

**Justyna JUCHIMIUK**

Uniwersytet Zielonogórski, Wydział Budownictwa, Architektury i Inżynierii Środowiska

## **ARCHITEKTURA ENERGOEFEKTYWNA I WYKORZYSTANIE OZE W SKALI MIASTA**

Tworzenie dzielnic efektywnych energetycznie jest jednym z ciekawszych zjawisk ostatnich lat i tendencji rozwojowych wielu europejskich miast. W kompleksowości aspektów rozwoju miast i obszarów miejskich wyjątkowym wyzwaniem są działania na rzecz ochrony klimatu na wszystkich płaszczyznach planowania, a co się z tym wiąże - zmiana sposobu wykorzystywania energii, wprowadzenie energii odnawialnej i energetyki rozproszonej. Nowatorskie i innowacyjne rozwiązania proekologiczne na omówionych w artykule przykładach wyznaczają światowe standardy w zakresie zrównoważonego rozwoju obszarów miejskich oraz wykorzystania odnawialnych źródeł energii w różnych skalach.

**Słowa kluczowe:** architektura energoelektryczna, OZE, transformacja energetyczna obszarów miejskich, Almere, Fryburg Bryzgowijski, Kopenhaga

### **WPROWADZENIE**

Działania architektoniczne na rzecz efektywności energetycznej wykraczają obecnie poza zakres pojedynczych budynków, sięgając do skali urbanistycznej: zespołów budynków, obszarów miejskich, a nawet całych miast. Dostrzegalna jest także zmiana w procesie projektowania w kierunku działań zintegrowanych. Wizja transformacji energetycznej obszarów miejskich obejmuje cele związane z optymalizacją zużycia energii, dystrybucją w szerszej skali OZE, redukcją emisji gazów cieplarnianych, a także rozbudzeniem w społeczeństwie świadomości proekologicznej oraz rozwojem prosumeryzmu w wymiarze energetycznym. Artykuł w dalszej części stanowi próbę przybliżenia projektów oraz zrealizowanych działań związanych z procesem przekształcania obszarów trzech miast europejskich: Almere, Fryburga Bryzgowijskiego oraz Kopenhagi.

### **1. HOLANDIA, ALMERE**

Almere - najmłodsze i najszybciej rozwijające się miasto w Holandii - w roku 2016 przekroczyło liczbę 200 000 mieszkańców. Budowa miasta, zlokalizowanego na polderze Flevoland, rozpoczęła się w 1976 roku. Kontynuowany od lat 70. funkcjonalistyczny plan zakładał rozwój miasta w oparciu o „kręgosłup” linii kolejowej, uzupełnionej o sieć połączeń transportowych oraz infrastrukturę drogową

i rowerową, dzięki czemu miasto jest zintegrowane komunikacyjnie, a poszczególne jego części są spójne i powiązane ze sobą za pomocą miejskiego systemu ciepłowniczego rozwoju [1]. Plan przestrzenny zagospodarowania centrum miasta Almere został opracowany w 1994 roku przez pracownię OMA i stanowi modelowy przykład rozwoju obszarów miejskich w dużej skali oraz społeczny i planistyczny eksperyment, pokazujący sposób funkcjonowania wybudowanego od podstaw miasta w XXI wieku. Współczesna rozbudowa miasta prowadzona jest według zasad projektowania ekologicznego i zrównoważonego rozwoju [1]. W dwóch nowo powstałych zespołach zabudowy Almere: Noorderplassen-West i Columbuskwartier (Almere Poort) w wyniku zastosowania kogeneracji oraz produkcji energii elektrycznej ze źródeł odnawialnych nastąpiła znaczna redukcja zużycia energii konwencjonalnej do 31%, zaś emisji CO<sub>2</sub> ponad 50%. Powstało ponad 2000 nowych mieszkań w trzech klasach o podwyższonym standardzie efektywności energetycznej: 10% „ekodomy”, 25% „domy solarne” i 50% „domy pasywne” [2, 3].

### 1.1. Dzielnica Noorderplassen-West

Większość budynków w dzielnicy Noorderplassen-West charakteryzuje się standardem „ekodomów”, niektóre z nich wyposażono w systemy PV. Całość zabudowy mieszkaniowej uzyskuje ogrzewanie i produkcję ciepłej wody użytkowej za pomocą instalacji 520 kolektorów słonecznych o łącznej powierzchni ok. 7000 m<sup>2</sup> zlokalizowanej na Zoneiland - Wyspie Słońca (2010). Jest ona czwartą co do wielkości instalacją solarną na świecie i ikoną krajobrazową Almere (rys. 1a). Instalacja produkuje rocznie blisko 9750 GJ energii odnawialnej na potrzeby 2700 mieszkań [2].

### 1.2. Almere Poort - Columbuskwartier

Rozpoczęty w 2005 roku zespół mieszkaniowy Columbuskwartier (proj. Van den Berg Groep, Han van Zwieten Architecten, TBI Bouwgroep, Johan Matser), będący częścią dzielnicy Almere Poort, tworzy około 500 „domów solarnych” i 103 „domy pasywne” (rys. 1c). Energię elektryczną zapewnia instalacja PV o mocy szczytowej 600 kWp umieszczona na dachach budynków. Ciepło na potrzeby całej dzielnicy dostarczane jest rurociągiem ze zlokalizowanej po drugiej stronie jeziora IJmeer zasilanej gazem ziemnym elektrociepłowni kogeneracyjnej Diemen-33, co pozwoliło na ograniczenie emisji CO<sub>2</sub> w 93% [3].



Rys. 1. Holandia - Almere: a) Noorderplassen-West i Zoneiland - Wyspa Słońca z lotu ptaka, b) zabudowa Noorderplassen-West, c) zabudowa Almere Poort - Columbuskwartier [4]

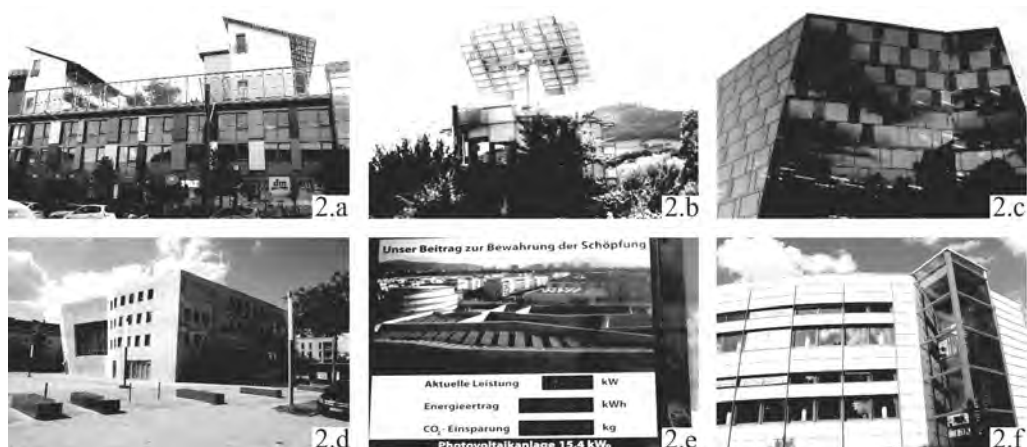
## 2. NIEMCY, SOLARNY FRYBURG BRYZGOWIJSKI

Zlokalizowana na południu Fryburga Bryzgowijskiego dzielnica Vauban często bywa określana jako ekologiczna i słoneczna stolica Niemiec z racji znakomitego nasłonecznienia, dużej ilości instalacji solarnych i fotowoltaicznych. Dzielnica o powierzchni 41 ha znajdująca się na terenie zajmowanym wcześniej przez francuską bazę wojskową stała się modelowym przykładem zrównoważonego rozwoju w architekturze i urbanistyce. Utworzenie dzielnicy możliwe było dzięki silnemu zaangażowaniu i współpracy mieszkańców Fryburga zrzeszonych w organizacji *Forum Vauban*. Ich wizją było stworzenie całkowicie nowego rodzaju dzielnicy miasta zaprojektowanej w zrównoważeniu aspektów: środowiskowego, gospodarczego i społecznego oraz wolnej od ruchu samochodowego [5]. Masterplan dla dzielnicy uwzględniający koncepcje przyszłych mieszkańców opracowany został przez stuttgarckie biuro Kohlhoff & Kohlhoff. Rozpoczęte w 1993 roku prace budowlane zostały zakończone w 2006 roku. W 2013 roku dzielnica liczyła 5631 mieszkańców. Wszystkie budynki mieszkalne jedno- i wielorodzinne w dzielnicy charakteryzują się standardami energooszczędnymi: pasywnym, zero- lub plusenergetycznym. Energię zapewniają panele słoneczne, ogniwa fotowoltaiczne i lokalna kogeneracyjna kotłownia zasilana zrębkami drewnianymi. Ilość generowanego prądu na osiedlu jest wyższa niż potrzeby, dlatego też Vauban sprzedaje nadwyżkę. Ponad 70% budynków zostało wybudowanych wysiłkiem mieszkańców indywidualnie lub w ramach działalności spółdzielni budowlanych, co pozwoliło znacząco obniżyć koszty inwestycyjne.

### 2.1. Osiedle Słoneczne - Solarsiedlung am Schlierberg i Heliotrop

Zespół Solarsiedlung am Schlierberg z 2004 roku, zwany również Statkiem Słonecznym (Sonnenschiff), leży bezpośrednio w sąsiedztwie dzielnicy Vauban. Składa się z 60 jednostek mieszkaniowych i długiego na 125 m budynku usługowo-biurowego. W obiektach tworzących zespół zastosowano szereg proekologicznych strategii projektowych i technologii (m.in., wentylację z rekuperacją, izolacje próżniowe, materiały zmiennofazowe, pasywne ogrzewanie masy termicznej, oświetlenie naturalne), na dachach umieszczono instalację PV zapewniającą standard budynku plusenergetycznego [5]. Charakterystyczna bryła i kolorowa elewacja zespołu stała się wizytówką dzielnicy, zaś jego standard plusenergetyczny wyznacza drogę rozwoju dla współczesnej architektury miasta. Odpowiedzialny za projekt osiedla architekt Rolf Disch jest także autorem ikony Fryburg - samowystarczalnego energetycznie budynku Heliotrop z nadążną instalacją PV na dachu. Przykładami zastosowania OZE w innych częściach miasta mogą być obiekty użyteczności publicznej zlokalizowane na placu Maria von Rudolff-Platz z dachami pokrytymi instalacjami PV: Kościół Dwóch Wyznań z inteligentnym opomiarowaniem informującym na bieżąco o zużyciu i produkcji energii (proj. Kölner / Kister / Scheithauer / Gross, 2004), Mediateka - Glashaus (proj. Kister / Scheithauer / Gross, 2010) oraz nowy budynek Biblioteki Uniwersyteckiej (proj. Degelo Architekten Itten+Brebühl, 2015), znajdujący się w centralnej części miasta z instalacją PV o powierzchni 2000 m<sup>2</sup> na dachu (rys. 2). Na wizerunek i markę Fryburga jako naj-

bardziej słonecznego miasta Niemiec składa się także działalność Fraunhofer Institute for Solar Energy Systems - ISE, w którym prowadzone są innowacyjne badania nad nowymi technologiami solarnymi w różnych skalach oraz ich wdrożenia.



Rys. 2. Niemcy - Fryburg Bryzgowijski: a) Solarsiedlung am Schlierberg, b) Heliotrop, c) Biblioteka Uniwersytecka, d), e) Maria-von-Rudolff-Platz: Kościół Dwóch Wyznań oraz widok ww. placu z budynkami wyposażonymi w instalacje PV na dachu, f) budynek Fraunhofer Institute for Solar Energy Systems ISE (fot. J. Juchimiuk, 2015) [5]

Warto wspomnieć, iż niemiecka transformacja energetyczna - Energiewende jako określenie, po raz pierwszy pojawiło się w publikacji Öko-Institut właśnie we Fryburgu [7].

Opisane powyżej przekształcenia energetyczne w miejskiej skali realizowane w oparciu o długoterminowe planowanie świadczą o procesie głębokiej transformacji sektora energii w tempie nieobserwowanym w innych krajach rozwiniętych. Przykładem tych przemian jest przede wszystkim Hamburg, gdzie zrealizowano m.in.: projekty demonstracyjne IBA 2006-2013, 2014+, koncepcja samowystarczalnego Wilhelmsburga 2050, działania w HafenCity oparte o OZE oraz dedykowany system wielokryterialnej oceny budynków - Ecolabel [8].

### 3. DANIA, KOPENHAGA - NORDHAVNEN, ØRESTAD, ØSTERBRO

Kopenhaga w perspektywie 2025 roku chce zrealizować wyznaczony cel krótkoterminowy i osiągnąć neutralny bilans CO<sub>2</sub> oraz wdrożyć EnergiePLAN - model planowania energetycznego. Długoterminowa wizja dla Danii to pokrycie w 100% dostaw energii ze źródeł OZE do 2050 roku [8]. Miasto Kopenhaga, w którego obszarze metropolitalnym żyje ponad 1/3 mieszkańców całego kraju, stanowi w tej energetycznej transformacji istotną rolę. Ørestad - nowa dzielnica zaprojektowana dla 20 tysięcy mieszkańców na zrekultywowanych podmokłych terenach na wyspie Amager od ponad dekady jest wizytówką dla zrównoważonego rozwoju obszarów miejskich. Zlokalizowany na jej obszarze hotel Crowne Plaza posiada największą w północnej Europie instalację zintegrowanych paneli fotowoltaicznych (BIPV) oraz system ogrzewania i chłodzenia budynku oparty na pompach ciepła (rys. 3a).

Nordhavnen jest określany jako największy duński projekt rozwoju obszarów miejskich. Ta nowa dzielnica Kopenhagi o przeważającej funkcji mieszkalno-biurowej zlokalizowana będzie w północno-wschodniej części dzielnicy Østerbro, na terenie byłego portu przemysłowego [10]. Jednym z przyjętych priorytetów było stworzenie dzielnicy miejskiej zrównoważonej pod względem energetycznym. W jej kwartałach znajdują się obiekty generujące energię elektryczną z OZE, głównie z PV i turbin wiatrowych. Planuje się także wykorzystanie: biopaliw produkowanych z alg morskich oraz energii geotermalnej. Innowacje w infrastrukturze dzielnicy polegają m.in.: na tworzeniu interakcji pomiędzy produkcją elektryczności a sieciami centralnego ogrzewania i chłodzenia oraz wodociągów i kanalizacji. Ten projekt transformacji energetycznej realizowany przez władze Kopenhagi od 2016 roku we współpracy z duńską firmą energetyczną Radius (DONG Energy) i koncernem ABB dotyczy sprawdzenia możliwości wykorzystania wielkoskalarnych akumulatorów litowo-jonowych w sieci elektroenergetycznej miasta. Magazyn energii umieszczony wewnątrz budynku istniejącego parkingu wielopoziomowego Lüders w centrum dzielnicy Nordhavnen (proj. ja-ja Architects) jako integralny składnik standardowej podstacji średnich napięć stanie się źródłem energii dla samochodów i miejskich autobusów elektrycznych [9, 10]. To nowatorskie rozwiązanie zapowiada szereg podobnych inwestycji w sieci elektroenergetycznej dzielnicy.



Rys. 3. Kopenhaga: a) Ørestad - Hotel Crowne Plaza z elewacją BIPV (fot. J. Juchimiuk), b), c) Nordhavnen: koncepcja planu rozwoju (proj. COBE, współpraca Sleth, Polyform, Rambøll (2008), c) widok na Parking House Lüders (proj. ja-ja Architects) [11]

## WNIOSKI

Polityka klimatyczna Unii Europejskiej zmierzająca do ograniczenia wpływu obszarów zabudowanych na zmiany klimatyczne obejmuje m.in.: zwiększenie efektywności energetycznej, rozbudowę energetyki wiatrowej, zwiększenie pozyskania energii z biomasy, zmniejszenie udziału energetyki węglowej, większe wykorzystanie fotowoltaiki, zwiększenie udziału innych technologii OZE, rozbudowę sieci i magazynowanie energii oraz elastyczne wytwarzanie energii elektrycznej. Niemcy, Holandia oraz kraje skandynawskie utrzymują wiodącą pozycję w dziedzinie ochrony środowiska na arenie międzynarodowej. Wdrażane w tych państwach rozwiązania architektoniczno-urbanistyczne oparte są o ideę odpowiedzialnego i oszczędnego gospodarowania przestrzenią oraz wszystkimi innymi zasobami przyrody.

Projekty pilotażowe odgrywają tu istotną rolę. Służą one sprawdzeniu przyjętych modeli działań na rzecz ekologii miasta poprzez ocenę rozwiązań architektonicz-

nych, urbanistycznych, doboru technologii oraz koncepcji energetycznej w celu szerokiego wdrażania ich w praktyce w większej skali. Zrównoważony rozwój współczesnych miast integruje wymogi ekologii z planowaniem przestrzennym, projektowaniem urbanistycznym i architektonicznym. Długoterminowy proces przemian na rzecz kształtowania nowego modelu życia, produkcji, konsumpcji, a także zamieszkiwania jest strategią, która zmierza do poprawy warunków zdrowotnych, ekonomicznych i socjalnych stale rosnącej liczby ich mieszkańców. Wykorzystanie OZE stanowi w tych krajach element podnoszący atrakcyjność przestrzeni miejskiej, co stymuluje stały rozwój technologii oraz pozwala na zachowanie równowagi między postępem technologicznym i światem przyrody.

## LITERATURA

- [1] van den Dobbelsteen, A smart vernacular planning: sustainable regional design based on local potentials and optimal deployment of the energy chain, Proceedings of the Conference on Sustainable Building SB08 Melbourne, CSIRO - Melbourne, Australia, 2008, 967-974.
- [2] ter Horst E., Noach C., Verhoef L., Haaksma V., New energy for growing communities. The cRRescendo sustainable building project, Horisun Renewable Energy Strat., Utrecht 2014, 18-22.
- [3] Almere, [www.crrescendo.net](http://www.crrescendo.net), dostęp: 15.12.2016 r.
- [4] Noorderplassen-West i Zoneiland, a) [noorderplassenalmere.nl](http://noorderplassenalmere.nl), b) [www.crrescendo.net](http://www.crrescendo.net), c) [www.columbuskwartier.blogspot.com/2011/12/enn](http://www.columbuskwartier.blogspot.com/2011/12/enn) - fot. Vincent Tepper, dostęp: 10.12.2016 r.
- [5] Juchimiuk J., Materiał badawczy z wyjazdu naukowo-studialnego Niemcy - Holandia / Natura - Technologia - Kultura: Zrównoważone Środowisko Życia - Ogólnopolska Konferencja Naukowa KAiU WBAiŚ UZ, WBiA ZUT w Szczecinie, 3-7.09.2015.
- [6] Disch R., The An ecological model for the future, Solarsiedlung GmbH, Freiburg-Germany, [www.rolfdisch.de](http://www.rolfdisch.de), dostęp: 15.03.2017 r.
- [7] Morris C., Pehnt M., Niemiecka transformacja energetyczna, Berlin 2012.
- [8] Juchimiuk J., Revitalization of energy supply systems in the scale of a town, a district and an island, Civil and Environmental Engineering Reports-CEER 2016, 22(3), 61-68.
- [9] CPH 2025 Climate Plan: A Green, Smart and Carbon Neutral City, The technical and environmental administration, City of Copenhagen, 2012.
- [10] Nordhavnen: From Idea to Project: Inner Nordhavn, By & Havn, Copenhagen 2014.
- [11] Nordhavnen - Strategia i plan rozwoju / proj. COBE, współ. Sleth, Polyform, Rambøll (2008). Ilustracja COBE, [www.cobe.dk](http://www.cobe.dk) oraz P-H Lüders [www.arcspace.com/features/jaja-architects/parknplay/](http://www.arcspace.com/features/jaja-architects/parknplay/), fot. Rasmus Hjortshøj, dostęp: 12.02.2017 r.

## ENERGY ACTIVE ARCHITECTURE AND RENEWABLE ENERGY SOURCES IN URBAN SCALE

Creating energy efficient settlements has recently been one of the most interesting phenomena and development trends in many European cities. The complexity of aspects of urban development and urban activities is a special challenge for climate protection at all planning levels, as well as change in the use of energy, the introduction of renewable energy and dispersed energy generation. Novel and innovative proecological interventions realized in cases presented in the paper define global standards for sustainable urban development and use of renewable-energy sources.

**Keywords:** energy effective architecture, renewable energy sources RES, transformation energy of urban areas, Almere, Freiburg, Copenhagen