

## ZIELONE DACHY I ZIELONE ŚCIANY JAKO ROZWIĄZANIA POPRAWIAJĄCE ZDROWIE ŚRODOWISKOWE TERENÓW MIEJSKICH

Ilona Małuszyńska<sup>1</sup>, Wojciech A. Caballero-Frączkowski<sup>1</sup>, Marcin J. Małuszyński<sup>1</sup>

<sup>1</sup> Katedra Kształtowania Środowiska, Szkoła Główna Gospodarstwa Wiejskiego w Warszawie, ul. Nowoursynowska 159, 02-776 Warszawa, e-mail: ilona\_maluszynska@sggw.pl; marcin\_maluszynski@sggw.pl

### STRESZCZENIE

Tereny miejskie są narażone na emisje zanieczyszczeń pochodzących z różnych źródeł i stanowiących zagrożenie dla zdrowia organizmów żywych. Zarówno rodzaj zanieczyszczenia, jego toksyczność dla organizmów jak i formy ekspozycji a także częstotliwość ich występowania w środowisku mogą wpływać negatywnie na organizmy żywe występujące na danym obszarze. Kolejnym elementem negatywnie wpływającym na zdrowie środowiskowe, jest pęd do dobrobytu jednostek i społeczności, co w połączeniu ze słabą odpornością nerwową na sytuacje stresowe przyczynia się do obniżenia odporności organizmów na choroby stające się plagą społeczną jak bulimia, cukrzyca i choroby nowotworowe. Występująca tendencja do zwiększonej zabudowy na terenach miejskich oraz zwiększająca się liczba mieszkańców miast w Europie jak również wzrastająca świadomość tych mieszkańców o konieczności ochrony zdrowia środowiskowego, wskazuje na potrzebę poszukiwania rozwiązań alternatywnych i innowacyjnych dotyczących zieleni miejskiej. Inwestycje zaliczane do tej grupy, to zielone dachy i zielone ściany, których realizacja pozwoli na zwiększenie biologicznie czynnej powierzchni w miastach i może stanowić niezbędny element infrastruktury miejskiej przyczyniający się do podniesienia komfortu życia społeczności zamieszkujących miasta.

**Słowa kluczowe:** zielone dachy, zielone ściany, zdrowie środowiskowe, tereny miejskie.

## GREEN ROOFS AND GREEN WALLS AS INNOVATIVE SOLUTIONS TO IMPROVE THE ENVIRONMENTAL HEALTH OF URBAN AREAS

### ABSTRACT

Urban areas are exposed on those originating in various sources, emissions of pollutants that pose a threat to the health of living organisms. The type of pollutant and its toxicity to organisms and mold exposure as well as the frequency of their occurrence in the environment can have a negative impact on living organisms occurring in the area. Another element negatively affecting the environmental health is a rush of individuals and communities to prosperity, which, combined with a weak nervous resistance to stressful situations contributes to the reduction of resistance to disease becoming the scourge of society as bulimia, diabetes and cancer. The tendency to increase building occurring in urban areas and the increasing

number of urban dwellers in Europe as well as increasing awareness of the population about the need to protect environmental health, points to the need to seek alternative and innovative solutions for urban greenery. Investments included in that group, the green roofs and green walls, the implementation of which will increase the biologically active surface in the cities, may be an essential element of urban infrastructure that contributes to improving the quality of life of communities living in the city.

**Keywords:** green roofs, green walls, environmental health, urban areas.

## WPROWADZENIE

Zdrowie środowiskowe w tym i jakość życia obejmuje aspekty zdrowia człowieka, które są determinowane przez czynniki biologiczne, chemiczne, fizyczne, psychiczne i społeczne środowiska; obejmuje też założenia teoretyczne i praktykę w zakresie oceny, eliminacji i zapobiegania obecności w środowisku tych czynników, które mogą oddziaływać negatywnie na zdrowie obecnego i przyszłych pokoleń [Bearer 2000].

Przez długie lata czynniki szkodliwe kojarzono głównie z miejscem pracy, a środowisko komunalne, dom, miejsce wypoczynku postrzegane było jako wolne od takich zagrożeń. Obecnie, narażenie na szereg czynników środowiskowych w tym: biologicznych, fizycznych i chemicznych jak i tych występujących naturalnie w przyrodzie, oraz stwarzanych przez człowieka, jest powszechne [Jarosińska 2009].

Tereny miejskie są narażone na emisje zanieczyszczeń pochodzących z różnych źródeł. Rozprzestrzenianie się tych zanieczyszczeń uzależnione jest najczęściej od warunków topograficznych i meteorologicznych występujących na danym terenie oraz dróg jakimi są one przenoszone (powietrze, opad atmosferyczny, ciekły wodny, gleba, rośliny). Elementem wpływającym negatywnie na organizmy żywe występujące na danym obszarze jest rodzaj zanieczyszczenia, jego toksyczność dla organizmów żywych, oraz formy ekspozycji i częstotliwość ich występowania w środowisku.

Zdaniem Górskiej [2009] pęd do dobrobytu zarówno jednostki jak i społeczności naraża je na choroby, których bazą jest słaba odporność psychiczna (różna dla różnych osób). U podstaw słabej psychiki leży mała odporność nerwowa na sytuacje stresowe. To z kolei obniża odporność organizmu na choroby, szczególnie te, które stają się plagą społeczną jak: bulimia, cukrzyca i choroby nowotworowe.

Na terenach przemysłowych położonych w strefach śródmiejskich, jak również terenach do nich przyległych, ujawniają się często negatywne dla środowiska skutki poprzedniego sposobu gospodarowania. Dlatego zaistniała potrzeba aby obszary te przekształcić. Rozważając proces rewitalizacji miast, należy zwrócić uwagę na rozwój miasta i jednoczesną jego degradację, a także na skutki przestrzenne, społeczne, ekonomiczne i ekologiczne. Rewitalizacja to proces, prowadzony zarówno przez władze samorządowe, jak również przez społeczności lokalne i inne, będący elementem polityki rozwoju i mający na celu przeciwdziałanie degradacji przestrzeni zurbanizowanej, zjawiskom kryzysowym, a także pobudzenie rozwoju i zmiany ja-

kościowe, poprzez wzrost aktywności społecznej jak i gospodarczej, poprawę jakości środowiska zamieszkania oraz ochronę dziedzictwa narodowego, z zachowaniem zasad zrównoważonego rozwoju [Jarczewski 2010].

Artykuł przedstawia potrzeby i możliwości innowacyjnych rozwiązań (zielone dachy, zielone ściany) dla terenów miejskich, których wprowadzenie może przyczynić się do poprawy jakości zdrowia środowiskowego mieszkańców.

## SKUTKI ZAGROŻEŃ ZDROWIA ŚRODOWISKOWEGO NA PRZYKŁADZIE DETROIT I STUTTGARTU

Dwie przykładowe aglomeracje miejskie stanowią odmienne podejście przeciwdziałaniu zagrożeniom środowiskowym wynikającym z niekontrolowanego rozwoju urbanizacyjno-gospodarczego współczesnego świata.

### Stuttgart

Typowym przykładem zrozumienia znaczenia zdrowia środowiskowego jest działanie władz miasta Stuttgart. Niemcy, jako światowy potentat przemysłu ciężkiego od połowy lat 70 coraz bardziej zaczęły odczuwać skutki opadów kwaśnych deszczy w wyniku podwyższonych emisji dwutlenku siarki do atmosfery. Stuttgart według National Geographic [2009, <http://nationalgeographic.es/medio-ambiente/calentamiento-global/las-nueve-ciudades-mas-contaminadas/imagen/dallas-tejas>] jest jednym z 9 najbardziej zanieczyszczonych miast na świecie. W 1984 roku wyemitowano 12 ton gazów produkujących efekt cieplarniany na jednego mieszkańca rocznie. Według danych z regionu Badenia-Württembergia [Bericht zur Versauerung der Umwelt, 1984, <http://www.fachdokumente.lubw.baden-wuerttemberg.de/servlet/is/94522/U93-S1-J09.pdf?command=downloadContent&filename=U93-S1-J09.pdf>], przy emisji dwutlenku siarki rzędu  $138 \cdot 10^3$  ton/rok [<http://www.fachdokumente.lubw.baden-wuerttemberg.de/servlet/is/94522/U93-S1-J09.pdf?command=downloadContent&filename=U93-S1-J09.pdf>] poziom stężenia tego gazu w centrum Stuttgartu wynosił  $42 \mu\text{g}/\text{m}^3$  [Umweltschutz Stuttgart 1987, [http://www.stadtklima-stuttgart.de/index.php?luft\\_messdaten\\_download](http://www.stadtklima-stuttgart.de/index.php?luft_messdaten_download)]. Jednym z efektów tego niekorzystnego zjawiska było postępujące wyludnienie tego regionu. I tak według Statistische Berichte Baden-Württemberg [2013], z 3 489 731 mieszkańców w 1981 roku jakie liczył rejon Stuttgartu, liczba ludności zredukowała się do 3 453 655 osób w 1984 roku [[https://www.destatis.de/GPStatistik/servlets/MCRFileNodeServlet/BWHeft\\_derivate\\_00000335/3121\\_12003.pdf;jsessionid=4EA020BA0633956059BD9B6D579F123D](https://www.destatis.de/GPStatistik/servlets/MCRFileNodeServlet/BWHeft_derivate_00000335/3121_12003.pdf;jsessionid=4EA020BA0633956059BD9B6D579F123D)]. Władze miasta podjęły decyzję, że należy podjąć szerokie działania, celem ograniczenia emisji  $\text{SO}_2$  oraz opracowania takich sposobów redukcji gazów cieplarnianych w środowisku miejskim by były one zgodne ze zrównoważonym rozwojem miast. Po wstępnych ustaleniach na spotkaniu w Monachium w 1984 roku, rok później ministrowie ochrony środowiska 21 państw podpisali w

Helsinkach I Protokół Siarkowy, który zobowiązywał sygnatariuszy do ograniczenia o 30% emisji SO<sub>2</sub> do atmosfery. Dokument ten został ratyfikowany tylko przez 16 państw, (ponieważ między innymi USA i Polska nie przyjęły zobowiązań) i wszedł w życie 2 września 1987 roku, obowiązując do 1993 roku. Równocześnie wraz z ograniczeniem emisji SO<sub>2</sub>, wprowadzono w życie rozwiązania mające na celu powiększenie powierzchni biologicznie czynnej na terenach zurbanizowanych poprzez wprowadzenie zielonych dachów na terenie urbanizacji miejskich [Krupka 1992]. Od 1985 roku do 2006 według Bericht zur Versauerung der Umwelt [2010] w rejonie Badeni-Württembergi ograniczono emisję SO<sub>2</sub> o 83%. [<http://www.fachdokumente.lubw.baden-wuerttemberg.de/servlet/is/94522/U93-S1-J09.pdf?command=downloadContent&filename=U93-S1-J09.pdf>]. Równocześnie wraz z ograniczeniem emisji SO<sub>2</sub> do atmosfery rozpoczęto działania mające na celu czynną rewitalizację Stuttgartu [Kuberski 2010]. I tak w latach 1986 do 2008 zainstalowano 120 000 m<sup>2</sup> zielonych dachów w tym 88.000 m<sup>2</sup> zielonych dachów ekstensywnych i 32.000 m<sup>2</sup> zielonych dachów intensywnych [Döveling 2010, <http://www.optigruen.de/Presse/Diplomarbeit-110816/Diplomarbeit-Weber-2011.pdf>]. Ponadto jak podaje oficjalna strona miasta „[www.stuttgart.de](http://www.stuttgart.de)” [2013], urząd miasta planuje w najbliższych latach instalację dodatkowych 0,5 miliona m<sup>2</sup> powierzchni czynnych, realizowanych przez prywatnych inwestorów zachęconych do działania programem dofinansowania 50% inwestycji przez Ministerstwo Leśnictwa. Efektem tych posunięć było podniesienie jakości powietrza i tak według tych samych źródeł w 2009 roku poziom stężenia SO<sub>2</sub> w centrum Stuttgartu wynosił 5 µg/m<sup>3</sup>, a od 2010 roku spadł poniżej poziomu skali pomiarowej [2012, [http://www.stadtklima-stuttgart.de/index.php?luft\\_messdaten\\_download](http://www.stadtklima-stuttgart.de/index.php?luft_messdaten_download)]. Wraz z wzrostem poziomu jakości zdrowia środowiskowego, wzrosła atrakcyjność regionu. Na dzień 30.09.2013 liczba mieszkańców regionu Stuttgartu wynosiła 4 036 775 osób [2013, [https://www.destatis.de/GPStatistik/servlets/MCRFileNodeServlet/BWHeft\\_derivate\\_00000335/3121\\_12003.pdf;jsessionid=4EA020BA0633956059BD9B6D579F123D](https://www.destatis.de/GPStatistik/servlets/MCRFileNodeServlet/BWHeft_derivate_00000335/3121_12003.pdf;jsessionid=4EA020BA0633956059BD9B6D579F123D)]. Na terenie Stuttgartu działa 7 Wyższych uczelni państwowych które zrzeszają 44 000 studentów. Oprócz uczelni państwowych w regionie Stuttgartu działa jeszcze 11 uczelni prywatnych, które według oficjalnego portalu miasta, nadaje Stuttgartowi miano Uniwersyteckiej Stolicy Europy [[http://www.uni-stuttgart.de/ueberblick/wir\\_ueber\\_uns/zahlen\\_fakten/statistik/rechenschaft.html](http://www.uni-stuttgart.de/ueberblick/wir_ueber_uns/zahlen_fakten/statistik/rechenschaft.html)].

## Detroit

Dnia 15 września 2008 roku wraz z bankructwem banku inwestycyjnego „Lehman Brothers” współczesny świat ogarnął kryzys ekonomiczny [Soltas 2011]. Jego następstwem było ogłoszenie 18 czerwca 2013 roku bankructwa przez miasto Detroit w stanie Michigan. Detroit uważane za kolebkę rewolucji przemysłowej ubiegłego stulecia było stolicą światowego przemysłu stoczniowego i samochodowego. Stanowiło wielki ośrodek przemysłu chemicznego, maszynowego, zbrojeniowego i hutnictwa żelaza. Aglomeracja Detroit/Ann Arbor/Flint/Windsor była największym regionem

metropolitalnym świata, liczącym 5,5 mln mieszkańców. Miasto Detroit było także wielkim węzłem komunikacji drogowej i kolejowej, a także jednym z głównych portów Wielkich Jezior. Ze względu na brak zainteresowania lokalnych władz o zdrowie środowiskowe, Detroit przekształciło się najbardziej zanieczyszczone miasto w USA, jeżeli chodzi o zatrucie powietrza odpadami z elektrowni [EPA 2010]. Zrzucone w sposób niekontrolowany ścieki komunalne z nadbrzeżnych miejscowości oraz ścieki przemysłowe przyczyniły się do zanieczyszczenia jeziora Erie wraz z rzeką Detroit. Stwierdzono podwyższone zawartości toksycznych substancjami chemicznymi, takich jak: PCB, metali ciężkich oraz pestycydów [Szalińska i wsp. 2006]. Detroit w 2006 roku uznano za najbardziej zanieczyszczone miasto w USA [EPA 2006].

Aby miasta mogły się swobodnie rozwijać muszą zadbać o swoją różnorodność [Soltas 2011]. Według tego autora, aby miasto mogło rozwijać się bez zakłóceń musi być spełniona formuła „różne branże i przede wszystkim różni ludzie z różnymi pomysłami współdziałają ze sobą”. Według „Census of Population Michigan”, Detroit z miasta liczącego pod koniec lat 60 tych, 1,8 mln mieszkańców zredukowało swoją liczebność do 700 tys. obecnie. Podobnie jak to miało miejsce w Stuttgarcie, miasto opuściły osoby decyzyjne i specjaliści wysokiej klasy, których podatki zasilały budżet miasta. Osiemdziesiąt tysięcy opuszczonych domów w dzielnicach centralnych spowodowały wzrost przestępczości do najwyższego poziomu w USA.

Badania, które przeprowadził Zarate w 1996 roku, przedstawiały strukturę socjoekonomiczną podstawowych dzielnic Madrytu, jako przykładowej aglomeracji miejskiej wielkiego formatu. Według wskaźnika Murphy’ego, w dziesięciu dystryktach składających się na centrum miasta (centrum jest wyłączone jako typowa dzielnica biurowa), z liczącej 32% ludności Madrytu, centralne dzielnice zamieszkuje 52% osób składających się na następujące zawody: dyrektorzy, prezesi, specjaliści wysokiej klasy [Briz 2004]. Porównując te dane z wynikami badań Bermiana i wsp. [2008] można zauważyć, że pozbawione roślinności centralne dystrykty miejskie mają największy wpływ na status ekonomiczny danego miasta oraz na szereg stosunkowo złożonych i dezorientujących bodźców. Osoby zamieszkujące centrum miasta są narażone na największe oddziaływania zanieczyszczeń środowiska i dysponując największymi zdolnościami ekonomicznymi, w trosce o bezpieczeństwo własne oraz bliskich, migrują na obszary wolne od zagrożeń zdrowia środowiskowego.

## DEFINICJA ZIELONYCH DACHÓW I ZIELONYCH ŚCIAN

W Poradniku dla gmin z 2013 roku pod tytułem: „Zasady projektowania i wykonywania zielonych dachów i żyjących ścian” [Rabiński i wsp. 2013] autorzy podają definicje zielonego dachu i zielonej ściany.

**„Zielony dach” (ang. green roof)** – to otwarta, porośnięta roślinnością powierzchnia oddzielona od powierzchni gruntu poprzez budowlę bądź inną konstrukcję inżynierską. Może być stosowany pod powierzchnią terenu, na jego poziomie lub

ponad nim. Termin „zielony dach” jest dosłownym tłumaczeniem angielskiego pojęcia „green roof”. Określenie to nie odnosi się do barwy pokrycia dachowego, lecz do jego właściwości ekologicznych oraz zastosowania zieleni w postaci roślinności na całej powierzchni dachowej lub na wybranym jej fragmencie. Zdecydowanie bardziej obrazowe i precyzyjne jest niemieckie określenie „dachbegruenung”, które dosłownie tłumaczy się jako: „zazielenianie dachów” (co w domyśle oznacza obsadzanie dachu roślinami). W języku polskim funkcjonuje także określenie „roślinny dach” lub „dach z zielenią”, jak też „żyjący dach ekologiczny”, będące synonimem zielonego dachu, a przy tym zdecydowanie lepiej precyzujące najbardziej charakterystyczny element konstrukcyjny tych instalacji.

Jak podają Kozuchowski i Piątek [2009], idea dachu zielonego jest pomysłem bardzo starym. Dawniej ludzie okładali darnią szałasy, lepianki, kurhany i pierwsze domostwa. Kryte roślinnością dachy sprzed setek lat przetrwały do dzisiaj w Skandynawii, na zabytkowych fortyfikacjach. Wraz z rozwojem myśli i techniki budowlanej cieszyły się zainteresowaniem, lub w niełasce odchodziły w niepamięć, zawsze jednak pozostawały wyzwaniem dla śmiałych budowniczych oraz marzeniem odważniejszych architektów i inwestorów.

„**Żyjąca ściana**” (ang. **Living wall**) oraz synonim „wertykalny ogród” (ang. **Vertical garden**) odnoszą się do systemu złożonego z modułowych paneli roślinnych (z PCV, stali, aluminium, mat hydroponicznych) przytwierdzonych do konstrukcji nośnej. System korzeniowy roślin rozwija się bezpośrednio w zaprojektowanych panelach w oderwaniu od powierzchni gruntu. Do prawidłowego funkcjonowania systemu niezbędny jest automatyczny system nawadniania oraz odpowiednie nawożenie.

Według Kosińskiego [2011], inspiracją dla współczesnych pionowych ogrodów mogła posłużyć roślinność wegetująca na pionowych naturalnych ścianach skalnych. Zespołem integrującym zieleni ze strukturą budowlaną, działającym na wyobraźnię pokoleń, jednak niepotwierdzonym historycznie, były wiszące ogrody Babilonu. W sztuce nowożytnej wprowadzania roślinności na ściany budowli, w wybitnych rezydencjach pałacowych, polegały na nasadzeniach potężnych krzewów lub drzew tuż przy ścianie budynku. Podczas procesu wzrostu konieczna była szczególna dbałość o bezkolizyjne współistnienie systemu korzeniowego z fundamentami budowli. Część nadziemna takiego krzewu lub drzewa była mocowana do ścian w sposób na tyle elastyczny, aby pozwalał na proporcjonalne procesy. Do znanych przykładów w kategorii ściana-drzewo należy zabytkowy budynek Meierhof, stanowiący obiekt pomocniczy przy rezydencji zamiejskiej biskupów Salzburga przy zamku Leopoldskron.

## ZALETY ZIELONYCH DACHÓW I ZIELONYCH ŚCIAN

Uwzględniając **zalety zielonych dachów**, możemy wyróżnić aspekty ekologiczne związane z redukcją poziomu zanieczyszczeń powietrza, jak i kształtowania otoczenia.

Przekłada się to na tworzenie nowych przestrzeni biologicznie czynnych, co przyczynia się do kształtowania krajobrazu poprzez jego wzbogacenie i zróżnicowanie zarówno pod względem zwiększenia ilości i różnorodności gatunków roślin, ale także poprzez stworzenie warunków do zwiększenia ilości gatunków zwierząt jak i ich liczebności na obszarach miejskich a także wiejskich. Inny aspekt, który należy uwzględnić to korzyści ekonomiczne związane z wydłużeniem czasu użyteczność wodoszczelnego dachu oraz jego izolacją dźwiękochłonną. Poniżej omówiono wymienione korzyści, takie jak:

#### 1. Zalety ekologiczne:

- Redukcja poziomów zanieczyszczeń powietrza. Zanieczyszczenie powietrza na terenach zurbanizowanych takimi związkami jak [Minke 2009]: tlenki azotu, węgla, lotne związki organiczne, spaliny samochodowe, tworzą toksyczne kombinacje, które stwarzają zagrożenie dla zdrowia mieszkańców ośrodków miejskich. Zdaniem Rabińskiego i wsp. [2013] zieleń miejska poprawia jakość powietrza. Jeden metr kwadratowy zielonego dachu jest zdolny do związania 0,2 kg lotnych substancji toksycznych rocznie. Zaletą zielonych dachów jest to, że mogą one powstawać w centrach miast bez zajmowania dodatkowych powierzchni i w ten sposób oczyszczają najbardziej narażone na zanieczyszczenia części miasta.
- Nowe powierzchnie dla siedlisk przyrodniczych. Zielone dachy mogą zrekomensować część powierzchni zielonych utraconych pod budowę nowych budynków w centrach miast. Wiele owadów i ptaków może znaleźć w nich schronienie i miejsca do gniazdowania [Velazquez 2005].
- Poprawa krajobrazu miejskiego. W czasach gdy cena ziemi stała się problemem, który utrudnia powstawanie nowych terenów zielonych, powierzchnie znajdujące się nad naszymi głowami mogą zmienić zasadniczo estetykę krajobrazu miejskiego [Britto 2001].

#### 2. Zalety ekonomiczne:

- Wydłużają użyteczność wodoszczelną dachu, chroniąc przed negatywnym wpływem gwałtownych zmian temperatur jak i promieniowania UV. Występujące na powierzchni nasadzenia stanowią ochronę dla dachu przed niekorzystnym oddziaływaniem zjawisk meteorologicznych zwianych z długotrwałym i często bardzo silnym promieniowaniem UV, gradem i ekstremalnymi temperaturami. Naprężenia powodowane przez różnice temperatur są ograniczone, co wpływa na zwiększenie okresu „życia” paneli hydroizolacji [Sharp 2008].
- Oszczędność energii. Zielone dachy uważane są za dodatkową izolacją termiczną, która powoduje zmniejszenie zużycia energii przeznaczonej do ogrzewania lub schładzania budynku. Substrat glebowy stosowany w konstrukcji zielonego dachu działa jak naturalna izolacja, przyczyniając się do zmniejszenia zużycia energii w budynkach [Briz 2004].

- Izolacja dźwiękochłonna. Zielone dachy redukują odbicie fal dźwiękowych o 3 dB. Mogą również wpływać na poprawę izolacji własnej budynku powodując jej zwiększenie nawet o 8 dB [Minke 2009].

**Zalety zielonych ścian** obejmują zarówno zalety ekologiczne, do których zaliczyć można: zwiększenie czy też kształtowanie bioróżnorodności, redukcję zanieczyszczeń powietrza, oraz poprawę estetyki miejskiej, a także zalety ekonomiczne związane z izolacją termiczną.

1. Zalety ekologiczne:

- Bioróżnorodność. Zielone ściany są siedliskiem dla owadów, które z kolei służą za pokarm dla rzadkich gatunków ptaków owadożernych oraz nietoperzy. Mogą być również korytarzem tranzytowym pomiędzy poziomem gruntu i zielonym dachem [Blanc 2008].
- Redukcja poziomów zanieczyszczeń powietrza. Podobnie jak zielone dachy zielone ściany ogrywiają ważną rolę w wychwytywaniu cząsteczek zanieczyszczeń i akumulowaniu ich w zielonej masie [Hopkins. 2011]
- Poprawa estetyki miejskiej. Rośliny na ścianach pomagają złagodzić surową estetykę przestrzeni miejskich. Ponadto podobnie jak zielone dachy chronią budynki przed szkodliwymi działaniami deszczu, gradu, promieniowania UV i innych [Blanc 2008].

2. Zalety ekonomiczne:

- Izolacja termiczna. Latem rośliny mogą zacieniać powierzchnię fasady od słońca i zapewnić adekwatne wychłodzenie budynków z powodu parowania. Prowadzi to do zmniejszenia temperatury ściany, co przyczynia się do zmniejszenia przegrzewania budynku. Największą skuteczność obserwujemy, gdy stosuje się rośliny na elewacjach wychodzących na południe, które podlegają działaniom promieni słonecznych przez większość dnia. W okresie zimowym, roślinom można zapewnić adekwatną izolację termiczną, utrzymując ochronną warstwę powietrza pomiędzy podłogą a ścianą, zmniejszając konwekcję na powierzchni ściany [Sharp 2008].

## ZIELONE DACHY I ZIELONE ŚCIANY JAKO ROZWIĄZANIA INNOWACYJNE DLA TERENÓW MIEJSKICH – WYBRANE PRZYKŁADY

W 1996 roku ONZ sporządziło „Raport dotyczący rozwoju miast”, w którym wykazano że od 1950 roku liczba mieszkańców miast powiększyła się czterokrotnie, a jej przyrost był trzykrotnie szybszy niż przyrost mieszkańców zamieszkujących obszary wiejskie. Na podstawie Brytyjskiego Urzędu Statystycznego „City Mayors” [2012, <http://www.citymayors.com/statistics/urban-population-intro.html>] można prześledzić rozwój procentowy niektórych miast w państwach o wysokich wskaźnikach rozwoju (tabela 1).



**Tabela 1.** Wzrost zaludnienia w miastach na podstawie wybranych krajów w latach 1950–2030

Państwo	Procentowa liczba ludności miast w stosunku do całej populacji danego kraju [%]		
	1950	2010	2030*
Australia	77,0	89,1	91,9
Brazylia	36,2	86,5	91,1
Chiny	13,0	44,9	60,3
Francja	55,2	77,8	82,9
Niemcy	64,7	73,8	80,0
Meksyk	42,7	77,8	82,8
Polska	38,3	61,2	70,0
Rosja	44,2	72,8	75,7
Szwecja	66,7	84,7	83,1
Wielka Brytania	79,0	90,1	92,2

\* Dane obliczone ze wskaźników rozwoju.

W ślad za zwiększającą się liczbą mieszkańców miast w Europie oraz wzrastającą świadomością konieczności ochrony zdrowia środowiskowego, obserwuje się wzrost ilości powstających zielonych dachów. Liderem są Niemcy gdzie od 1970 roku powstało 1400 hektarów powierzchni biologicznie czynnych w postaci zielonych dachów i zielonych ścian [<http://www.optigruen.de/Presse/Diplomararbeit-110816/Diplomararbeit-Weber-2011.pdf>]. Ze względu na położenie geograficzne według „Senatsverwaltung für Stadtentwicklung” [2010] w Niemczech 80% to zielone dachy ekstensywne, a 20% to zielone dachy intensywne [[http://www.stadtentwicklung.berlin.de/bauen/oekologisches\\_bauen/download/SenStadt\\_Regenwasser\\_dt\\_bfrei\\_final.pdf](http://www.stadtentwicklung.berlin.de/bauen/oekologisches_bauen/download/SenStadt_Regenwasser_dt_bfrei_final.pdf)]. Najdynamiczniej rozwija się proces instalacji powierzchni czynnych w Bremie, gdzie od 2003 do 2008 powstało 1706 m<sup>2</sup> zielonych dachów i zielonych ścian. Ponadto do urzędu miasta wpłynęło 238 wniosków o dofinansowanie tego typu instalacji. Dusseldorf jest liderem jeżeli chodzi o tego typu instalacje. Ogółem powierzchnia czynna zielonych dachów i zielonych ścian na chwilę obecną liczy 730 000 m<sup>2</sup> (73 ha), co oznacza, że 1 m<sup>2</sup> powierzchni czynnej przypada na 1680 mieszkańców. Miasto prowadzi kompleksowy rozwój tego typu instalacji poprzez realizację projektów zielonych dachów wykorzystując do tego celu zdjęcia lotnicze, kontrolujące pokrycie dachów celem utworzenia „zielonego miasta” [Weber 2011]. Utworzenie 120 000 m<sup>2</sup> zielonych ścian i zielonych dachów [Döveling 2010] pomogło Stuttgartowi w 2008 roku zmienić swój wizerunek i z jednego z 9 najbardziej zanieczyszczonych miast i przestoczyć się w Akademicką stolicę Europy. Od 2002 roku w Szwajcarii wszystkie dachy płaskie, muszą być obowiązkowo wyposażone w tzw. instalacje zielonych dachów. Sprawia to, że Bazylea licząca 160 500 mieszkańców posiada 88 000 m<sup>2</sup> zielonych dachów [Brenneisen 2008]. Dzięki wsparciu rządu Austriackiego od 1985 roku do stycznia 2010 roku w Linz liczącym 189 300 mieszkańców

powstało blisko 500 zielonych dachów o łącznej powierzchni 50 hektarów [Mauer 2011]. We Francji według zestawienia jakie zrobił Rheinert [2009], w 2004 roku powstało 500 000 m<sup>2</sup> zielonych dachów. Do 2008 roku w Londynie zainstalowano 163 234 m<sup>2</sup> zielonych powierzchni w postaci zielonych dachów. Natomiast w samym 2008 zainstalowaniu już ponad 100 000 m<sup>2</sup> zielonych powierzchni [Gedge 2009]. Drugim miastem wykorzystującym koncepcje zielonych powierzchni jest Sheffield, którego według oficjalnego portalu „Yorkshire Groundwork” [2011], 24 573 m<sup>2</sup> powierzchni zielonych dachów zdobi już 49 budynków.

Już 14 lat temu w Szwecji borykającej się z problemami retencji wody, zwrócono uwagę na zdolności adsorpcyjne zielonych dachów i zielonych ścian. Poprzez programy i projekty jak „Urban Greenspace Factor” [2013], planuje się wzrost przestrzeni miejskich w postaci zielonych dachów a najintensywniej trwają prace w Malmö, gdzie wszystkie tego typu inicjatywy spotykają się z pełną aprobatą senatu [Emilsson 2005]. W Polsce, wśród rozwiązań zaproponowanych dla Warszawskiego Powiśla znalazły się także budowa zielonych dachów na gmachach Biblioteki Uniwersytetu Warszawskiego i Centrum Nauki „Kopernik”. Inwestycje te o charakterze niekomercyjnym wprowadziły do krajobrazu miejskiego bogactwo i różnorodność widoków powodując utworzenie nowych przestrzeni imponujących kolorystyką, formą i zapachami [Małuszyńska i wsp. 2013]. Przykłady instalacji, które powstały na Powiślu wskazały potrzebę zwiększania powierzchni ekologicznie czynnych, poprzez instalowanie zielonych dachów i zielonych ścian na obszarach miejskich, wpływając w ten sposób na poprawę wizerunku danego terenu i podniesienia atrakcyjności inwestycyjnej terenów rewitalizowanych. Do 2009 roku na budynkach Północnej Ameryki zainstalowano już ponad milion metrów kwadratowych zielonych dachów. Z czego 500 000 m<sup>2</sup> przypada na Chicago. Ten innowacyjny system zagospodarowania rewitalizacyjnego miast rozwija się coraz dynamiczniej. W samym 2008 roku według Webera [2011], zainstalowano zielone dachy na powierzchni 54 hektarów. Według portalu Greenroofs.com [2011] w Chinach zgodnie z planem zagospodarowania przestrzennego przewidziane jest zainstalowanie ponad 10 milionów m<sup>2</sup> zielonych dachów. W japońskim Tokio w 2001 roku, 20% nowych budynków powstało z zainstalowanymi zielonymi dachami [Grant 2006]. Przewiduje się, że w przeciągu 7 lat 35 % budynków w Tokio będzie wyposażonych w zielone dachy [Blum-Onkai 2008].

Zielone dachy podbiły wszystkie kontynenty. Są częścią krajobrazu miejskiego Sydney w Australii, miasta Brasilia w Ameryce Południowej. Można je także znaleźć na terenie Tanzanii w Afryce gdzie traktuje się je jako powrót do tradycyjnych zielonych dachów, za których kolebkę uznawana jest Afryka [Stifter 1988].

## PODSUMOWANIE I WNIOSKI

Występująca tendencja do zwiększonej zabudowy na terenach miejskich wskazuje na potrzebę poszukiwania rozwiązań alternatywnych i innowacyjnych dotyczących

zieleni miejskiej. Inwestycje zaliczane do tej grupy, to zielone dachy i zielone ściany, których realizacja pozwoli na zwiększenie biologicznie czynnej powierzchni w miastach i może stanowić niezbędny element infrastruktury miejskiej przyczyniający się do podniesienia komfortu życia społeczności zamieszkujących miasta. Na aspekty te zwrócili uwagę Britto i wsp. [2000] a także Berman i wsp. [2008], wskazując potrzebę dalszych badań nad zastosowaniem zielonych dachów i zielonych ścian jako rozwiązań proponowanych w infrastrukturze miejskiej. Jak wykazały Hołuj i Górska [2010] dzięki zmysłom poznajemy świat. Wzrok, smak, dotyk, słuch i węch dostarczają nam informacji o bezpośrednim otoczeniu, każdy bodziec przepływający przez mózg wywołuje odpowiednią reakcję – zarówno fizyczną jak i psychiczną. Dlatego wprowadzając różne nasadzenia na zielonych dachach i zielonych ścianach, możemy oddziaływać na te sfery, przyczyniając się do podniesienia jakości życia mieszkańców a tym samym wpływać na ich zdrowie.

Do wykonania działań naprawczych w ramach kompleksowej rewitalizacji badanego obszaru niezbędne jest wykonanie działań zmierzających do rozpoznania wielkości przekształceń środowiska, określenia wielkości zanieczyszczeń i wskazania metod jakimi można usunąć lub ograniczyć negatywne skutki oddziaływania zanieczyszczeń na środowisko. Realizacja powyższych działań może pozwolić na osiągnięcie następujących celów [Małuszyńska i wsp. 2013]:

- ożywienie gospodarcze i społeczne odtworzonego ekologicznie rejonu,
- wzrost potencjału turystycznego obszarów zdegradowanych przez wsparcie wszechstronnych projektów działań technicznych,
- rozwiązanie problemów społecznych, im in. walka z patologiami społecznymi,
- podniesienie atrakcyjności inwestycyjnej terenów poddanych rewitalizacji.

Realizacja powyższych działań pozwoli na poprawę jakości życia mieszkańców wpływając korzystnie na zdrowie środowiskowe obszarów miejskich.

## LITERATURA

1. Bearer C. F. 2000. The special and unique vulnerability of children to environmental hazards. *Neurotoxicology*, 21, 925-934.
2. Berman M., Jonides J., Kaplan S. 2008. Research Report The Cognitive Benefits of Interacting With Nature. *Psychological Science*. USA, 12, 1207-1212.
3. Blanc P. 2008. The Vertical Garden: From Nature to the City. W W Norton & Company Incorporated, USA, 1-192.
4. Blum-Onkai K. 2008. Der Dachbegrünungsmarkt in Japan. Tagungsband, 6. Internationales FBB-Gründachsymposium, 54-56.
5. Brenneisen. S. 2008. Dachgrün im Stadtökosystem, *Garten und Landschaft*, 118(1), 19-22.
6. Britto C. Machado M., Neila V. 2000. La Cubierta Ecológica Como Material de Construcción. 2000. *Informes de la Construcción*, Hiszpania, 467, 15-28.
7. Britto C. 2001. Análisis de la Viabilidad y Comportamiento Energético de la Cubierta Plana Ecológica. Editorial Universidad Politécnica de Madrid. Hiszpania, 1-878.

8. Briz Escribano J de Felipe I. 2004. Naturación urbana. Construcción medioambiente, 120, 12-19, 29-60.
9. Dane dotyczące stężenia dwutlenku siarki w Stuttgarcie na przełomie lat 1987-2012: [http://www.stadtlima-stuttgart.de/index.php?luft\\_messdaten\\_download](http://www.stadtlima-stuttgart.de/index.php?luft_messdaten_download) [10.10. 2013].
10. Dane statystyczne dotyczące instalacji zielonych dachów w Sheffield (Wielka Brytania): <http://www.yorkshire.groundwork.org.uk/sheffield.aspx> [20.04.2011].
11. Dane dotyczące wzrostu populacji w miastach na przełomie lat 1950-2030: <http://www.citymayors.com/statistics/urban-population-intro.html> [7.08.2012].
12. Emmilsson T. 2005. Vegetated roofs in Sweden: green revolution or green image, Tagungsband World. Green Roof Congress, 290-295.
13. EPA 2006. The Michigan Department of Environmental Quality Biennial Remedial Action Plan Update for the River Raisin Area of Concern. Aquatic Nuisance Control & Remedial Action Unit Michigan Department of Environmental Quality. s 20. - [www.epa.gov](http://www.epa.gov) [19.12.2006].
14. EPA 2010. Toxic 20 from 2009, Michigan Ranks 7th Worst State For Toxic Air Pollution From Power Plants”. [www.epa.gov](http://www.epa.gov) [10.08.2012].
15. Gedge, D., Moat B. 2009. Lebende Dächer – Entwicklung von Strategien für begrünte Dächer in der Region Groß-London, Tagungsband International Green Roof Congress, 1. Auflage – Berlin: International Green Roof Association e. V. (IGRA), 169-173.
16. Górska I. 2009. Odporność psychiczna a choroby przewlekłe na tle nerwowym uwarunkowane jakością środowiska życia człowieka. Rocznik Ochrony Środowiska, 11. 799-822.
17. Grant, G. 2006. Green roofs and façades. Bracknell: IHS BRE Press. s. 71.
18. Hopkins G., Goodwin Ch. 2011. Green roof and walls. Living architecture. USA, 1- 287.
19. Hołuj A., Górska I. 2010. Aromaterapia jako wspomaganie w psychopedagogice. Rocznik Ochrony Środowiska, 12. 607-647.
20. Informacje o zielonych ścianach (projekty i realizacje) w Chinach: [http://www.greenroofs.com/content/guest\\_features011.htm](http://www.greenroofs.com/content/guest_features011.htm) [11.01.2011].
21. Jarczewski W. 2010: Procedura badawcza i wyniki prac prowadzonych w ramach diagnozy. Rozdz. 1 [w:] Ziobrowski Z., Jarczewski W. (red): Rewitalizacja miast polskich-diagnoza. 8 seria: Rewitalizacja miast polskich. Wyd. IRM, Kraków, 14-21.
22. Jarosińska D. 2009. Zdrowie środowiskowe – definicje, zakres, priorytety. Materiały szkoleniowe ”Teoria i praktyka ocen oddziaływania środowiska na zdrowie” w ramach programu wieloletniego „Środowisko a Zdrowie” oraz projektu międzynarodowego Światowej Organizacji Zdrowia / Duńskiej Agencji Ochrony Środowiska dotyczącego wdrażania Krajowych Planów Działań na Rzecz Środowiska i Zdrowia. [http://www.ietu.katowice.pl/wpr/Dokumenty/Materialy\\_szkoleniowe/Szkol2/12-jarosinska.pdf](http://www.ietu.katowice.pl/wpr/Dokumenty/Materialy_szkoleniowe/Szkol2/12-jarosinska.pdf) [6.09.2013].
23. Kosiński W. 2011. Pionowe ogrody – Idea, technologia i estetyka na nowy wiek. Architektura, 11, 105–125.
24. Kożuchowski P., Piątek-Kożuchowska. E. 2009. Dach zielony – skuteczna metoda zabezpieczenia pokryć hydroizolacyjnych. Inżynier Budownictwa, 5. 86-90.
25. Krupka B.W. 1992. Dachbegrünung: Pflanzen- und Vegetationsanwendung an Bauwerken, Stuttgart: Ulmer, s. 11.
26. Kuberski, D., 2010. Jahrbuch der Bauwerksbegrünung, Stuttgart: Dieter A. Kuberski GmbH, 8.
27. Medienübergreifende Bewertung der Versauerung der letzten drei Dekaden in Baden-Württemberg. Bericht zur Versauerung der Umwelt. Die Broschüre ist kostenlos bei der

- Verlagsauslieferung der LUBW erhältlich JVA Mannheim – Druckerei. Styczeń 2013. s. 3.
28. Małuszyńska. I., Małuszyński M.J., Ancuta M. 2013. Rewitalizacja terenów przemysłowych m. st. Warszawy na przykładzie Powiśla [maszynopis].
  29. Maurer. E. 2011. Gründachstadt Linz, Stadtplanung Linz, Abteilung Stadtentwicklung, Präsentation auf Fachseminar. Dachbegrünung für Kommunen in Osnabrück, 10. 46.
  30. Minke G. 2009. Techos Verdes. Editorial Fin del Siglo. Hiszpania, 1-86.
  31. Rabiński J., Walter E, Weber – Siwirska M., Mioduszevska M. 2013: Funkcje i zalety zielonych dachów i żyjących ścian. Zasady projektowania i wykonywania zielonych dachów i żyjących ścian. Poradnik dla gmin. Agencja Reklamowo-Wydawnicza „Ostoja”, 24-38.
  32. Ranking 9 najbardziej zanieczyszczonych miast: <http://www.nationalgeographic.es/medio-ambiente/calentamiento-global/las-nueve-ciudades-mas-contaminadas/imagen/stuttgart-germany> [maj 2009].
  33. Rheinert P.S. 2009. 7. Internationales FBB-Gründachsymposium, Tagungsband, 35.
  34. Sharp R. 2008. Introduction to Green Walls Technology, Benefits & Design. Green Roofs for Healthy Cities. Greenroofs. 10. 1-37. <http://www.slideshare.net/ElisaMendelsohn/green-walls-technology-benefits-and-design>. [wrzesień 2008].
  35. Statistische Berichte Baden-Württemberg. Artikel-Nr. 3121 12003 Bevölkerung und Erwerbstätigkeit. 2013. 1. [10.10.13].
  36. Soltas E. 2011. Dlaczego zbankrutowało miasto. Bloger. USA. 1-5. <http://forsal.pl/artykuly/719979,bankructwo-detroit-przemysl-samochodowy-opinia.html> [19.07.2013].
  37. Statystyka procentowego rozkładu ludności zamieszkałej w miastach między 1950 a 2030 rokiem: <http://www.citymayors.com/statistics/urban-population-intro.html#Anchor-Urbanisation-49575> [7.10.2012].
  38. Stifter R. 1988. Dachgärten: Gründe Inseln in der Stadt. Ulmer, 22. [10.10.13].
  39. Szalińska E., Drouillard K.G., Fryer B., Haffner G.D. 2006. Distribution of heavy metals in sediments of the Detroit River. Journal of Great Lakes Research, 32, 442-454.
  40. Urban Greenspace Factor w Szwecji: [http://depts.washington.edu/open2100/Resources/1\\_OpenSpaceSystems/Open\\_Space\\_Systems/Malmo\\_Case\\_Study.pdf](http://depts.washington.edu/open2100/Resources/1_OpenSpaceSystems/Open_Space_Systems/Malmo_Case_Study.pdf) [maj. 2005].
  41. Velazquez L. 2005. Reducing Urban Heat Islands, Reducing Urban Heat Islands: Compendium of Strategies. Green Roofs – Draft. USA. 1-26.
  42. Weber. M. 2011. Positive Wirkungen begrünter Dächer Zusammenstellung von positiven Fakten aus aller Welt. Fachhochschule Erfurt University of applied sciences, 16.