

MAŁGORZATA DROŹDŹ-SZCZYBURA\*

## VERTICAL FARMS IN THE CITIES OF THE FUTURE

### FARMY PIONOWE W MIASTACH PRZYSZŁOŚCI

#### Abstract

The economic and environmental conditions, which change at an unparalleled pace, bring about a search for new agricultural technologies. The increasing human population needs new methods of food production. For the time being, open and closed multistorey vertical farms meant for urban areas, making one of the elements of urban agriculture, lie mostly in the realm of futuristic ideas. Designed objects present unprecedented architectonic forms. They are energy self-sufficient, use renewable energy sources, recycle water and other materials. We must ask the following question: Is the existence and development of the earth's civilization possible in the decades to come without the implementation of the (so far) visionary concepts of food production? Agriculture in tall buildings located in the city is the measure of the dreams of scientists and architects all over the world. Nowadays, it is becoming reality.

*Keywords: urban agriculture, vertical farms*

#### Streszczenie

Ekonomiczne i środowiskowe warunki, zmieniające się z niespotykaną dotąd prędkością, pociągają za sobą poszukiwanie nowych technologii rolniczych. Rosnąca populacja ludzka zmusza do myślenia o nowych metodach produkcji żywności. Na razie otwarte i zamknięte, kilkukilunastopiętrowe pionowe farmy, przeznaczone dla obszarów miejskich, będące jednym z elementów miejskiego rolnictwa, leżą głównie w sferze futurystycznych pomysłów. Projektowane obiekty prezentują bezprecedensowe formy architektoniczne. Są samowystarczalne energetycznie, wykorzystują odnawialne źródła energii, recykling wody i innych materiałów. Należy postawić pytanie: czy możliwe jest istnienie i rozwój ziemskiej cywilizacji w najbliższych dziesięcioleciach bez wdrażania wizjonerskich (na razie) koncepcji produkcji żywności? Rolnictwo w budynkach wysokościowych zlokalizowanych w mieście jest marzeniem części naukowców i architektów na całym świecie i staje się rzeczywistością.

*Słowa kluczowe: rolnictwo miejskie, farmy pionowe*

\* D.Sc. Ph.D. Arch. Małgorzata Drożdż-Szczybura, Institute of Urban Design, Faculty of Architecture, Cracow University of Technology.

## 1. Introduction

The economic and environmental conditions, which have been changing at an unprecedented pace since the end of the twentieth century, as well as the rising populations need new methods of food production which results in the creation of new forms of production objects. The ideas of urban agriculture are being revived because vegetable growing and animal breeding have been practised in the cities since the dawn of time. The history of urban agriculture seems as long as the history of the cities themselves [7, p. 40].

The Industrial Revolution, which began in the eighteenth century, meant accelerated urbanization as well as the division of the functions of settlement units and areas into urban and rural zones. The Third Industrial Revolution, which started in the 1940s, gave the basis for the concept of returning to food production in the city, a cohesive combination of various functions of urban spaces, including urban agriculture which produces food for sale even though certain social groups claim that its main function is recreation. Urban vertical farms are springing up – they can be regarded as an answer to the problem of establishing balance between the city with its needs and Nature.

## 2. Vertical agriculture and the oldest vertical farms

The concept of “vertical agriculture” could be derived from the Hanging Gardens of Semiramis and terrace cultivations which made an inseparable element of the landscape of many rural areas or one organism combined with an urban structure. This term was invented by Gilbert E. Bailey in 1915. In the book *Vertical Farming*, he expressed his pacifistic views and suggested applying explosives in order to increase acreages owned by farmers through the formation of shell craters and the use of their wall surfaces for farming [1]. Bailey’s proposition was absurd but the concepts of growing crops on vertical walls or in multilevel agricultural objects were quite reasonable.

In 1909, *Life* published the drawing of a multistorey building with farms situated on individual floors – it produced food [5]. Arthur G. Walker’s print advertised a high-riser planned in Manhattan. The germs of the idea of vertical farms could be found in Le Corbusier’s concept of *Immeubles-Villas* (1922) or James Wines’ theoretical design of *Highrise of Homes* (1981).

A hydroponic tower built in Armenia in 1951 was regarded as one of the earliest twentieth-century vertical farms [9]. Such towers were also constructed at the school of horticulture in Langenlois more than fifty years ago and at the Gardening Exhibition in Vienna in 1964 [5]. A tower greenhouse, designed by Othmar Ruthner, stood in the Park of Culture and Recreation in Chorzów from 1968 till 1984.

Work on the directions of the development of vertical agriculture and solutions for vertical farms intensified at the end of the twentieth century and took two courses. One trend focused on open vertical farms, whereas the other tendency concerned closed farms where agricultural production proceeded in a “confined” environment. Such a division is still acknowledged but both open and closed farms realize production only or combine it with other functions.

Agricultural production in urban vertical farms with a closed, strictly controlled environment is propagated by Dickson Despommier's researches and publications. His concept, first presented at Columbia University in 1999, promotes mass vegetable and animal farming in high-risers<sup>1</sup>. Despommier claims that vertical agriculture is well-founded on ecological issues. He says that urban vertical farms will consume less energy and will be less toxic than agricultural production in rural areas [2].

Vertical farms can be also divided with respect to their direction of agricultural production. Objects which only grow vegetables or only breed animals and those which mix various kinds of production are distinguished. Another division allows for their social "status". Farms that are run by and for their users as well as commercial ones aiming at sales are distinguished, too. None of these divisions are rigid so there are numerous variants of production and social functions fulfilled by urban vertical farms.

### 3. Vegetable growing in urban vertical farms

The most advanced research and the few existing realizations concern vertical urban farms with vegetable production. Here, the concept of vertical agriculture in closed farms is based upon the idea of vegetable cultivation on the industrial scale in the cities with the complete control of the climate and a lack of pollutions or pesticides regardless of the season.

Theories formulated by Dickson Despommier are reflected by the Clepsydra – an urban vertical farm designed by Bruno Vigano and Florencia Costa in 2011. The authors assume the possibility of adding this object to the existing buildings or treating it as one of the elements of new realizations. They think that this ten-floor farm serving to grow vegetables or to create green recreational grounds can make a multidirectional tool for the development of cities guaranteeing food and social safety. This building, which occupies an area of 1,500 m<sup>2</sup>, is expected to produce as much as a six-hectare farm. Its modular constructional solution is created by frames of steel rods, whereas its transparent walls are made of ETFE. Its demand for energy is satisfied by solar panels installed on the roof. The cylindrical shape of this object makes it possible to increase the access of daylight. The basic farm module can be repeated many times<sup>2</sup>.

The first closed vertical farm, realized in accordance with the principles of contemporary urban agriculture, was completed in 2010. It implements a research programme and produces plants meant for fodder (Ill. 1a). It is located at the Zoological Garden in Paignton, Great Britain<sup>3</sup>.

The first commercial farmstead consisting of vertical farms, which produces 0.5 ton of vegetables a day, was realized in Singapore in 2012. It consists of 120 towers (c. 9 m tall) whose construction is based on A-shaped aluminum frames (Ill. 1b). The natural

<sup>1</sup> B. Venkataraman, *Country, the City Version: Farms in the Sky Gain Interest*, The New York Times, 05.01.2011, [http://www.nytimes.com/2008/07/15/science/15farm.html?\\_r=2](http://www.nytimes.com/2008/07/15/science/15farm.html?_r=2) – access: 21.05.2012.

<sup>2</sup> <http://www.agri-tecture.com/post/12156069436/clepsydra-urban-farming> – access: 06.12.2013.

<sup>3</sup> D. Graham-Rowe, *Are vertical farms the future of urban food?*, <http://www.guardian.co.uk> – access: 21.05.2012.

location of this investment is conducive to plant growth<sup>4</sup>. The applied technologies remain in accordance with the contemporary principles of urban agriculture.

The construction of the closed vertical farm Greenhouse Plantagon began in Linköping, Sweden in 2012. This transparent tower with slanting walls is supposed to use heat and carbon dioxide surpluses generated by industry. The designers estimate that production in this object on 10,000 m<sup>2</sup> may correspond with 100,000 m<sup>2</sup> of traditional greenhouse cultivation<sup>5</sup>.



- III. 1. Interior urban vertical farms built in the twenty-first century: a) research farm, Paignton, b) commercial farm, Singapore (sources: a) <http://plantheritage.wordpress.com/page/20/>, b) <http://www.npr.org/blogs/thesalt/2012/11/06/164428031/sky-high-vegetables-vertical-farming-sprouts-in-singapore>)
- II. 1. Wnętrza miejskich farm pionowych wzniesionych w XXI w.: a) doświadczalna farma w Paignton, b) komercyjna farma w Singapurze (źródła: a) <http://plantheritage.wordpress.com/page/20/>, b) <http://www.npr.org/blogs/thesalt/2012/11/06/164428031/sky-high-vegetables-vertical-farming-sprouts-in-singapore>)

<sup>4</sup> <http://www.cbc.ca/strombo/technology-1/farming-grows-up-the-worlds-first-commercial-vertical-farm-opens-in-singapore.html> – access: 26.05.2013.

<sup>5</sup> *SWECO's slanted Plantagon Greenhouse breaks ground in Linköping, Sweden*: <http://www.worldarchitecturenews.com> – access: 20.12.2013.

#### 4. Urban vertical farms and livestock raising

Theoretical designs of urban vertical farms with livestock raising, prepared since the beginning of the twenty-first century, concern high-risers whose basic features include noninvasiveness as well as material and energy self-sufficiency. Such qualities of the urban farms of the future are to be attained, among other measures, by means of the existing or developed systems of using renewable energy sources.

Considering the specificity of the technology of livestock breeding, most conceptual surveys initially assumed that vegetable production would accompany poultry raising only. The Pig City stands out above this background [3, p. 176-177]. It is a project by the Dutch MVRDV studio which submitted a concept of concentrated swine breeding in an open vertical farm in 2001. One version of this project postulates the construction of seventy-six farms with several dozen storeys<sup>6</sup>. The controversial design of high-risers meant for fifteen million pigs assumed gaining food from locally bred fish. It also planned for the construction of a slaughterhouse, connected with animal boxes by means of a lift, in the pedestal of the buildings. Critical opinions referred to the concentration of too many animals in one place, for instance. The designers' calculations prove that the assumed amount of pork cannot be produced without their special technology of pig breeding and concentrating. They show that traditional technologies would require two thirds to three fourths of the area of the Netherlands for swine raising<sup>7</sup>. The Pig City project is just a concept which has never been realized but MVRDV emphasizes that its construction is possible, while its implementation – relatively easy.

Gordon Graff chose a location in the centre of Toronto for his urban vertical farm in 2007. The author proposes raising a self-supporting farm where 58–59 overground and six underground storeys are used for vegetable growing, while some structures are meant for chicken breeding. The produced food can satisfy the needs of 35,000 people yearly. This object is expected to support the city within the scope of waste management. The applied system of the biological filtration of water taken from the sewage is supposed to gain water for the crops. In this project, the system of burning the waste is integrated with the system of generating electricity for the needs of the farm<sup>8</sup>.

The concept of the vertical farm Harvest Green Tower for vegetable growing and animal breeding in Vancouver was presented by designers working for the Canadian office Romses Architects in 2009. Apart from solar energy, it will use the energy of the wind. It is predicted that the system of generating electricity in this object can guarantee certain surpluses. Rainwater collectors whose capacity will satisfy the demand of plants and animals alike will be installed on the highest storeys. This vertical farmstead with commercial and gastronomical facilities located on the ground floor will also fulfill the educative function as well as serve research on vegetable and animal production in the environment of an open urban farm<sup>9</sup>.

<sup>6</sup> <http://www.mvrdv.nl> – access: 15.12.2013.

<sup>7</sup> *Ibidem*.

<sup>8</sup> Pham D., *Gordon Graff's Skyfarm for Toronto*, <http://inhabitat.com> – access: 10.11.2013.

<sup>9</sup> <http://www.romsesarchitects.com> – access: 10.11.2013.



The eVolo Architektur association organizes competitions for designs of the skyscrapers of the future in cooperation with the eVolo magazine. The Circular Symbiosis Tower – a vertical farm designed by Lee Dongjin, Park Jinkyu and Lee Jeongwoo (South Korea) – received the first prize in 2010. The authors base their functional programme on a symbiosis of cows, poultry and pastures as well as on cyclical periods of animal grazing and grass growth. The pasture platforms, which extend spirally along the entire height of this object, are used by cattle for thirty days and then – after it moves onto another level – by farm birds until the next grass growth. A marketplace as well as service and residential premises for the employees are located on the ground floor<sup>10</sup>.

The Fish Tower is a vertical fish culture honoured at the 2011 edition of the eVolo competition. Hsing-O Chiang (Taiwan) designed a vertical farm with aquaculture reservoirs situated on twenty overground levels. On two lowest storeys, there are marketplaces. This structure has some residential premises for the employees, an educational centre and a complex of research laboratories<sup>11</sup>.

### **5. New image of urban vertical farms – bioclimatic office buildings and multifamily residential buildings**

In urban vertical farms designed and raised in the twenty-first century, production appears on a par with other functions more and more frequently. Food production is planned as one of the functions in bioclimatic, sustainable office buildings and in residential high-risers. Kenneth Yeang, an architect from Malaysia – one of the leading creators of ecological architecture, the trend of so-called “green architecture” – is acknowledged as the precursor of such vertical farms. Plants in his bioclimatic skyscrapers grow under natural conditions being cultivated by individual users, a community or the manager. They are meant to satisfy the inhabitants or the users’ needs. The adoption of such assumptions facilitates the construction of buildings with changeable, living elevations.

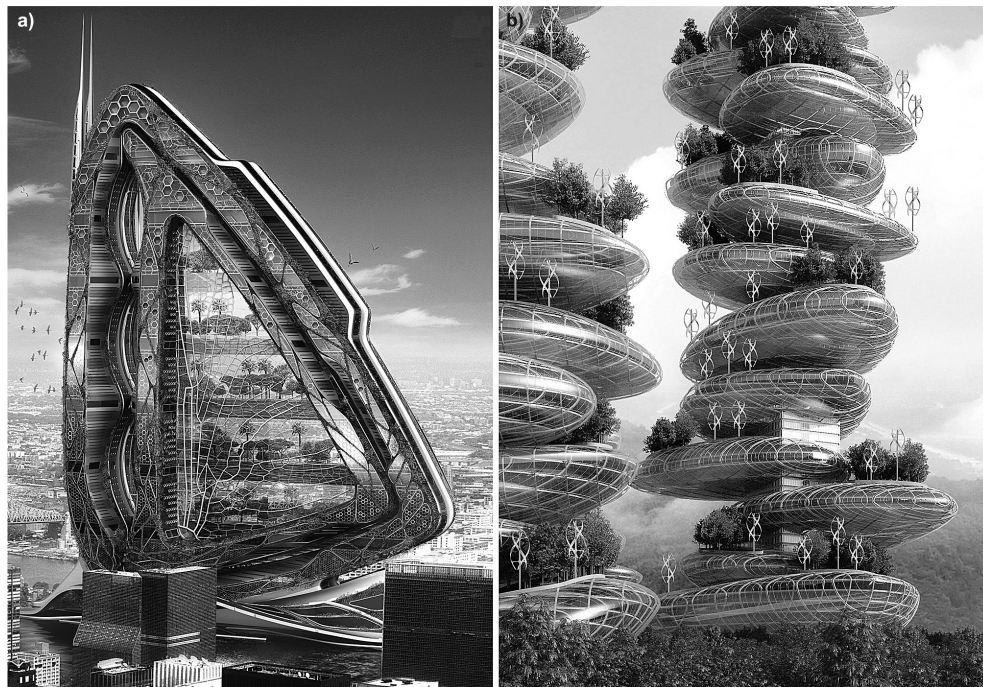
The office building Menara Meisiniaga – the Malaysian IBM seat designed by Ken Yeang, realized in 1992 – makes an example of a bioclimatic open vertical farm. The entire 15-storey façade of this object is wrapped with two green spirals of gardens which penetrate it being integrated with the external terraces and balconies. The office area take up ten circular floors of a steel and aluminum cylinder which forms this volume. A recreational swimming pool is situated on the top storey. Energy consumption is increased by means of solar panels and screens as well as smart management systems [4, 8]. Taking the applied innovative constructional, technological and functional solutions into account, we can say that this object immediately set world standards in the domain of designing open vertical farms expected to produce appropriate environmental conditions for simultaneous human residence and vegetable cultivation.

In 1998, the TR Hamzah & Yeang design office won a competition for an ecological realization in the tropics. The construction of the awarded object – the 26-floor open vertical farm EDITT (Ecological Design In The Tropics) tower – is planned in Singapore.

<sup>10</sup> *Finalist 2011 Skyscraper Competition*, <http://www.eVolo.us> – access: 06.12.2013.

<sup>11</sup> <http://www.evolo.us/competition/fish-tower> – access: 06.12.2013.

This building with green elevations and greenery taking up almost a half of its usable area is supposed to make a positive, man-friendly dominant in a totally dehumanized spot in the city. The tower includes flats, lecture and exhibition halls as well as commercial and gastronomical premises<sup>12</sup>.



III. 2. Urban vertical farm – the village of the future in the city, Vincent Callebaut Architectures:  
a) Dragonfly, New York, 2009, b) Asian Cairns, Shenzhen, proj. 2013 (source: <http://vincent.callebaut.org>)

II. 2. Miejskie farmy pionowe – wieś przyszłości w mieście, projekt Vincent Callebaut Architectures:  
a) Dragonfly, Nowy Jork, proj. 2009, b) Asian Cairns, Shenzhen, proj. 2013 (źródło: <http://vincent.callebaut.org>)

The American firm Mithun Architects adopted a programme of combining vegetable production with poultry raising in a multifamily building. In 2007, they presented concepts of objects that would realize the CUA (Centre for Urban Development) ideas. Self-supporting multifamily residential buildings, meant for vegetable growing and chicken breeding, were designed for the centre of Seattle. Food produced on site would satisfy some of the residents' needs. An external system of material installations would deliver electricity and water as well as utilize the sewage<sup>13</sup>.

<sup>12</sup> <http://www.trhamzahyeang.com/project/skyscrapers/edit-tower01.html> – access: 06.12.2013.

<sup>13</sup> <http://www.mithun.com> – access: 28.11.2013.

Preliminary work on the realization of a closed vertical farm in Dubai was done in the first decade of the 21<sup>st</sup> century. This farm, designed by Studiomobile (Italy) in the shape of a stem from which leaves – glasshouses for cooling, moistening and watering the crops – grow, was expected to use seawater<sup>14</sup>. The nearly concurrent design of the Oasis Tower (under construction) includes three towers which spirally twist around the central core. This farm, designed by Rahul Surin, equipped with wind turbines, is covered with ETFE. Besides production, it will fulfill the hotel and residential function<sup>15</sup>.

One of the most spectacular designs of a closed vertical farm realizing various directions of agricultural production is the Dragonfly Vertical Farm designed in 2009 for New York by the Belgian office Vincent Callebaut Architectures [3, p. 174]. This layout – having around 130 storeys, c. 700 m tall, energy and materially self-sufficient, whose form is patterned after the wings of a dragonfly – includes some flats, offices, laboratories and public spaces, too (Ill. 2a). Distributed in two wings/towers, separated by the crops, they are connected by a number of pedestrian sequences and lifts. The planned location of the farm on the shore of Roosevelt Island influenced the design of a marina and ponds meant for aquacultures which are functionally related to the building<sup>16</sup>. The farm programme adopted by the designers can be regarded as the village of the future in the city instead of a farmstead.

The residential function dominates in the design of open vertical farms prepared by Gloren Anto and Sayali Athale (India). In 2010, they were the winners of an online competition for an urban concept of the Indian city of the future – HP Skyline 2020. The authors proposed a city with easily extended high-risers which form accumulating platforms with residential modules. They are concentrated around the central transport and installation shaft. Each module is a flat with a garden on the roof. Water which flows to the gardens is purified and reused by households on lower floors. Sewage, organic waste and other substances will make biofuel for energy generation<sup>17</sup>.

The Asian Cairns, designed for Shenzhen, China by Vincent Callebaut in 2013, is a complex of sustainable vertical farms (Ill. 2b). They are expected to produce more energy than they consume. The form of this structure refers to stone megalithic objects – it is made of glass “stones” composed into the steel grid. Six spirally accumulating towers, connected with contemporary hanging gardens, will include flats, offices and recreational facilities. The residents of each tower will work in their place of residence. Food and other articles (e.g. the furnishing) will be produced on site. Callebaut says: “The challenge is to create a fertile urbanization with zero carbon emission and with positive energy, this means producing more energy that it consumes, in order to conciliate the economical development with the protection of the planet”<sup>18</sup>.

<sup>14</sup> <http://www.studiomobile.org> – access: 20.11.2012.

<sup>15</sup> Meinhold B., *Oasis Tower is a Spiraling Vertical Farm for Dubai*, <http://inhabitat.com> – access: 10.12.2013; Information given also by people in Dubai in 2012.

<sup>16</sup> <http://vincent.callebaut.org> – access: 06.12.2013.

<sup>17</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) – access: 10.11.2012.

<sup>18</sup> <http://vincent.callebaut.org> – access: 06.12.2013.



## 6. Conclusions

Vertical farms match the trend, ideas and assumptions of urban agriculture which – in its supporters' opinion – may make a remedy for some of social problems occurring in the contemporary city [7, 10]. Criticism mainly concerns their economic profitability, a lack of comparative surveys, the unspecified costs of energy consumption and the phenomenon of so-called “light pollution” characteristic of “vegetable farms”. It is said that incomes from agricultural production may not suffice to pay the rent, whereas money saved on transport will not compensate for the prices of urban grounds [6].

These days, it is commonly believed that alternative methods of producing food can comprise vegetable production mostly and only complement the existing methods of agricultural production. However, the rising populations and the diminishing arable areas force people to search for new places and systems of residence as well as new manners of gaining and producing food. For the further existence and development of the earth's civilization, it may be necessary to implement the outlined concepts of architectonic objects serving food production. Devaluing the idea of raising vertical farms and ignoring the necessity to take up design work concerning such agricultural objects will not stop the worldwide process of transforming the vision into practice – the formation of self-supporting cities of the future which will be able to provide their inhabitants with essential agricultural products and groceries as well as in energy.

However, the presented examples, especially structures with a closed environment and the combined function of residence and production, set us worrying about their social meaning and application – about the status, role and significance of a resident, a user or perhaps a prisoner of such objects as the Asian Cairns, the Lily pads (also designed by Callebaut) or other concepts of floating residential islands. They are supposed to provide shelter for a defined group of people but a question arises here: What will be the criteria of forming such a group? These places might isolate social groups or even make a contemporary tool for realizing totalitarian functions and contents depicted in George Orwell's novels.

## References

- [1] Bailey G.E., *Vertical Farming*, Wilmington 1915.
- [2] Despommier D., *The Vertical Farm: Feeding the World in the 21 st Century*, St. Martin's Press 2010.
- [3] Drożdż-Szczybura M., *O wyrazie architektonicznym budynków inwentarskich. Od kraalu do farmy pionowej*, Kraków 2011.
- [4] Hart S., *Ecoarchitecture: The Work of Ken Yeang*, London 2011.
- [5] Hix J., *The Glass House*, Cambridge 1974.
- [6] Nordahl D., *Public Produce: The New Urban Agriculture*, Washington 2009.
- [7] Palej A., *Farmy miejskie – przedsięwzięcia wspomagające strategie zrównoważonego rozwoju miast*, Czasopismo Techniczne, 6-A/2010, Kraków 2010, 39-44.
- [8] Powell, R., *Rethinking the Skyscraper: The Complete Architecture of Ken Yeang*, New York 1999.
- [9] Sholto J.D., *Hydroponics: The Bengal system: with notes on other methods of soilless cultivation*, Oxford University Press 1970.
- [10] Smit J., Ratta A., Nasr J., *Urban Agriculture: Food, Jobs, and Sustainable Cities*, United Nations Development Programme (UNDP), New York 1996.

## 1. Wstęp

Warunki gospodarcze i środowiskowe oraz wzrastająca liczba ludności, zmieniające się od końca XX w., w tempie dotychczas niespotykanym, nakazują poszukiwanie nowych metod produkcji żywności, które skutkują powstawaniem nowych form obiektów produkcyjnych. Powracają idee miejskiego rolnictwa. Powracają, bo produkcja roślinna i chów zwierząt odbywały się w mieście od czasów najdawniejszych. Rolnictwo w miastach wydaje się mieć historię tak długą, jak długa jest historia samych miast [7, s. 40].

Zapoczątkowana w XVIII w. rewolucja przemysłowa to przyśpieszona urbanizacja i definiowanie, a zarazem rozdzielanie funkcji jednostek osadniczych oraz obszarów na miejskie i wiejskie. Zachodząca od lat 40. XX w. trzecia rewolucja przemysłowa dała podstawy do powstania koncepcji powrotu do produkcji żywności w miastach, spójnego łączenia wielu funkcji przestrzeni miejskich, a w tym rolnictwa miejskiego realizującego funkcję produkcji żywności na sprzedaż, chociaż dla niektórych grup społecznych jego główną funkcją jest rekreacja i wypoczynek. Powstają miejskie farmy pionowe, które można uważać za odpowiedź na problem osiągnięcia równowagi pomiędzy miastem i jego potrzebami a naturą.

## 2. Pionowe rolnictwo i najstarsze farmy pionowe

Zamysł „pionowego rolnictwa” można wywodzić z wiszących Ogródów Semiramidy i tarasowych upraw, które stanowiły nieodłączny element krajobrazu wielu obszarów wiejskich lub tworzyły jeden organizm ze strukturą miejską. Określenie „pionowe rolnictwo” stworzył w 1915 r. Gilbert E. Bailey. W książce *Vertical farming* dał wyraz swoim pacyfistycznym poglądom, proponując zastosowanie materiałów wybuchowych do powiększania posiadanego przez rolników areалу poprzez tworzenie lejów powybuchowych i wykorzystywanie powierzchni powstałych ścian na uprawy [1]. Propozycja Bailey’a była absurdalna, ale już nie były absurdem koncepcje prowadzenia upraw na pionowych ścianach czy też w wielopoziomowych produkcyjnych obiektach rolniczych.

W 1909 r. w magazynie *Life* opublikowano rysunek wielokondygnacyjnego obiektu, w którym produkowana jest żywność, z farmami usytuowanymi na kolejnych piętrach [5]. Rycina Artura G. Walkera reklamowała wieżowiec, który miał być wzniesiony na Manhattanie. Załączki idei farm pionowych zawiera koncepcja *Immeubles-Villas* Le Corbusiera z 1922 r. i teoretyczny projekt *Highrise of Homes* Jamesa Winesa z 1981 r.

Za jedną z najwcześniejszych wzniesionych XX-wiecznych farm pionowych uważa się nieistniejącą już hydroponiczną wieżę zbudowaną przed 1951 r. w Armenii [9]. Hydroponiczne wieże skonstruowano również ponad pół wieku temu w szkole ogrodniczej w Langenlois i w 1964 r. na Wystawie Ogrodnictwa w Wiedniu [5]. W Parku Kultury i Wypoczynku w Chorzowie w latach 1968-1984 wznosiła się szklarnia wieżowa, zaprojektowana przez Othmara Ruthnera.

Prace nad kierunkami rozwoju rolnictwa pionowego, a zatem i rozwiązaniami farm pionowych, wyraźnie wzmogły się pod koniec XX w., przebiegając dwutorowo. Jeden kierunek badań skupił się na otwartych farmach pionowych, drugi objął farmy zamknięte, w których produkcja rolna prowadzona jest w „zamkniętym” środowisku. Taki podział utrzymuje się

nadal, przy czym zarówno farmy otwarte, jak i zamknięte realizują wyłącznie funkcję produkcyjną lub łączą ją z innymi.

Produkcję rolną w miejskich farmach pionowych o zamkniętym, ściśle kontrolowanym środowisku propagują badania i publikacje Dicksona Despommiera. Jego koncepcja, powstała w 1999 r. na Uniwersytecie Columbia, promuje masową uprawę roślin i chów zwierząt w wieżowcach<sup>1</sup>. Despommier argumentuje, że pionowe rolnictwo jest uzasadnione ze względów ekologicznych. Twierdzi, że miejskie farmy pionowe będą zużywać mniej energii i będą mniej toksyczne niż produkcja rolnicza prowadzona na obszarach wiejskich [2].

Farmy pionowe można również dzielić, biorąc pod uwagę realizowany przez nie kierunek produkcji rolniczej. Wyróżnia się obiekty, w których prowadzona jest wyłącznie uprawa roślin lub chów zwierząt oraz takie, gdzie równocześnie występują różne rodzaje produkcji. Stosowany jest również podział farm, który uwzględnia ich „status” społeczno-produkcyjny. Wyróżnia się gospodarstwa prowadzone przez i dla ich użytkowników oraz gospodarstwa komercyjne, produkujące na zbyt. Żaden z podziałów nie jest sztywny i istnieją liczne warianty spełniania funkcji produkcyjnych i społecznych przez miejskie farmy pionowe.

### 3. Uprawa roślin w miejskich farmach pionowych

Najdalej posunięte badania i istniejące nieliczne realizacje dotyczą pionowych farm miejskich prowadzących produkcję roślinną. Koncepcja pionowego rolnictwa w zamkniętych farmach opiera się tutaj na idei uprawy roślin na skalę przemysłową w miastach, przy pełnej kontroli klimatu, braku zanieczyszczeń i pestycydów, niezależnie od pór roku.

Teorie formułowane przez wymienionego wcześniej Despommiera odzwierciedla Klepsydra. Miejska farma pionowa zaprojektowana w 2011 r. przez Bruna Vigano i Florencję Costa. Autorzy zakładają możliwość dobudowywania obiektu do istniejących budynków lub traktowania go jako jeden z elementów nowopowstających realizacji. Uważają, że 10-piętrowa farma służąca do produkcji roślinnej albo tworzenia zielonych terenów rekreacyjnych może stanowić wielokierunkowe narzędzie rozwoju miast zapewniające bezpieczeństwo żywnościowe i społeczne. Budynek zajmujący 1500 m<sup>2</sup> ma produkować tyle, ile 6-cio hektarowe gospodarstwo rolne. Modułowe rozwiązanie konstrukcyjne tworzą ramy z stalowych prętów, a przezroczyste ściany wykonane są z ETFE. Zapotrzebowanie energetyczne spełniają zainstalowane na dachu panele słoneczne. Cylindryczny kształt obiektu pozwala na zwiększenie dostępu światła dziennego. Podstawowy moduł farmy może być wielokrotnie powtarzany<sup>2</sup>.

Pierwsza zamknięta pionowa farma zrealizowana zgodnie z zasadami współczesnego miejskiego rolnictwa została oddana do użytku w 2010 r. Realizuje ona program badawczy (il. 1a). Produkuje rośliny przeznaczone na pasze dla zwierząt i znajduje się w Ogrodzie Zoologicznym w Paignton (Wielka Brytania)<sup>3</sup>.

<sup>1</sup> B. Venkataraman, *Country, the City Version: Farms in the Sky Gain Interest*, The New York Times, 05.01.2011, [http://www.nytimes.com/2008/07/15/science/15farm.html?\\_r=2](http://www.nytimes.com/2008/07/15/science/15farm.html?_r=2) – odczyt: 21.05.2012.

<sup>2</sup> <http://www.agri-tecture.com/post/12156069436/clepsydra-urban-farming> – odczyt: 06.12.2013.

<sup>3</sup> D. Graham-Rowe, *Are vertical farms the future of urban food?*, <http://www.guardian.co.uk> – odczyt: 21.05.2012.

W 2012 r. wzniesiono i oddano do użytku w Singapurze pierwsze w XXI w. komercyjne gospodarstwo rolne utworzone z farm pionowych, w którym produkuje się 0,5 tony warzyw dziennie. Tworzy je 120 wież o wysokości ok. 9 m, których konstrukcja opiera się na aluminiowych ramach w kształcie litery A (il. 1b). Lokalizacja inwestycji ma korzystne warunki naturalne sprzyjające wzrostowi roślin<sup>4</sup>. Zastosowane technologie pozostają w zgodzie z współczesnymi zasadami rolnictwa miejskiego.

Budowę zamkniętej farmy pionowej, Greenhouse Plantagon, rozpoczęto w 2012 r. w szwedzkim Linköping. Przejrzysta wieża o skośnych ścianach ma wykorzystywać nadwyżki ciepła oraz CO<sup>2</sup> wytwarzane przez przemysł. Projektanci szacują, że wysokość produkcji uzyskiwanej w przykładowym obiekcie, który będzie zajmować 10 000 m<sup>2</sup>, może odpowiadać produkcji uzyskiwanej z 100 000 m<sup>2</sup> tradycyjnych upraw szklarniowych<sup>5</sup>.

#### 4. Miejskie farmy pionowe a chów zwierząt gospodarskich

Powstające od początków XXI w. teoretyczne projekty miejskich farm pionowych, w których prowadzony jest chów zwierząt, to wieżowce, w których jako podstawowe założenie przyjmuje się ich bezinwazyjność oraz samowystarczalność bytową i energetyczną. Takie cechy miejskich farm przyszłości mają zostać osiągnięte między innymi za pomocą już istniejących lub opracowanych przez projektantów systemów wykorzystania odnawialnych źródeł energii.

Z uwagi na specyfikę technologii chowu zwierząt w większości koncepcyjnych opracowań początkowo przyjmowano towarzyszenie produkcji roślinnej wyłącznie chowu drobiu. Na tym tle wyróżnia się Pig City [3, s. 176-177], czyli projekt holenderskiej pracowni MVRDV, która opracowała w 2001 r. koncepcję skoncentrowanego chowu trzody chlewnej w otwartej farmie pionowej. Jedną z wersji projektu postuluje budowę 76 farm liczących kilkadziesiąt kondygnacji<sup>6</sup>. Wzbudzający duże kontrowersje projekt wieżowców, w których ma się zmieścić 15 mln świń zakładał uzyskiwanie paszy z hodowanych na farmie ryb oraz umieszczenie w cokole budynków rzeźni połączonej windą z boksami zwierząt. Krytyczne opinie odnosiły się między innymi do zbyt dużej koncentracji zwierząt w jednym miejscu. Obliczenia dokonane przez projektantów dowodzą, że nie można uzyskać zakładanej produkcji mięsa wieprzowego bez proponowanej przez nich technologii chowu i koncentracji trzody. Projektanci wykazują, że tradycyjne technologie wymagałyby przeznaczenia od 2/3 do 3/4 powierzchni Holandii na chów trzody<sup>7</sup>. Projekt Pig City jest koncepcją i nigdy nie został zrealizowany, ale MVRDV podkreśla, że jego realizacja jest możliwa, a wdrożenie stosunkowo proste.

Lokalizację w centrum Toronto przewidział w 2007 r. dla miejskiej farmy pionowej Gordon Graff. Autor proponuje wzniesienie samowystarczальной farmy, w której 58–59 nad-

<sup>4</sup> <http://www.cbc.ca/strombo/technology-1/farming-grows-up-the-worlds-first-commercial-vertical-farm-opens-in-singapore.html> – odczyt: 26.05.2013.

<sup>5</sup> *SWECO's slanted Plantagon Greenhouse breaks ground in Linköping, Sweden*, <http://www.worldarchitecturenews.com> – odczyt: 20.12.2013.

<sup>6</sup> <http://www.mvrdiv.nl> – odczyt: 15.12.2013.

<sup>7</sup> *Ibidem*.

ziemnych kondygnacji i 6 podziemnych wykorzystanych jest do uprawy roślin, a część budowli przeznaczona na chów kurcząt. Wyprodukowana żywność może zaspokoić potrzeby 35 000 osób rocznie. Obiekt ma wspomagać miasto w gospodarce odpadami. Zastosowany system biologicznej filtracji wody z wytwarzanych ścieków ma pozwalać na uzyskanie wody dla upraw. System spalania odpadów jest w projekcie zintegrowany z systemem wytwarzania prądu na potrzeby farmy<sup>8</sup>.

Koncepcję pionowej farmy, Harvest Green Tower, dla produkcji roślinnej i chowu zwierząt w Vancouver opracowali w 2009 r. projektanci z kanadyjskiego biura Romses Architects. Oprócz energii słonecznej ma ona również wykorzystywać energię wiatru. Przewiduje się, że opracowany system wytwarzania w obiekcie prądu może zapewnić powstawanie nadwyżek. Na najwyższych kondygnacjach przewidziano zainstalowanie zbiorników wody deszczowej o pojemności zaspakajającej zapotrzebowanie roślin i zwierząt. Pionowe gospodarstwo z zlokalizowanymi na parterze pomieszczeniami handlowymi i gastronomicznymi ma także pełnić rolę edukacyjną oraz służyć prowadzeniu badań nad produkcją roślinną i zwierzęcą w środowisku otwartej farmy miejskiej<sup>9</sup>.

Stowarzyszenie eVolo Architekture wraz z magazynem eVolo organizuje konkursy na projekty wieżowców przyszłości. W edycji 2010 I nagrodę zdobył projekt Circular Symbioza Tower. Pionowej farmy autorstwa Lee Dongjin, Park Jinkyu i Lee Jeongwoo z Korei Południowej. Program funkcjonalny autorzy opierają na symbiozie krów, drobiu i pastwisk oraz na cyklicznie powtarzających się okresach wypasu zwierząt i wzrostu traw. Spiralnie ciągnące się przez całą wysokość obiektu platformy pastwisk przez 30 dni są użytkowana przez bydło, następnie – po przemieszczeniu się bydła na kolejny poziom, pastwisko, aż do kolejnego przyrostu trawy, jest przeznaczone dla drobiu. Na parterze obiektu przewidziano targowisko oraz pomieszczenia usługowe i mieszkalne dla pracowników<sup>10</sup>.

Fish Tower to projekt pionowej hodowli ryb wyróżniony w edycji 2011 konkursu eVolo. Hsing-O Chiang<sup>7</sup> a z Tajwanu zaprojektował farmę pionową z zbiornikami akwakultur dla ryb znajdującymi się na 20 nadziemnych poziomach. Na dwu najniższych kondygnacjach znajdują się targowiska. W budowlu przewidziano pomieszczenia mieszkalne dla pracowników, centrum dydaktyczne oraz zespół laboratoriów badawczych<sup>11</sup>.

## **5. Nowe oblicze miejskich farm pionowych – bioklimatyczne budynki biurowe i wielorodzinne budynki mieszkalne**

W miejskich farmach pionowych, wznoszonych i projektowanych w XXI w., coraz częściej funkcja produkcyjna występuje równolegle z innymi. Produkcję żywności, jako jedną z funkcji, przewiduje się w bioklimatycznych, zrównoważonych biurowych i mieszkalnych wieżowcach. Za prekursora takich farm pionowych należy uznać pochodzącego z Malezji architekta Kennetha Yeanga, jednego z czołowych twórców architektury ekologicznej, nurtu

<sup>8</sup> Pham D., *Gordon Graff's Skyfarm for Toronto*, <http://inhabitat.com> – odczyt: 10.11.2013.

<sup>9</sup> <http://www.romsesarchitects.com> – odczyt: 10.11.2013.

<sup>10</sup> *Finalist 2011 Skyscraper Competition*, <http://www.eVolo.us> – odczyt: 06.12.2013.

<sup>11</sup> <http://www.evolo.us/competition/fish-tower> – odczyt: 06.12.2013.



tw. zielonej architektury. Rośliny w jego bioklimatycznych wieżowcach wzrastają w naturalnych warunkach, uprawiane są przez indywidualnych użytkowników, wspólnotę lub zarządcę i przeznaczone do zaspokajania potrzeb mieszkańców lub użytkowników wieżowca. Przyjęcie takich założeń pozwala na powstawanie budynków o zmiennych, żywych i żyjących elewacjach.

Oddany do użytku w 1992 r. biurowiec Menara Mesiniaga zaprojektowany przez Yeanga jako malezyjska siedziba IBM, stanowi przykład bioklimatycznej otwartej farmy pionowej. Całą 15-kondygnacyjną fasadę wieżowca oplatają dwie zielone spirale ogrodów przenikających budynek, zintegrowane z zewnętrznymi tarasami i balkonami. Powierzchnie biurowe zajmują 10 okrągłych pięter stalowo-aluminiowego walca tworzącego bryłę obiektu. Na ostatniej kondygnacji usytuowano rekreacyjny basen. Zużycie energii, zmniejszono poprzez użycie paneli i ekranów słonecznych oraz wprowadzenie inteligentnych systemów zarządzania [4, 8]. Zastosowane nowatorskie rozwiązania konstrukcyjne, technologiczne i funkcjonalne, pozwalają uznać, że to ten obiekt od momentu powstania wyznaczył światowe standardy w dziedzinie projektowania otwartych farm pionowych, które mają zapewniać odpowiednie warunki środowiskowe dla równoczesnego pobytu ludzi i uprawy roślin.

Kierowane przez Yeanga biuro projektowe TR Hamzah & Yeang wygrało w 1998 r. konkurs na ekologiczną realizację w tropikach. Wzniesienie nagrodzonego obiektu, 26-piętrowej otwartej farmy pionowej, wieży EDITT (*Ecological Design in The Tropics*), przewiduje się w Singapurze. Budynek o zielonych elewacjach i zieleni zajmującej niemal połowę jego powierzchni użytkowej ma stanowić dodatnią, przyjazną i ludzką dominantę w obecnie całkowicie zdehumanizowanym punkcie miasta. Wieża może mieścić mieszkania, sale wykładowe i wystawowe oraz pomieszczenia handlowe i gastronomiczne<sup>12</sup>.

Program prowadzenia produkcji roślinnej połączonej z chowem drobiu w budynku wielorodzinnym przyjęła amerykańska firma Mithun Architects, która w 2007 r. opracowała koncepcje obiektów realizujących założenia idei CUA (*Centre for Urban Agriculture*). Zaprojektowane zostały samowystarczalne wielorodzinne budynki mieszkalne zlokalizowane w centrum Seattle, w którym uprawiano by rośliny oraz hodowano kurczaki. Wyprodukowana na miejscu żywność zaspakajalaby część potrzeb mieszkańców. Zakładany wewnętrzny system instalacji bytowych dostarczałby m.in. prąd, wodę i utylizował ścieki<sup>13</sup>.

W pierwszym dziesięcioleciu XXI w. prowadzone były wstępne prace nad realizacją zamkniętej pionowej farmy w Dubaju. Zaprojektowana przez włoskich projektantów z biura Studiobile farma w kształcie łodygi, z której wyrastają liście-szklarnie do chłodzenia, nawilżania i nawadniania upraw, miała wykorzystywać morską wodę<sup>14</sup>. Opracowany prawie równoległe projekt Oasis Tower, który jest realizowany, to trzy wieże spiralnie oplatające centralny rdzeń. Zasilana przez turbiny wiatrowe, zaprojektowana przez Rahula Surina farma pokryta jest powłoką z ETFE. Oprócz funkcji produkcyjnej ma ona również pełnić funkcję mieszkalno-hotelową<sup>15</sup>.

<sup>12</sup> <http://www.trhamzahyeang.com/project/skyscrapers/edit-tower01.html> – odczyt: 06.12.2013.

<sup>13</sup> <http://www.mithun.com> – odczyt: 28.11.2013.

<sup>14</sup> <http://www.studiomobile.org> – odczyt: 20.11.2012.

<sup>15</sup> Meinhold B., *Oasis Tower is a Spiraling Vertical Farm for Dubai*, <http://inhabitat.com> – odczyt: 10.12.2013; Informacja o realizacji uzyskana również od osób przebywających w Dubaju w 2012 r.

Jeden z bardziej spektakularnych projektów zamkniętej farmy pionowej, realizującej różne kierunki produkcji rolnej, to Dragonfly Vertical Farm [3, s. 174]. Farma zaprojektowana w 2009 r. dla Nowego Jorku przez belgijskie biuro Vincent Callebaut Architectures. Licząca ok. 130 kondygnacji, wysoka na ok. 700 m, samowystarczalna energetycznie i bytowo pionowa farma, o formie wzorowanej na skrzydłach ważki, mieści również mieszkania, biura, laboratoria i przestrzenie publiczne (il. 2a). Umieszczone w dwu wieżach-skrzydłach, rozdzielone terenami upraw roślinnych, połączone są licznymi ciągami pieszymi i windami. Przewidywana lokalizacja farmy na brzegu Roosevelt Island wpłynęła na zaprojektowanie, związanych funkcjonalnie z budynkiem, przystani oraz stawów przeznaczonych do hodowli akwakultur<sup>16</sup>. Przyjęty przez projektantów program farmy można uznać nie za gospodarstwo rolne, ale wieś przyszłości w mieście.

Funkcja mieszkalna dominuje w projekcie otwartych pionowych farm opracowanym przez Glorę Anto i Sayali Athale z Indii, który zwyciężył w 2010 r. w konkursie online na opracowanie koncepcji urbanistycznej indyjskiego miasta przyszłości – HP Skyline 2020. Autorzy zaproponowali miasto z łatwymi do rozbudowy wieżowcami, 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>17</sup>.

Farmy pionowe zaprojektowane w 2013 r. przez wymienianego już Callebauta Asian Cairns (il. 2b), to zespół zrównoważonych farm dla chińskiego Shenzhen. Mają one produkować więcej energii niż zużywają. Forma struktury nawiązuje do kamiennych megalitycznych budowli, tutaj piętrzących się wież utworzonych ze szklanych „kamieni” wpisanych w stalowy ruszt. Sześć piętrzących się spiralnie wież, połączonych współczesnymi wiszącymi ogrodami, ma mieścić mieszkania, biura i pomieszczenia rekreacyjne. Mieszkańcy każdej wieży mają pracować w miejscu zamieszkania. Żywność i część innych artykułów (np. wyposażenia mieszkań) będą produkowane na miejscu. Sam Callebaut twierdzi, że: „Wyzwaniem jest stworzenie żywej urbanizacji o zerowej emisji dwutlenku węgla i dodatnim bilansie energetycznym. To znaczy takiej urbanizacji, która produkuje więcej energii niż zużywa, co pozwoli pogodzić rozwój gospodarczy z ochroną naszej planety”<sup>18</sup>.

## 6. Wnioski

Farmy pionowe wpisują się w nurt idei i założeń rolnictwa miejskiego. Rolnictwa, które według jego zwolenników może stanowić remedium na część problemów społecznych występujących w współczesnym mieście [7, 10]. Krytyka farm pionowych dotyczy przede wszystkim ich opłacalności ekonomicznej: braku opracowań porównawczych, niesprecyzowanych kosztów zużycia energii oraz występowania zjawiska tzw. zanieczyszczenia świa-

<sup>16</sup> <http://vincent.callebaut.org> – odczyt: 06.12.2013.

<sup>17</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) – odczyt: 10.11.2012.

<sup>18</sup> <http://vincent.callebaut.org> – odczyt: 06.12.2013.

tłem charakterystycznego dla „farm roślinnych”. Wykazuje się, że przychody z produkcji rolniczej mogą nie wystarczyć na czynsze, a kwoty zaoszczędzone na transporcie nie zrekomensują cen miejskich gruntów [6].

Obecnie powszechnie uważa się, że alternatywne metody produkcji żywności mogą obejmować przede wszystkim produkcję roślinną i stanowić wyłącznie uzupełnienie istniejących metod produkcji rolnej. Jednakże wzrost liczby ludności i zmniejszanie się terenów nadających się pod uprawy wymuszają poszukiwania nowych miejsc i systemów zamieszkiwania oraz uzyskiwania, wytwarzania i produkcji żywności. Do dalszego istnienia i rozwoju ziemskiej cywilizacji może stać się konieczne wdrażanie zarysowanych koncepcji obiektów architektonicznych służących produkcji żywności. Umniejszanie wartości idei wznoszenia farm pionowych i niedostrzeganie konieczności podejmowania prac projektowych dotyczących takich rolniczych obiektów produkcyjnych nie powstrzyma zachodzącego już światowego procesu przeistaczania się wizji w praktykę. Powstawania samowystarczalnych miast przyszłości, które będą zdolne do tego, by same zaopatrywać mieszkańców w podstawowe produkty rolno-spożywcze oraz w energię.

Przytaczane przykłady, zwłaszcza struktury o zamkniętym środowisku i złożonej mieszkalno-produkcyjnej funkcji, wywołują jednak pewien niepokój czy obawę o ich znaczenie i zastosowanie społeczne. Status, rolę, znaczenie mieszkańca, użytkownika, a może więźnia takich obiektów jak Dragonfly, Asian Cairns czy też zaprojektowanych przez Callebauta Lilypads oraz innych istniejących koncepcji pływających wysp mieszkalnych. Mają one stanowić schronienie dla określonej grupy ludzi. I tutaj nasuwa się pytanie: według jakich kryteriów będzie taka grupa tworzona? Mogą też stanowić miejsca odizolowania wskazywanych grup społecznych, a nawet współczesne narzędzie realizacji totalitarnych funkcji i treści, rodem z powieści Orwella.