskich farm pionowych traktowana jest niekiedy jako obszar fantastyki naukowej. Jednak umniejszanie znaczenia idei ich wznoszenia i niedostrzeganie konieczności podejmowania prac projektowych dotyczących takich rolniczych obiektów produkcyjnych nie powstrzyma, już zachodzącego, światowego procesu przeistaczania się wizji w praktykę. Opracowywane na świecie projekty i realizacje wskazują na potrzebę i racjonalność zaistnienia miejskich farm pionowych oraz miast farm pionowych. Należy podkreślić, że światowe badania nad produkcją żywności w kontrolowanym, zamkniętym środowisku i zamkniętymi farmami pionowymi mają zasięg międzyplanetarny. Świadczą o tym między innymi zarówno projekty Bios-3 i Biosfera 2, prace Brytyjskiego Towarzystwa Międzyplanetarnego nad zastosowaniem technologii wież hydroponicznych w warunkach księżycowych, włoski projekt Hortextreme czy też badania prowadzone przez NASA.

#### PRZYPISY

- <sup>1</sup> World Urbanization Prospects, <https://esa.un.org/unpd/wup/> (odsłona z dnia 10.01.2018), Gómez-Baggethun E., Barton D.N., *Classifying and valuing ecosystem services for urban planning*, w: *Ecological Economics*, nr 86/2013, s. 235-245 oraz szacunki firm doradztwa strategicznego i operacyjnego.
- <sup>2</sup> Różnica w podanych wielkościach powierzchni zajmowanej przez miasta wynika z braku jednolitej i jednoznacznej na poziomie światowym definicji miasta. Różne też wielkości uzyskamy stosując różnorodne kryteria. Zob. m. in. raporty ONZ, Liu Z., He C., Zhou Y., Wu J., *How much of the world's land has been urbanized, really?* w: *Landscape Ecology* (2014) vol. 29, s. 763-771; Southan J., *Miasta przyszłości dla biznesu*, <http://businessstraveller.pl/raporty/> (odsłona z dnia 14.01.2018)
- <sup>3</sup> Sztumski W., *Ekologia przestrzeni*, w: *Problemy Ekorozwoju* 1/2011, s. 122.
- <sup>4</sup> <https://www.chetwoods.com/laurie-chetwood/inhabited-london-bridge/> (odsłona z dnia 18.02.2018)
- <sup>5</sup> Szczech-Pietkiewicz E., *Smart-city – próba definicji i pomiaru*, w: *Prace Naukowe Uniwersytetu Ekonomicznego we Wrocławiu*, No. 391, p. 71, Wrocław University of Economics, Wrocław 2015
- <sup>6</sup> Jefferson J., *Finding Fresh: How Smart Farming is Impacting Smart Cities*, <http://meetingoftheminds.org/> (retrieved 20.02.2018)
- <sup>7</sup> In an open structure, both the inhabitants and the food production have direct access to the natural environment, i.e. their external surroundings. A closed structure has its own internal environment of life and production, hermetic and artificially shaped and isolated from the surroundings.
- <sup>8</sup> [http://www.bustler.net/index.php/article/winners\\_announced\\_in\\_hp\\_skyline\\_2020\\_online\\_competition/](http://www.bustler.net/index.php/article/winners_announced_in_hp_skyline_2020_online_competition/) (retrieved 19.02.2018)
- <sup>9</sup> Data concerning the projects by V. Callebaut referred to come from the architects' website (retrieved 19.02.2018)
- <sup>10</sup> <https://www.mrvd.nl/> (retrieved 23.02.2018)
- <sup>11</sup> *Chinese eco-city*, <http://www.ucl.ac.uk/> (retrieved 23.02.2018)

tions and organisations promoting various trends and forms of the idea of urban agriculture.

The smart residential megastructures referred to in this paper, producing food and energy, often do not fit the criteria of settlement units as defined in the legislation. In many cases they are not even cities, especially in view of the administrative criterion. But on the other hand, they can hardly be defined as villages. In the light of the developing ideas of creating smart eco-cities, and particularly smart eco-cities being vertical farms or containing vertical farms, and the scope of the issue under consideration, it was assumed that it would be inappropriate to adopt the classification of settlement units used in Poland.

Matters concerning vertical urban farms are occasionally treated as the realm of science fiction. However, downgrading the significance of the idea of erecting them and failing to see the necessity of undertaking design work on such agricultural production structures will not stop the ongoing world-wide process of vision being translated into practice. The designs and accomplishments made round the world point to the need and rationality of bringing about vertical urban farms and cities being vertical farms. It should be stressed that worldwide research on food production in a controlled confined environment and on closed vertical farms have an interplanetary range. This is evidenced by, inter alia, the Bios-3 and Biosphere 2 projects, the work conducted by the British Interplanetary Society on the application of hydroponic towers in lunar conditions, the Italian project Hortextreme or the research conducted by the NASA.

#### ENDNOTES

- <sup>1</sup> World Urbanization Prospects, <https://esa.un.org/unpd/wup/> (retrieved 10.01.2018), Gómez-Baggethun E., Barton D.N., *Classifying and valuing ecosystem services for urban planning*, in: *Ecological Economics*, No. 86/2013, p. 235-245 and estimates of strategic and operational consulting companies.
- <sup>2</sup> The difference in the values quoted with regard to the area occupied by cities results from the lack of a uniform, unambiguous and globally accepted definition of a city. Different values are obtained depending on the criteria used. See among others: ONZ Reports, Liu Z., He C., Zhou Y., Wu J., *How much of the world's land has been urbanized, really?* in: *Landscape Ecology* (2014) vol. 29, p. 763-771; Southan J., *Miasta przyszłości dla biznesu*, <http://businessstraveller.pl/raporty/> (retrieved 14.01.2018)
- <sup>3</sup> Sztumski W., *Ekologia przestrzeni*, in: *Problemy Ekorozwoju* 1/2011, p. 122.
- <sup>4</sup> <https://www.chetwoods.com/laurie-chetwood/inhabited-london-bridge/> (retrieved 18.02.2018)
- <sup>5</sup> Szczech-Pietkiewicz E., *Smart-city – próba definicji i pomiaru*, in: *Prace Naukowe Uniwersytetu Ekonomicznego we Wrocławiu*, No. 391, p. 71, Wrocław University of Economics, Wrocław 2015
- <sup>6</sup> Jefferson J., *Finding Fresh: How Smart Farming is Impacting Smart Cities*, <http://meetingoftheminds.org/> (retrieved 20.02.2018)
- <sup>7</sup> In an open structure, both the inhabitants and the food production have direct access to the natural environment, i.e. their external surroundings. A closed structure has its own internal environment of life and production, hermetic and artificially shaped and isolated from the surroundings.
- <sup>8</sup> [http://www.bustler.net/index.php/article/winners\\_announced\\_in\\_hp\\_skyline\\_2020\\_online\\_competition/](http://www.bustler.net/index.php/article/winners_announced_in_hp_skyline_2020_online_competition/) (retrieved 19.02.2018)
- <sup>9</sup> Data concerning the projects by V. Callebaut referred to come from the architects' website (retrieved 19.02.2018)
- <sup>10</sup> <https://www.mrvd.nl/> (retrieved 23.02.2018)
- <sup>11</sup> *Chinese eco-city*, <http://www.ucl.ac.uk/> (retrieved 23.02.2018)

<sup>7</sup> W strukturze otwartej zarówno mieszkańcy, jak i produkcja żywności mają bezpośredni dostęp do naturalnego środowiska, ich zewnętrznego otoczenia. Struktura zamknięta posiada własne wewnętrzne środowisko życia i produkcji. Hermetyczne i sztucznie kształtowane, odizolowane od otoczenia.

<sup>8</sup> [http://www.bustler.net/index.php/article/winners\\_announced\\_in\\_hp\\_skyline\\_2020\\_online\\_competition/](http://www.bustler.net/index.php/article/winners_announced_in_hp_skyline_2020_online_competition/) (odsłona z dnia 19.02.2018)

<sup>9</sup> Dane dotyczące przywoływanych w tekście projektów V. Callebauta ze strony biura: <http://vincent.callebaut.org/> (odsłona z dnia 19.02.2018)

<sup>10</sup> <https://www.mvrdr.nl/> (odsłona z dnia 23.02.2018)

<sup>11</sup> *Chinese eco-city*, <http://www.ucl.ac.uk/> (odsłona z dnia 23.02.2018)

<sup>12</sup> *The Environmental Island -GREEN FLOAT*, <https://www.shimz.co.jp/> (odsłona z dnia 24.02.2018)

<sup>13</sup> *Dror's Vision for HavvAda*, <https://architect.com/>, <http://www.studiodror.com/> (odsłona z dnia 22.02.2018)

<sup>14</sup> *Times Squared 3015*, <http://www.evolo.us/> (odsłona z dnia 22.02.2018)

<sup>15</sup> Parekh S., *Can smart cities grow food the smart way*, <http://www.business-standard.com/> (odsłona z dnia 21.02.2018)

## LITERATURA

[1] Gómez-Baggethun E., Barton D.N., *Classifying and valuing ecosystem services for urban planning*, w: *Ecological Economics*, 86 (2013), s. 235-245.

[2] Liu Z., He C., Zhou Y., Wu J., *How much of the world's land has been urbanized, really?* w: *Landscape Ecology* (2014) vol. 29, s. 763-771.

[3] Szczech-Pietkiewicz E., *Smart-city – próba definicji i pomiaru*, w: *Prace Naukowe Uniwersytetu Ekonomicznego we Wrocławiu*, nr 391, Wydawnictwo UE we Wrocławiu, Wrocław 2015, s. 71-82.

[4] Sztumski W., *Ekologia przestrzeni*, w: *Problemy Ekorozwoju* 1/2011, s. 117-138.

## NETOGRAFIA

*Chinese eco-city*, <http://www.ucl.ac.uk/> (odsłona z dnia 23.02.2018)

*Dror's Vision for HavvAda*, <https://architect.com/> (odsłona z dnia 22.02.2018)

Jefferson J., *Finding Fresh: How Smart Farming is Impacting Smart Cities*, <http://meetingoftheminds.org/> (odsłona z dnia 20.02.2018)

<http://bustler.net/news/1066/winners-of-london-bridge-800-design-an-inhabited-bridge-competition> (odsłona z dnia 10.02.2018)

<http://vincent.callebaut.org/> (odsłona z dnia 19.02.2018)

<http://www.studiodror.com/> (odsłona z dnia 22.02.2018)

<https://www.chetwoods.com/laurie-chetwood/inhabited-london-bridge/> (odsłona z dnia 18.02.2018)

<https://www.mvrdr.nl/> (odsłona z dnia 23.02.2018)

<https://www.shimz.co.jp/english/theme/dream/greenfloat.html> (odsłona z dnia 24.02.2018)

Parekh S., *Can smart cities grow food the smart way*, <http://www.business-standard.com/> (odsłona z dnia 21.02.2018)

Southan J., *Miasta przyszłości dla biznesu*, <http://businessstraveller.pl/raporty/> (odsłona z dnia 14.01.2018)

*The Environmental Island -GREEN FLOAT*, <https://www.shimz.co.jp/> (odsłona z dnia 24.02.2018)

*Times Squared 3015*, <http://www.evolo.us/> (odsłona z dnia 22.02.2018)

*World Urbanization Prospects*, <https://esa.un.org/unpd/wup/> (odsłona z dnia 10.02.2018)

<sup>12</sup> *The Environmental Island -GREEN FLOAT*, <https://www.shimz.co.jp/> (retrieved 24.02.2018)

<sup>13</sup> *Dror's Vision for HavvAda*, <https://architect.com/>, <http://www.studiodror.com/> (retrieved 22.02.2018)

<sup>14</sup> *Times Squared 3015*, <http://www.evolo.us/> (retrieved 22.02.2018)

<sup>15</sup> Parekh S., *Can smart cities grow food the smart way*, <http://www.business-standard.com/> (retrieved 21.02.2018)

## BIBLIOGRAPHY

[1] Gómez-Baggethun E., Barton D.N., *Classifying and valuing ecosystem services for urban planning*, in: *Ecological Economics*, 86 (2013), p. 235-245.

[2] Liu Z., He C., Zhou Y., Wu J., *How much of the world's land has been urbanized, really?* in: *Landscape Ecology* (2014) vol. 29, p. 763-771.

[3] Szczech-Pietkiewicz E., *Smart-city – próba definicji i pomiaru*, in: *Prace Naukowe Uniwersytetu Ekonomicznego we Wrocławiu*, No. 391, Wrocław University of Economics, Wrocław 2015, p. 71-82.

[4] Sztumski W., *Ekologia przestrzeni*, in: *Problemy Ekorozwoju* 1/2011, p. 117-138.

## INTERNET SOURCES

*Chinese eco-city*, <http://www.ucl.ac.uk/> (retrieved 23.02.2018)

*Dror's Vision for HavvAda*, <https://architect.com/> (retrieved 22.02.2018)

Jefferson J., *Finding Fresh: How Smart Farming is Impacting Smart Cities*, <http://meetingoftheminds.org/> (retrieved 20.02.2018)

[http://bustler.net/news/1066/winners-of-london-bridge-800-design-an-inhabited-bridge-800-design-an-inhabited-bridge-competition](http://bustler.net/news/1066/winners-of-london-bridge-800-design-an-inhabited-bridge-competition) (retrieved 10.02.2018)

<http://vincent.callebaut.org/> (retrieved 19.02.2018)

<http://www.studiodror.com/> (retrieved 22.02.2018)

<https://www.chetwoods.com/laurie-chetwood/inhabited-london-bridge/> (retrieved 18.02.2018)

<https://www.mvrdr.nl/> (retrieved 23.02.2018)

<https://www.shimz.co.jp/english/theme/dream/greenfloat.html> (retrieved 24.02.2018)

Parekh S., *Can smart cities grow food the smart way*, <http://www.business-standard.com/> (retrieved 21.02.2018)

Southan J., *Miasta przyszłości dla biznesu*, <http://businessstraveller.pl/raporty/> (retrieved 14.01.2018)

*The Environmental Island -GREEN FLOAT*, <https://www.shimz.co.jp/> (retrieved 24.02.2018)

*Times Squared 3015*, <http://www.evolo.us/> (retrieved 22.02.2018)

*World Urbanization Prospects*, <https://esa.un.org/unpd/wup/> (retrieved 10.02.2018)