

**Aleksandra Lewko,
Bartosz Felski**

CYRKULARNOŚĆ MATERIAŁOWA I GOSPODARKA OBIEGU ZAMKNIĘTEGO (GOZ) JAKO WYZWANIA DLA ODPORNOŚCI MIEJSKIEJ W ŚWIETLE KRYZYSU KLIMATYCZNEGO

Streszczenie

Niniejszy artykuł przybliża realia funkcjonowania działalności architektoniczno-budowlanej w kontekście dziewięcioletniego okresu po podpisaniu Porozumienia Paryskiego w 2015 roku, które miało na celu globalną walkę ze zmianami klimatycznymi. Choć wydawało się, że 21. sesja konferencji COP 21 przyniesie przełom, działania podjęte w ramach tego porozumienia są często postrzegane jako formalne i niewystarczające. Mimo zobowiązań do redukcji emisji, stężenie CO₂ w atmosferze nadal rośnie, co prowadzi do przekroczenia kluczowych progów ocieplenia. Artykuł podkreśla konieczność natychmiastowych działań, szczególnie w kontekście miast, które muszą przystosować się do gwałtownie zmieniającego się klimatu. Po przeanalizowaniu dostępnych danych i triangulacji wyników, przedstawiono pojęcie odporności miejskiej jako narzędzia adaptacji substancji zabudowanej do zmian klimatu. Wskazuje się na znaczenie gospodarki obiegu zamkniętego jako narzędzia wspierającego zrównoważony rozwój i odporność miast na różnorodne zagrożenia. Omówiono w nim również rolę Taksonomii UE w mobilizowaniu działań proklimatycznych i podkreślono wyzwania związane z transformacją miejską w kierunku gospodarki cyrkularnej, podając przykłady dobrych praktyk.

Słowa kluczowe: zrównoważony rozwój, cyrkularność, gospodarka obiegu zamkniętego, odporność miejska, miasto, urbanistyka, kryzys klimatyczny, taksonomia.

MATERIAL CIRCULARITY AND CIRCULAR ECONOMY AS CHALLENGES FOR URBAN RESILIENCE IN ASPECT OF THE CLIMATE CRISIS

Abstract

This article presents the realities of functioning in the architectural and construction activities in the context of the nine-year period following the signing of the Paris Agreement in 2015, which aimed at global action against climate change. Although it seemed that the 21st session of the COP 21 conference would bring a breakthrough, the actions taken under this agreement are often perceived as formal and insufficient. Despite commitments to reduce emissions, CO₂ concentration



in the atmosphere continues to rise, leading to the crossing of key warming thresholds. The article highlights the need for immediate action, especially in the context of cities that need to adapt to a rapidly changing climate. After analyzing the available data and triangulating the results, the concept of urban resilience as a tool for adapting the built substance to climate change was presented. The importance of the circular economy as a tool to support sustainable development and the resilience of cities to various threats is pointed out. The role of the EU Taxonomy in mobilizing pro-climate actions is also discussed, and the challenges related to urban transformation towards a circular economy are highlighted, providing examples of best practices.

Keywords: sustainability, circularity, circular economy, urban resilience, city, urban planning, climate crisis, taxonomy.

Wstęp

Mija 9 lat od roku 2015, który zapisał się we współczesnej historii podpisaniem Porozumienia Paryskiego¹ – porozumienia na rzecz wspólnej walki o klimat, którego sygnatariuszami stali się przedstawiciele niemal wszystkich krajów². 21. sesja konferencji stron ramowej konwencji ONZ w sprawie zmian klimatu (COP 21) zdawała się wówczas przełomowym wydarzeniem, które przybliżyła osiągnięcie neutralności klimatycznej; wówczas też Unia Europejska przedstawiła długofalową strategię redukcji emisji, w której zobowiązała się, że do 2030 r. ograniczy unijne emisje o co najmniej 55%³ w porównaniu z poziomami z 1990 r. To jedno z działań, których celem nadrzędnym jest zatrzymanie wzrostu średniej globalnej temperatury na poziomie dużo poniżej 2°C względem poziomu z czasów przedprzemysłowych. Należy dołożyć starań, by było to nie więcej niż 1,5°C⁴. Od tego czasu kryzys klimatyczny i zmiany klimatu odmiennie są w debacie publicznej przez wszystkie niemal przypadki. Nie można oprzeć się jednak wrażeniu, że w świetle zapowiadanego już na rok 2028 globalnego przeglądu dotychczasowych działań realizowanych w ramach Porozumienia Paryskiego, działania te mają raczej skutek formalny niż faktyczny. Choć opublikowany w 2011 r. 5. Raport zobowiązywał każdą ze stron do podjęcia działań na rzecz redukcji emisji, to stężenia te dalej rosły. W chwili pisania tego tekstu stężenie CO₂ w obserwatorium NOAA Mauna Loa, które jest

¹ *Adoption of The Paris Agreement*, Framework Convention on Climate Change, Paryż 2015.

² Porozumienie Paryskie ratyfikowało 188 państw oraz Unia Europejska, przy wymaganych podpisach minimum 55 państw odpowiedzialnych za co najmniej 55% globalnych emisji gazów cieplarnianych. To niemal wszystkie strony Ramowej Konwencji Narodów Zjednoczonych w sprawie Zmian Klimatu (UNFCCC).

³ <https://www.europarl.europa.eu/news/en/press-room/20230414IPR80120/fit-for-55-parliament-adopts-key-laws-to-reach-2030-climate-target> [dostęp: 29.05.2024].

⁴ *Adoption of The Paris Agreement*, op. cit., s. 26.

optymalnym miejscem dla średniego pomiaru zanieczyszczenia globalnego, wynosi już około 426,68 ppm⁵.

1. Metodologia

Dobór metody badawczej uwarunkowany jest omawianym problemem badawczym i celem przeprowadzenia badań, którym jest określenie znaczenia gospodarki obiegu zamkniętego jako narzędzia wspierającego zrównoważony rozwój i odporność miast na różnorodne zagrożenia klimatyczne.

Według J. Apanowicza⁶ zastosowane metody badawcze powinny charakteryzować się kilkoma istotnymi atrybutami:

- jasnością – metodę musi cechować powszechna zrozumiałość,
- jednoznacznością – metoda powinna wykluczać dowolność stosowania różnych sposobów i zasad,
- celowością – musi być podporządkowana określonej celowi,
- skutecznością – powinna zapewnić osiągnięcie zamierzonego celu,
- niezawodnością – metoda musi zapewnić uzyskanie zamierzonego rezultatu (celu) o dużym stopniu prawdopodobieństwa.

Z tego też względu, w niniejszym artykule w celu zdiagnozowania problemów badawczych oraz zdefiniowania ich charakterystyki zastosowano poniższe techniki badawcze:

- badania literaturowe i archiwalne, zwłaszcza analizy obowiązujących aktów prawnych na poziomie krajowym i europejskim,
- analizy opisowe cech różnych wybranych aspektów badanego problemu, w tym analizy dostępnych badań z zakresu zmian klimatu i wpływu tychże zmian na środowisko zabudowane,
- studium przypadków.

Po opracowaniu tła merytorycznego i nakreśleniu problemu ryzyk klimatycznych oddziałujących na tkankę miejską zaproponowano zbiór rozwiązań w postaci elementów gospodarki cyrkularnej. będącej potencjalnym narzędziem rozwoju odporności miejskiej. Opisane w artykule przykłady rozwiązań z zakresu odporności miejskiej przytoczono na podstawie przeprowadzonych w latach 2023–2024 wizji lokalnych i oglądu budynków (w tym weryfikacja dostępnej dokumentacji, fotografowanie, szkicowanie), wraz z późniejszymi porównaniami zastosowanych rozwiązań.

Odporność miejska jest pojęciem stosunkowo nowym, a budowanie jej w oparciu o gospodarkę obiegu zamkniętego jest obszarem mało zbadanym. Ze względu na nierównomierny dostęp do informacji i potrzebnych danych, w badaniach zastosowano również metody kombinowane, jak triangulację danych

⁵ <https://gml.noaa.gov/ccgg/trends/monthly.html> [dostęp: 07.06.2024].

⁶ Niezabitowska D., *Metody i techniki badawcze w architekturze*, Wydawnictwo Politechniki Śląskiej, Gliwice 2014, s. 163.

(wielorakość stosowanych technik badawczych i wielokrotność ich użycia w celu weryfikacji i potwierdzenia osiągniętych wyników). Wielorakość oznacza w tym przypadku np. zastosowanie obserwacji uczestniczącej (*participatory observation*), wykorzystanie kolekcji dokumentów i wizyty w obiektach budowlanych, a także kombinowane techniki zbierania danych w celu ich sprawdzenia i interpretacji. Konieczność triangulacji badań wynika ze słabości niektórych materiałów badawczych i stosowanych technik badawczych. Taktyka triangulacji polega na takim ich dobieraniu, aby eliminować ich słabości.

2. Dynamika zmian klimatu

Na globalny rozkład temperatur wpływ ma wiele czynników, zarówno naturalnych, jak i antropogenicznych. Złożoność tych procesów i szereg sprzężeń w zakresie klimatu⁷ (rys. 2) poskutkowała tym, że poziom ocieplenia o 1,5 stopnia został przekroczony już pod koniec 2023 roku⁸. Z perspektywy polskiej ważne jest jednak coś innego, a mianowicie przekroczony poziom 2 stopni ocieplenia dla półkuli północnej, co nastąpiło pod koniec roku 2023⁹ i wiązało się prawdopodobnie z wymuszeniem radiacyjnym, którego źródłem było zmniejszenie aerozoli chłodzących w atmosferze – jako konsekwencja... zmniejszenia emisji związków siarki w transporcie morskim¹⁰.

Należy mieć na uwadze fakt, że jak dowodzi Seneviratne¹¹: *regionalne skutki klimatyczne mogą się znacznie różnić w przypadku wymuszeń o zmiennym położeniu geograficznym, a emisje z różnych regionów będą miały różne skutki regionalne i globalne* co zdaje się właśnie potwierdzać zaistniałe sprzężenie dodatnie w zakresie ocieplenia klimatu.

⁷ IPCC, 2021: *Climate Change 2021: The Physical Science Basis. Contribution of Working Group I to the Sixth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change*, Masson-Delmotte V., P. Zhai, A. Pirani, S.L. Connors, C. Péan, S. Berger, N. Caud, Y. Chen, L. Goldfarb, M.I. Gomis, M. Huang, K. Leitzell, E. Lonnoy, J.B.R. Matthews, T.K. Maycock, T. Waterfield, O. Yelekçi, R. Yu, and B. Zhou (eds.), Cambridge University Press, Cambridge, United Kingdom and New York, USA, In press, doi:10.1017/9781009157896.

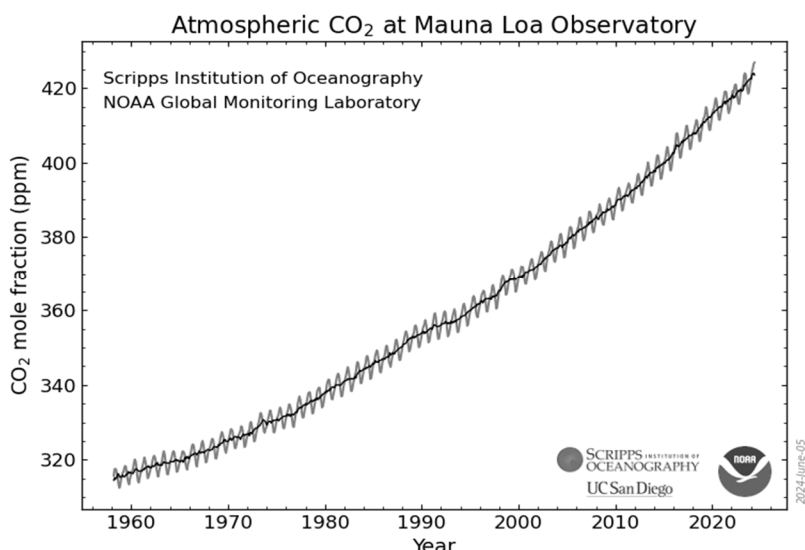
⁸ <https://climate.copernicus.eu/copernicus-2023-hottest-year-record>, [dostęp: 29.05.2023]; <https://berkeleyearth.org/global-temperature-report-for-2023/>, [dostęp: 08.06.2023].

⁹ Ibidem.

¹⁰ To pokazuje, jak złożone są zależności pomiędzy antropogenicznymi i naturalnymi wymuszeniami i sprzężeniami; działanie proekologiczne doprowadziło do zmniejszenia zanieczyszczeń, będących przy okazji elementem chłodzącym w bilansie energetycznym Ziemi.

¹¹ Seneviratne S.I., Wartenburger R., Guilloid B.P., Hirsch A.L., Vogel M.M., i inni, *Eksstremalne warunki klimatyczne, sprzężenia zwrotne między lądem a klimatem i wymuszanie użytkowania gruntów w temperaturze 1,5 °C*, „Philosophical Transactions: Mathematical, Physical and Engineering Sciences” 2018, 376, 20160450, <https://doi.org/10.1098/rsta.2016.0450>.

Rys. 1. Przyrost CO₂ w atmosferze, pomiar w obserwatorium w Mauna Loa



Źródło: <https://gml.noaa.gov/ccgg/trends/mlo.html>.

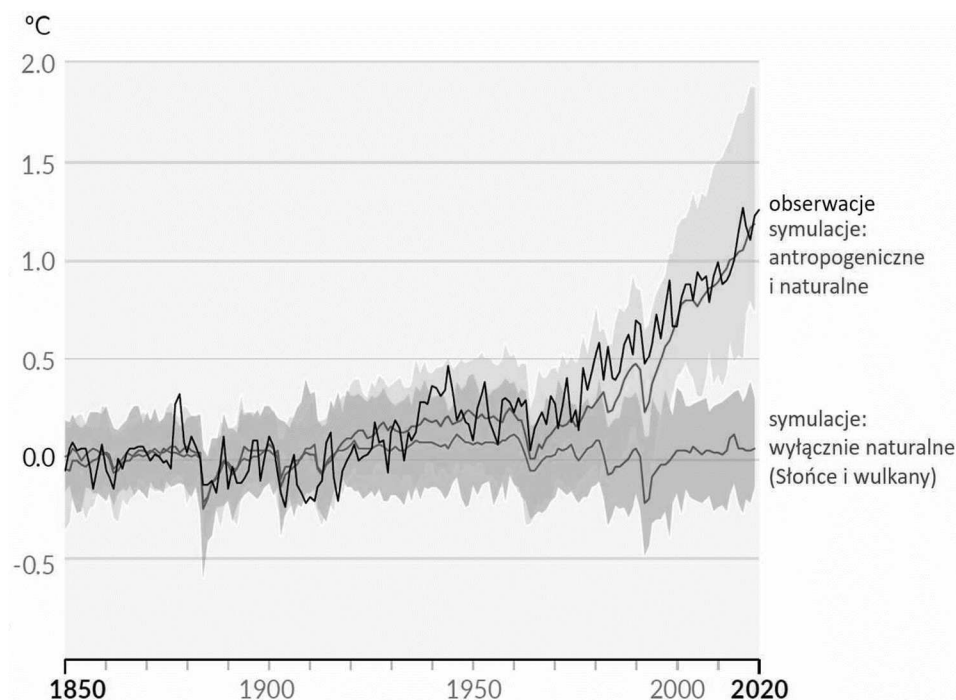
Z perspektywy globalnej ważne są jednolite i zgodne systemy oceny wpływu na klimat i ich konsekwencji. W każdym cyklu oceny IPCC ocenianych jest wiele scenariuszy; w piątym (AR5) i szóstym (AR6) sprawozdaniu oceniającym przedstawiono reprezentatywne ścieżki koncentracji (RCP) i wspólne ścieżki społeczno-ekonomiczne (SSP), a zaproponowana obecnie metodologia w odniesieniu do scenariuszy nowej generacji, rozpatrywanych w trakcie powstawania siódmego raportu IPCC, ma obejmować reprezentatywne ścieżki emisji (REP),¹² koncentrujące się na krytycznych potrzebach w zakresie odniesienia się do poniższych celów:

1. Łagodzenie skutków postępujących zmian klimatu i adresowanie konsekwencji odkładania w czasie procesów ich mitygacji.
2. Ryzyko związane ze strategiami usuwania dwutlenku węgla, gdyż obiecujące technologie wychwytywania dwutlenku węgla są na tyle nowatorskie, że nie znane są korzyści i negatywne skutki uboczne jego usuwania na dużą skalę, uwzględniając ich technologiczną i fizyczną wiarygodność.
3. Budowa planów adaptacji w odniesieniu do potencjalnych strat (*loss and damage*) i ich integracja z celami zrównoważonego rozwoju (pośrednio odpowiadają one na zagadnienie odporności).

¹² Meinshausen M., Schleussner C.-F., Beyer K., Bodeker G., Boucher O., et al., *A perspective on the next generation of Earth system model scenarios: towards representative emission pathways (REPs)*, „Geoscientific Model Development” 2024, 17. Received: 17 Aug 2023 – Discussion started: 06 Sep 2023 – Revised: 14 Mar 2024 – Accepted: 18 Mar 2024 – Published: 05 Jun 2024.

Zdaniem autorów, nieutrzymanie w ryzach średniej temperatury poniżej 1,5 stopnia względem bazowej temperatury sprzed epoki przemysłowej jest ewidentną porażką współczesnej cywilizacji, wobec której nie można przejść bez komentarza. Niezależnie od stanu nierównowagi klimatycznej i prognozowanych scenariuszy SSP¹³, świat nauki jest zgodny, że należy przewidzieć konieczność podjęcia natychmiastowych działań w celu spowolnienia omawianych zmian oraz adaptacji w każdym obszarze działalności człowieka, w tym również w przestrzeni zabudowanej (wspomniane powyżej adresowanie konsekwencji odkładania w czasie procesów ich mitygacji).

Rys. 2. Wpływ czynników antropogenicznych i naturalnych na odchylenie globalnej temperatury powierzchni Ziemi z lat 1850–1900



Źródło: <https://naukaoklimacie.pl/aktualnosci/wprowadzenie-do-6-raportu-ipcc-4906> na podstawie Report IPCC [dostęp 10.03.2024].

¹³ IPCC, 2021: *Climate Change 2021: The Physical Science Basis. Contribution of Working Group I to the Sixth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change*, Masson-Delmotte, V., P. Zhai, A. Pirani, S.L. Connors, C. Péan, S. Berger, N. Caud, Y. Chen, L. Goldfarb, M.I. Gomis, M. Huang, K. Leitzell, E. Lonnoy, J.B.R. Matthews, T.K. Maycock, T. Waterfield, O. Yelekçi, R. Yu, and B. Zhou (eds.), Cambridge University Press, Cambridge, United Kingdom and New York, NY, USA, 2391 pp. doi:10.1017/9781009157896, s. 571.

Dla przyszłości miast, gdzie zmiany zagospodarowania gruntów mogą mieć ogromne regionalne znaczenie¹⁴ jest to nie lada wyzwaniem, co potwierdził The World Heritage Committee podczas 29. Sesji w 2005 r.¹⁵. Również opublikowany 11 marca 2024 r. przez Europejską Agencję Środowiska (EEA) raport European Climate Risk Assessment (EUCRA) w temacie oceny ryzyka związanego z klimatem dla Unii Europejskiej¹⁶ nie pozostawia w tej kwestii złudzeń; na zidentyfikowane 36 ryzyk klimatycznych, które stanowią zagrożenie dla bezpieczeństwa energetycznego i żywnościowego Europy, ekosystemów, infrastruktury, zasobów wodnych, stabilności finansowej i zdrowia ludzi, ponad połowa wymaga pilnych działań, a osiem z nich – natychmiastowej reakcji. Jak czytamy w raporcie: *Częściej występujące ekstremalne zjawiska pogodowe zwiększają ryzyko dla środowiska zbudowanego i usług o krytycznym znaczeniu w Europie, w tym w zakresie energii, wody i transportu. Wprawdzie w Europie stosunkowo dobrze zarządzano ryzykiem powodzi na obszarach przybrzeżnych, jednak podnoszący się poziom mórz i zmiany wzorców pogodowych związanych z występowaniem sztormów mogą mieć niszczycielski wpływ na ludzi, infrastrukturę i działalność gospodarczą*¹⁷.

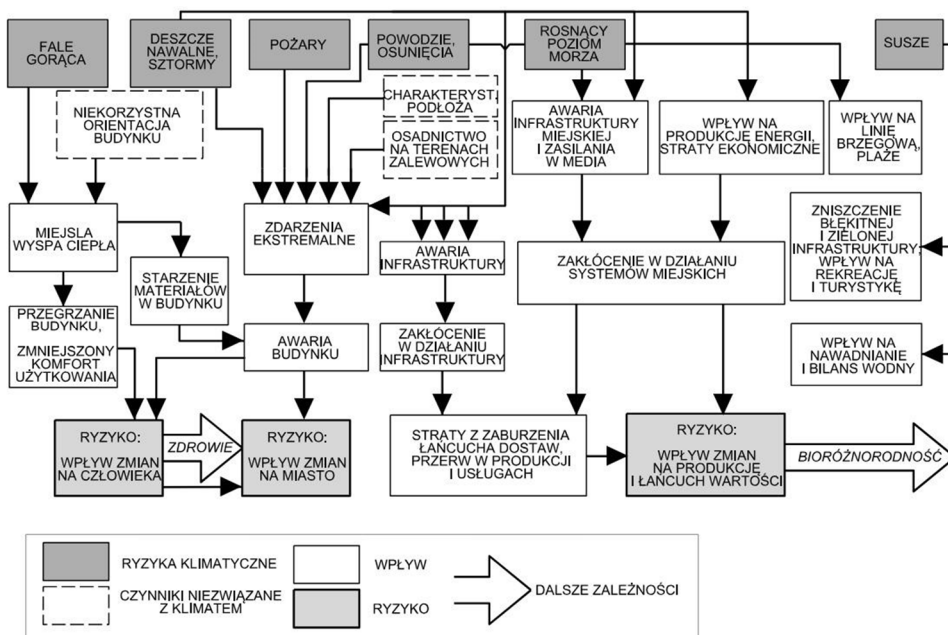
¹⁴ Seneviratne, S. I., op. cit.

¹⁵ Colette A., *Case studies on climate change and world heritage*, UNESCO World Heritage Centre, Paryż 2007, s. 7.

¹⁶ <https://www.eea.europa.eu/publications/european-climate-risk-assessment> [dostęp: 08.06.2024].

¹⁷ Ibidem.

Rys. 3. Łańcuch zależności pomiędzy ryzykami a środowiskiem zabudowanym

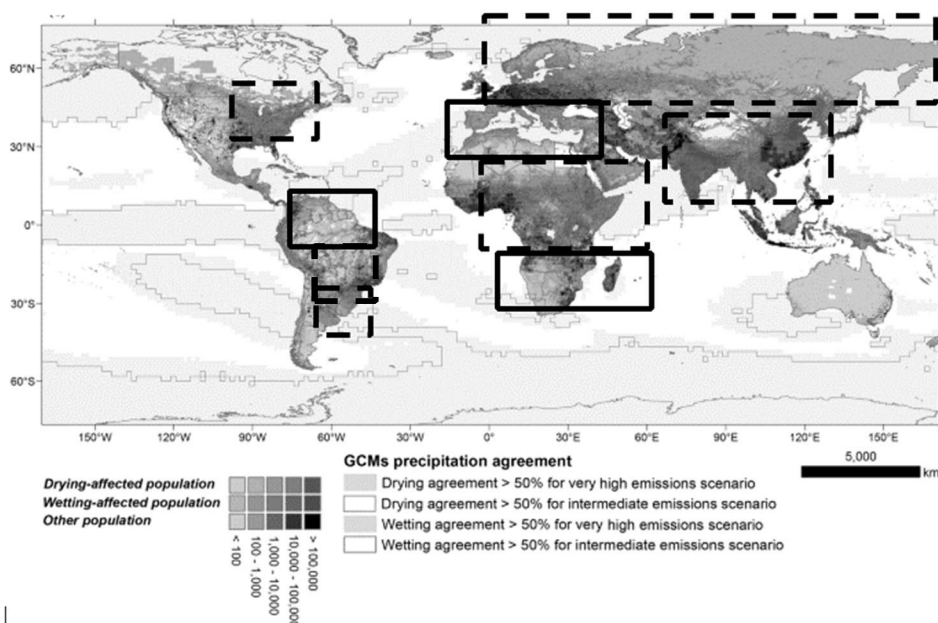


Źródło: opracowanie własne na podstawie: European Climate Risk Assessment (EUCRA), s. 117.

Zdawać by się mogło, że potwierdzeniem tej tezy są zdarzenia o charakterze katastrofalnym, które w okresie maj–czerwiec 2024 r. nawiedziły Europę, w tym również Polskę i wpłynęły znacząco na funkcjonowanie w tym czasie wielu miast. Tendencje te wykazały również zagregowane modele klimatyczne, wskazujące m.in. dla Polski zmiany w charakterystyce zagrożenia powodziowego i zwiększonego bilansu opadów¹⁸ (rys. 4).

¹⁸ Trancoso R., Syktus J., Allan R.P., et al., *Significantly wetter or drier future conditions for one to two thirds of the world's population*, „Nature Communication” 2024, 15; <https://doi.org/10.1038/s41467-023-44513-3>, [dostęp: 08.06.2024].

Rys. 4. Zgodność w zakresie zwiększania opadów i susz wg globalnych modeli cyrkulacji (GCM)



Linia przerywaną oznaczono obszary zgodności modeli GCM w zakresie prognozowanych zwiększonych opadów, linią ciągłą zaznaczono prognozowane zwiększenie efektu suszy.

Źródło: <https://www.nature.com/articles/s41467-023-44513-3/figures/2>, [dostęp: 08.06.2024].

4. Gospodarka obiegu zamkniętego jako narzędzie budowania miejskiej odporności

Polityka zrównoważonego rozwoju, która co do zasady obejmuje szeroki zakres aktywności społecznej, nie może odciąć się od uwarunkowań oraz wypracowanych przez lata modeli społeczno-gospodarczych; byłoby to ryzykowne z punktu widzenia stabilności procesów ekonomicznych w mieście. Dlatego też podejmowanie prób zmiany tego stanu rzeczy obarczone jest dużą dozą nieskuteczności, czego efektem jest częsty brak realnych działań mitygacyjnych i adaptacyjnych, a w konsekwencji – pogłębiający się dynamicznie kryzys klimatyczny, a od pewnego czasu – również surowcowy.

Jak wspomina Grzegorz Haber¹⁹: *efektywność zrównoważonego rozwoju zależy w dużym stopniu od właściwego gospodarowania zasobami: zarówno po stronie*

¹⁹ Drosik A., Heidrich D., Ratajczka M., *Wprowadzenie do zrównoważonego rozwoju*, Wydawnictwo Naukowe Scholar, Warszawa 2022, s. 147.

podaż, w ramach której dba się o odpowiednią dostępność na rynku niezbędnych surowców, prefabrykatów, sił wytwórczych, ale także zabezpiecza się łańcuchy logistyczne i dba o odpowiednie warunki wymiany handlowej, jak i po stronie popytu, gdzie ogromną rolę odgrywają czynniki niezwykle trudno poddające się logice zarządzania.

Wspomniane wyżej cele siódmego raportu podsumowującego Międzyrządowego Panelu ds. Zmian Klimatu²⁰ w zakresie budowy planów adaptacji nierozłącznie wiążą się z międzysektorową integracją z celami zrównoważonego rozwoju i odejściem od gospodarki liniowej na rzecz cyrkularności. Narzędziami do tak definiowanej odporności miejskiej są niewątpliwie Euro-pejski Zielony Ład²¹ oraz instrumenty wykonawcze, jak choćby tzw. „Taksonomia”.

Europejski Zielony Ład to przedstawiony przez Komisję Europejską już w 2019 roku plan zbudowania zrównoważonej gospodarki UE. Zakłada on, że Europa do 2050 roku powinna stać się kontynentem neutralnym dla klimatu, a realizacja tej polityki wymagać będzie transformacji i przewartościowania priorytetów w bardzo wielu dziedzinach aktywności, przede wszystkim transportu, energii, rolnictwa, ale również branży budowlanej oraz takich pokrewnych gałęzi przemysłu, jak przemysł stalowy i cementowy.

Transformacja polskiej gospodarki w kierunku Europejskiego Zielonego Ładu to nie lada wyzwanie; narzędziem wspierającym ten proces jest uchwalony w 2020 r. zbiór regulacji prawnych, zwanych potocznie „Taksonomia”²², która w głównych założeniach ma stymulować działania przeciwdziałające zmianom klimatycznym i wypracowywanie neutralności emisyjnej. Nowe przepisy mają co do zasady zwiększyć poziom ochrony środowiska i klimatu poprzez przekierowanie kapitału z inwestycji szkodzących środowisku na bardziej ekologiczne alternatywy. Taksonomia nie wprowadza zatem zakazu inwestowania w działalność szkodzącą środowisku, ale przyznaje dodatkowe finansowe benefity dla ekologicznych rozwiązań, co w zestawieniu z ideą wolnego rynku może okazać się interesującym narzędziem realizacji celów klimatycznych, postulowanych przez IPCC²³, a określonych w Porozumieniu Paryskim. Warto tu wspomnieć, że taki model mobilizacji względem działań proklimatycznych jest niejako konsekwentnie promowany na arenie międzynarodowej. Jeszcze przed podpisaniem Porozumienia Paryskiego, 10 listopada 2015 r. Rada do Spraw Gospodarczych i Finansowych przyjęła bowiem konkluzję o finansowa-

²⁰ Meinshausen M. i in., op. cit.

²¹ https://commission.europa.eu/strategy-and-policy/priorities-2019-2024/european-green-deal_en, [dostęp: 19.06.2024].

²² Rozporządzenia Parlamentu Europejskiego i Rady (UE) 2020/852 z dnia 18 czerwca 2020 roku w sprawie ustanowienia ram ułatwiających zrównoważone inwestycje.

²³ <https://www.europarl.europa.eu/topics/en/article/20190926STO62270/what-is-carbon-neutrality-and-how-can-it-be-achieved-by-2050> [dostęp 05.02.2024].

niu działań klimatycznych,²⁴ w której uznano, że jest to jeden ze sposobów służących zatrzymaniu globalnego ocieplenia poniżej 2°C oraz transformacji w kierunku niskoemisyjnej gospodarki odpornej na zmianę klimatu.

Do zdefiniowania celów Taksonomii posłużono się następującymi celami środowiskowymi:

- łagodzenie zmian klimatu,
- adaptacja do zmian klimatu,
- zrównoważone wykorzystywanie i ochrona zasobów wodnych i morskich,
- przejście na gospodarkę o obiegu zamkniętym,
- zapobieganie zanieczyszczeniu i jego kontrola,
- ochrona i odbudowa bioróżnorodności i ekosystemów.

Do celów określenia stopnia, w jakim dana inwestycja jest środowiskowo i klimatycznie zrównoważona, ustalono, że aby działalność gospodarcza kwalifikowała się jako zrównoważona środowiskowo, powinna:

- wносить istotny wkład w realizację co najmniej jednego z celów środowiskowych,
- nie wyrządzać poważnych szkód dla żadnego z celów środowiskowych,
- być prowadzona zgodnie z minimalnymi gwarancjami określonymi we właściwych przepisach,
- spełniać techniczne kryteria kwalifikacji, które zostały ustanowione przez Komisję zgodnie z właściwymi przepisami.

Obecnie Techniczne Kryteria Kwalifikacji obejmują zakresem dwa pierwsze, przytoczone wcześniej cele środowiskowe, tj.: łagodzenie zmian klimatu i adaptację do zmian klimatu, a w najbliższych latach, ze względu na palący problem wyczerpywania zasobów krytycznych, obejmą dodatkowo cel 4., tj. przejście na gospodarkę o obiegu zamkniętym. Oznacza to, że każda działalność prędzej czy później spotka się z cyrkularnością – czy to zasobów i ich wykorzystywania, czy przy procesach budowy (w tym rozbudowy, przebudowy).

Z punktu widzenia architektury, wspomniane powyżej cele stanowią ogromne wyzwanie. Należy mieć na uwadze, że kształtowanie przestrzeni obciążone jest ogromną materiałochłonnością. Inwestycje budowlane to przedsięwzięcia wpływające na zużycie zasobów naturalnych już na etapie produkcji materiałów, budowy inwestycji, ale również w fazie jej użytkowania, jak i potencjalnej rozbioru w bliżej nieokreślonym czasie. Każda z tych faz²⁵ jest przyczyną zużycia zasobów nieodnawialnych, jak również źródłem odpadów, gdyż im inwe-

²⁴ Celem finansowania działań przez UE było zapewnienie 100 mld USD rocznie z różnych źródeł, którą to kwotę miałyby zadeklarować do 2020 roku kraje rozwinięte, źródło: <https://www.consilium.europa.eu/en/press/press-releases/2015/11/10/conclusions-climate-finance/> [dostęp 05.02.2024].

²⁵ Felski B., *Tradycyjna architektura gliniana jako narzędzie łagodzenia zmian klimatu. Studium przypadku na podstawie historycznego budownictwa wiejskiego z połowy XIX w.*, „Przestrzeń Ekonomia Społeczeństwo” 2019, nr 16/II. s. 18.

stycja nowocześniejsza, tym, paradoksalnie, zużycie minerałów rzadkich i surowców krytycznych jest większe, a odpady trudniejsze do neutralizacji²⁶. Należy bowiem pamiętać, że surowce naturalne powstawały w skorupie Ziemi w wyniku długotrwałych procesów geologicznych, a wydobywane są w bardzo krótkim czasie, w konkretnym momencie rozwoju ludzkości. W „ludzkiej” skali czasu nie zostaną one odtworzone. Raz wydobyte i przetworzone przynoszą jednak zysk w postaci rozwoju gospodarki, ale również są przyczyną powstawania odpadów, których również nie da się w „ludzkim” czasie zagospodarować. Jak słusznie postuluje Haber²⁷: *brak możliwości absorpcji odpadów stanowi jeden z koronnych argumentów, by kwestię niezależności surowcowej rozpatrywać nie tylko na poziomie podmiotów aktywnie biorących udział w wymianie handlowej tu i teraz, ale także zwraca uwagę na wyobrażenie potencjalnych szkód, które mogą wystąpić dopiero w przyszłości*, co problematykę cyrkularności stawia w zupełnie nowym świetle.

Na szczęście podejmowane są przedsięwzięcia stanowiące dobre przykłady działań z myślą o wykorzystywaniu tego, co już mamy. Polska Fundacja Brda²⁸ zajmuje się architekturą opartą na „reuse”, czyli wykorzystywaniu tych zasobów, które już są „pod ręką”. Jej członkowie odzyskują np. często problematyczne w trakcie rozbiórki okna, składają je i odsprzedają, a osiągnięty zysk przekazują na pomoc wojenną na Ukrainie²⁹.

W podobnym kierunku rozwija się scenariusz działań Unii Europejskiej, związanych z zabezpieczeniem dostępu do zasobów naturalnych, w tym surowców krytycznych³⁰, czego potwierdzeniem jest komunikat Komisji Europejskiej do Parlamentu Europejskiego, Rady Europejskiego Komitetu Ekonomiczno-Społecznego i Komitetu Regionów: Odporność w zakresie surowców krytycznych: wytyczanie drogi do większego bezpieczeństwa i bardziej zrównoważonego rozwoju³¹. W komunikacie tym podniesiono wyraźnie kwestie odejścia od gospodarki liniowej. O ile trudno nie zgodzić się ze stwierdzeniem, że liniowy model ekonomiczny opierając się na ogromnych ilościach dostępnych surowców i energii przyczynił się do skokowego wręcz rozwoju cywilizacji, to poskutkowało też ogromnymi efektami „ubocznymi” w postaci degradacji otoczenia, w którym żyjemy i żyć będą następne pokolenia. Zwiększenie skali gospodarki o obieg zamkniętym będzie miało zatem zasadnicze znaczenie dla osiągnięcia

²⁶ Bartosz D., Kowalski W., *Szacowanie śladu węglowego budynków. Mapa drogowa dekarbonizacji budownictwa do roku 2050*, PLGBC, Gliwice 2022, s. 29.

²⁷ Drosik A., Heidrich D., Ratajczak M., op.cit, s. 149.

²⁸ Fundacja Brda, <https://fundacjabrda.org/> [dostęp: 09.06.2024].

²⁹ Projekt Okno Fundacji Brda <https://fundacjabrda.org/projekty/okno/> [dostęp: 09.06.2024].

³⁰ https://single-market-economy.ec.europa.eu/sectors/raw-materials/areas-specific-interest/critical-raw-materials_en [dostęp: 1.06.2024].

³¹ <https://eur-lex.europa.eu/legal-content/EN/TXT/?uri=CELEX:52020DC0474> [dostęp: 01.06.2024].

neutralności klimatycznej do 2050 r., przy jednoczesnym oddzieleniu wzrostu gospodarczego od wykorzystania zasobów i utrzymaniu wykorzystania zasobów w granicach „wytrzymałości” planety³².

Zdaniem autorów to właśnie stwierdzenie jest kluczowe w kontekście przyszłości zabudowanych przestrzeni, jakimi są miasta. Nie da się wszak funkcjonować w mieście, które się nie rozwija; nawet jeśli skuteczne wdrożenie paradygmatów zrównoważonego rozwoju okazałoby się faktem³³, to cyrkularność miejska będzie wyzwaniem najbliższych dekad.

Wiele z promowanych obecnie rozwiązań, mogących być narzędziem implementacji gospodarki obiegu zamkniętego, to rozwiązania opierające się na zasadzie "*Natural Based Infrastructure*"³⁴, promowanej przez UNEP³⁵ jako rozwiązania o dużym potencjale łagodzenia zmian klimatu (nie bez znaczenia jest fakt, że są to rozwiązania stawiające przyrodę ożywioną jako podmiot względem architektury, kończąc z jej przedmiotową rolą w przestrzeni zurbanizowanej). Potwierdzeniem tej tendencji jest przyjęty przez Radę ds. Środowiska (ENVI) Rady Unii Europejskiej w dniu 17 czerwca 2024 roku akt prawny „*Nature Restoration Law*”³⁶, który w sposób formalny i kompleksowy zabezpiecza odbudowę europejskich systemów przyrodniczych. Zgodnie z ustanowionym prawem aby osiągnąć ogólne cele UE, państwa członkowskie muszą do 2030 r. odtworzyć co najmniej 30% siedlisk objętych nowymi przepisami (od lasów, użytków zielonych i terenów podmokłych po rzeki, jeziora i siedliska koralowców) ze złego do dobrego, a następnie do 60% do 2040 roku i 90% do 2050

³² Granice planetarne opracowane zostały przez Stockholm Resilience Centre dla pięciu generacji w przód, a i tak są już przekroczone: <https://www.stockholmresilience.org/research/planetary-boundaries.html> [dostęp: 09.06.2024].

³³ Spośród 42 wskaźników zrównoważonego rozwoju, których osiągnięcie miałyby być środkiem do realizacji założeń Porozumienia Paryskiego, aż 41 stoi obecnie w obliczu niepowodzenia, a 30 z nich jest „poza skalą”, Felski B., *Architektura nowej rzeczywistości. Adaptacja miast do zmian klimatu*, „Biznes na rzecz zmian” 2023, UPEP/GRID-Warszawa, Warszawa 2024., s. 50; Boehm S.L., Jeffery J., Hecke C., Schumer J., Jaeger C. i inni, *State of Climate Action 2023*, Berlin and Cologne, Germany, San Francisco, CA, and Washington, DC, Bezos Earth Fund, Climate Action Tracker, Climate Analytics, Climate Works Foundation, New Climate Institute, the United Nations Climate Change High-Level Champions, and World Resources Institute, 2023, <https://doi.org/10.46830/wrirpt.23.00010>.<https://doi.org/10.46830/wrirpt.23.00010>, s. 172–173.

³⁴ <https://wedocs.unep.org/20.500.11822/44022> [dostęp 29.11.2023].

³⁵ Felski B., *Architektura nowej rzeczywistości...*, s. 44.

³⁶ <https://www.europarl.europa.eu/news/en/press-room/20240223IPR18078/nature-restoration-parliament-adopts-law-to-restore-20-of-eu-s-land-and-sea#:~:text=The%20new%20law%20sets%20a%20target%20for%20the,climate%20and%20biodiversity%20objectives%20and%20enhance%20food%20security>, [dostęp: 19.06.2024].

roku. Jest to działanie mające na celu zwiększenie odporności i bioróżnorodności budowanych na bazie rozwiązań naturalnych³⁷.

5. Dyskusja: Architektura-Natura; modele odporności urbanistycznej

Choć miasto, jako organizm wyrosły z przestrzeni naturalnej, przez wieki stawiane było wyżej w hierarchii wartości niż otoczenie przyrodnicze, to współczesne projektowanie i zarządzanie miastami wykazuje świadomy trend w kierunku powrotu do podmiotowych relacji w zakresie Architektura-Natura, jasno kwantyfikując usługi ekosystemów pełnione względem mieszkańców i miast. Warto zatem zastanowić się, jak ta sytuacja odnosi się do tkanki miejskiej. Kluczowym w zrozumieniu złożoności omawianej problematyki jest fakt, że substancja architektoniczna z reguły realizowana jest przez wiele dziesięcioleci. Miasta powstawały przez wieki, a ich geneza sięga przeważnie zamierzonych czasów. Ta historyczna substancja powstawała w realiach zgoła odmiennych niż obecne – w czasie, gdy zmiany klimatu nie były realnym zagrożeniem dla substancji miejskiej, a obecnie wymaga się od niej mitygacji współczesnych wyzwań.

Miasto jako organizm powstały w oparciu o gospodarkę liniową, musi obecnie stawić czoła nowym wyzwaniom klimatycznym i ekonomicznym określanym mianem gospodarki obiegu zamkniętego. Wymaga to zmiany myślenia o przestrzeni zurbanizowanej i przewartościowania społecznych priorytetów. Będąc połączeniem przestrzeni statycznej oraz żywego organizmu, jest tkanką osadzoną w kontekście historycznym, pełniącą usługi względem użytkowników w czasie teraźniejszym, a od której oczekuje się elastyczności i adekwatności względem problemów klimatycznych przyszłości. W kontekście miast rodzi się zatem kilka pytań, między innymi:

- Czy ich zabezpieczenie stoi w konflikcie z interesami mieszkańców i podmiotów gospodarczych?
- Jak wykorzystać ukryty potencjał użytkowania istniejących elementów miejskich do zapewnienia odporności aglomeracji?

Z punktu widzenia mitygacji problemów niezbilansowanego budżetu węglowego, będących główną przyczyną intensyfikujących się zmian klimatu, środowisko przyrodnicze pełni bardzo ważną rolę. Zdaniem autorów uzmysłwienie sobie, że przyroda ożywiona to rodzaj biocenozy, a rolę biotopu pełni współczesna przestrzeń zabudowana, pozwoliłoby na nowo przededefiniować zależności pomiędzy naturą i architekturą, odbierając ją jako spójny i stabilny ekosystem, w którym oba te elementy są względem siebie podmiotowe (nie przedmiotowe). Wspomniana zieleń w kontekście rozwoju (jakkolwiek zrównoważonego i odpornego) miasta, to element sekwestrujący emisje dwutlenku węgla, będące konsekwencją aktywności społecznej mieszkańców.

³⁷ <https://wedocs.unep.org> [dostęp: 29.11.2023].

W obliczu gwałtownie zmieniającego się klimatu, miasta na całym świecie stają przed wyzwaniem zapewnienia swoim mieszkańcom bezpieczeństwa i dobrej jakości życia. Odporność urbanistyczna staje się tu kluczowym elementem strategii miejskich. W kontekście tych wyzwań, gospodarka obiegu zamkniętego³⁸ (GOZ) (ang. circular economy) oraz opisana wcześniej Taksonomia UE oferują ramy, które mogą wspierać zrównoważony rozwój miast i stosunkowo nowe, lecz niezwykle istotne w kontekście planów adaptacji do zmian klimatu – odporności urbanistycznej. Oprócz dążenia do zrównoważonego rozwoju dla przyszłych pokoleń w kontekście zmian klimatycznych, kluczowe jest zapewnienie odporności miast na różnorodne zagrożenia w czasie rzeczywistym, dla bezpieczeństwa pokoleń obecnych. Fundacja Rockefellera zdefiniowała ją w następujący sposób: *Odporność to zdolność jednostek, społeczności i systemów do przetrwania, przystosowania się i rozwoju w obliczu stresu i wstrząsów, a nawet do transformacji, gdy wymagają tego warunki*³⁹. Element transformacji jest tu kluczowy, gdyż zapewnia stały rozwój i innowacje. Jest to stosunkowo nowe pojęcie, ale już powszechnie rozumiane przez lokalne administracje, które tworzą strategie miast odpornych, jak na przykład Kopenhaga w Danii, Sztokholm w Szwecji czy Lille we Francji.

Przykładem działania w ramach GOZ, które zwiększa wspomnianą przez autorów odporność urbanistyczną jest wykorzystywanie zewnętrznych pierzei i dachów budynków. Projekty, takie jak intensywne zielone dachy, nie tylko zwiększają powierzchnię zielonych przestrzeni w ściśle zabudowanej tkance miejskiej, ale także zapewniają lepszą izolację budynku, zmniejszając koszty ogrzewania zimą i chłodzenia latem, ale i wspierają retencję wody deszczowej, redukując ryzyko powodzi i dając możliwość wykorzystania jej w codziennym funkcjonowaniu⁴⁰.

³⁸ Sobol A., *Circular economy in sustainable development of cities*, "Economics and Environment" 2019, 71(4), 12–12.

³⁹ <https://www.rockefellerfoundation.org/wp-content/uploads/City-Resilience-Framework-2015.pdf>, [dostęp: 08.06.2024].

⁴⁰ Lewko A., *Strategia tworzenia wielofunkcyjnych dachów w Gdańsku Oliwie w kontekście doświadczeń miasta Rotterdam*, Politechnika Gdańska, Gdańsk 2024.

Rys. 5. DakAkker w Rotterdamie NL, wykorzystano tu powierzchnię dachu do podniesienia poziomu bioróżnorodności, przechwytywania wody opadowej, jak i funkcjonowania farmy urbanistycznej, z której produkty trafiają prosto na talerz klientów kafejki na dachu



Źródło: fotografia własna.

Takie wielofunkcyjne podejście pokazuje, jak działania na rzecz cyrkularności i gospodarki obiegu zamkniętego mogą jednocześnie zwiększyć samowystarczalność danego przedsiębiorstwa oraz zwiększać odporność klimatyczną i ekologiczną⁴¹. Wprowadzenie zasad gospodarki obiegu zamkniętego w miastach to krok w kierunku zrównoważonego i odpornego rozwoju. Administracje miejskie powinny dążyć do integracji GOZ we wszystkich obszarach polityki miejskiej, a firmy muszą dostosować swoje modele biznesowe do nowych wymogów taksonomii UE. Tylko poprzez skoordynowane działania na wielu poziomach możliwe będzie stworzenie miast odpornych na przyszłe wyzwania klimatyczne i gospodarcze. Pomocne przy tym będzie odwołanie się do najbardziej rozpoznawalnych ram wykorzystywanych przy modelowaniu miast. Jest to opracowany przy pomocy biura Arup w 2014 City Resilience Frame-

⁴¹ Cykularność i odporność substancji miejskiej jest w centrum zainteresowania wielu systemów oceny, w tym wielokryterialnego systemu Level(s), budującego europejskie ramy na rzecz zrównoważonego budownictwa: https://environment.ec.europa.eu/topics/circular-economy/levels_en [dostęp: 24.05.2024].

work⁴²; wyróżniono w nim 4 grupy, 12 wskaźników i 7 cech, których zastosowanie ukierunkuje rozwój aglomeracji w stronę poprawnie funkcjonującego odpornego miasta i pomoże w tworzeniu odpowiednich dla regionu strategii. Oprócz ram, bardzo przyszłościowe okazują się też narzędzia takie jak Green Factor Tool⁴³, Green City Calculator⁴⁴ czy holenderska symulacja Deltares⁴⁵. Odpowiednio wspomagają one planowanie przestrzenne i zarządzanie środowiskowe w miastach poprzez bezpośrednią analizę emisji CO₂, ocenę zużycia energii i wody, czy nawet monitorowanie stanu wód powierzchniowych uczulając na zagrożenia ze strony podnoszącego się poziomu wód. Narzędzia takie nie tylko monitorują, ale i identyfikują potencjalnie problematyczne obszary, proponując adekwatne ulepszenia, sposoby oszczędności i usprawnienia infrastrukturalne. Wspomniane modele przyczyniają się do kreowania przestrzeni w najbardziej optymalny sposób, zapewniając szereg oszczędności materialnych, ale najlepszą korzyścią stosowania tego typu rozwiązań jest unikanie ślepych działań politycznych i podejmowanie decyzji opartych na twardych danych.

Opisywanego w niniejszym artykule zrównoważenia nie byłoby bez odporności i na odwrót: podczas gdy władze miast starają się zapewniać rozwój z myślą o poszanowaniu środowiska dla przyszłych pokoleń, muszą też zwracać uwagę, by wprowadzane zmiany były odporne na różnego rodzaju zagrożenia również dla pokoleń żyjących obecnie. Balans ten świetnie dostrzegalny jest w Rotterdamie – mieście z długą historią walki z wodą. Od lat wdraża się w nim strategię mającą na celu nie tylko ochronę przed powodzią, ale także zwiększenie bioróżnorodności oraz poprawę jakości życia mieszkańców⁴⁶. W Strategii Odporności 2027⁴⁷ dla miasta Rotterdam uwzględniono siedem filarów, które wzajemnie się uzupełniają: odporność klimatyczna, ekologiczna, energetyczna, społeczna, ekonomiczna, cyfrowa oraz instytucjonalna. Stanowią one holistyczny pogląd na konieczne udoskonalenia w każdym z sektorów i pokry-

⁴² Index C.R., *City resilience framework*, The Rockefeller Foundation and ARUP, 2014, 928.

⁴³ Bush J., Ashley G., Foster B., & Hall G., *Integrating green infrastructure into urban planning: Developing Melbourne's green factor tool*, "Urban Planning" 2021, 6(1), 20-31.

⁴⁴ Mass W., Thackara J., *Green Dream: How future cities can outsmart nature*, NAI Publishers 2010.

⁴⁵ Van de Ven, F.H., Snep R.P., Koole S., Brolsma R., van der Brugge R., Spijker J., & Vergroesen T., *Adaptation Planning Support Toolbox: Measurable performance information based tools for co-creation of resilient, ecosystem-based urban plans with urban designers, decision-makers and stakeholders*, "Environmental Science & Policy" 2016, 66, 427-436.

⁴⁶ Lewko A., op. cit.

⁴⁷ <https://s3.eu-central-1.amazonaws.com/storage.resilientrotterdam.nl/storage/2022/09/09093215/Resilient-Rotterdam-Strategy-2022-2027.pdf> [dostęp 24.05.2024].

wają się *de facto* z ogólnie uznawanymi obszarami wymaganych działań zabezpieczających i mitygacji przyszłych zmian klimatu.

Taka integracja zasad gospodarki obiegu zamkniętego (GOZ) ze strategiami urbanistycznymi może znacząco zwiększyć odporność poszczególnych jednostek, jak i całych miast na zmiany klimatu. Na przykład działania związane z recyklingiem i ponownym użyciem materiałów budowlanych mogą zmniejszyć emisję CO₂ i zmniejszyć obciążenie naturalnych zasobów, co jest kluczowe dla odporności ekologicznej i energetycznej. Ponadto promowanie lokalnych inicjatyw gospodarczych, które wpisują się w model GOZ, może wzmocnić odporność ekonomiczną i społeczną poprzez tworzenie miejsc pracy i zmniejszenie nierówności. Jednym z kryteriów GOZ odpowiadającym zagadnieniom związanym z odpornością klimatyczną (i możliwym do realizowania w strukturze tkanki miejskiej) jest wytwarzanie alternatywnych zasobów wodnych do celów innych niż konsumpcja (np. przechwytywanie wody opadowej do ponownego wykorzystania; woda szara), odzysk bioodpadów w drodze fermentacji beztlenowej lub kompostowania (np. ogrody społeczne), wznoszenie nowych budynków (np. z wykorzystaniem architektury cyrkularnej), renowacja budynków, rozbiórka i demontaż zamiast wyburzania budynków, co pozwoliłoby na zagospodarowanie pozostałych materiałów budowlanych, dalsza odsprzedaż i recykling), czy też w szerszym kontekście – zmiana podejścia do własności materiałów (w niektórych krajach testuje się "wypożyczenie" materiałów budowlanych na czas istnienia budynku, zamiast ich sprzedaży, co pozwala na wdrożenie prostszej procedury „powrotu do właściciela”, a więc łatwiejszy recykling i ponowne użycie⁴⁸).

⁴⁸ Koncepcja BAMB (*Building As Material Bank*) zakłada, że wartość budynków tradycyjnie określa się na podstawie ich powierzchni użytkowej, lokalizacji i gruntów, na których się one znajdują, cech architektonicznych oraz ich możliwych zastosowań. Ale część wartości końcowej budynku wynika także z wartości materiałów, z których jest on wykonany.

Rys. 6. Dach Biblioteki Uniwersytetu Warszawskiego – przechwytywanie wody opadowej, retencja oraz zastosowanie rekreacyjne



Źródło: fotografia własna.

6. Zakończenie

Refleksja nad kluczowym znaczeniem integracji zasad gospodarki obiegu zamkniętego z miejskimi strategiami zrównoważonego rozwoju i budowania odporności miejskiej, zwraca uwagę na konieczność przemyślenia zarządzania zasobami naturalnymi, a także na adaptację istniejących struktur miejskich do współczesnych wyzwań klimatycznych. Wskazuje to na potrzebę systematycznych i systemowych działań, które mogą przyczynić się do zmniejszenia emisji CO₂ zarówno z fazy operacyjnej budynku, jak i wbudowanego śladu węglowego, a w kontekście szerszym – promowania lokalnych inicjatyw gospodarczych oraz zwiększenia odporności ekologicznej, społecznej i ekonomicznej miast. Przedstawione w ramach studium przypadku rozwiązania pokazują, że ostatecznie, efektywne zarządzanie zasobami oraz przemyślana transformacja substancji miejskiej są, zdaniem autorów, jedynym słusznym

rozwiązaniem w dobie kryzysu klimatycznego. Jak określił Buckminster Fuller: *nie mamy więcej niż to, co ma dla nasz statek kosmiczny Ziemia*⁴⁹.

Bibliografia

1. *Adoption of The Paris Agreement*, Framework Convention on Climate Change, Paryż 2015.
2. Bartosz D., Kowalski W., *Szacowanie śladu węglowego budynków. Mapa drogowa dekarbonizacji budownictwa do roku 2050*, PLGBC, Gliwice 2022.
3. Bush J., Ashley G., Foster B., & Hall G., *Integrating green infrastructure into urban planning: Developing Melbourne's green factor tool*, "Urban Planning" 2021, 6(1), 20-31.
4. Boehm S.L., Jeffery J., Hecke C., Schumer J., Jaeger C. i inni, *State of Climate Action 2023*, Berlin and Cologne, Germany, San Francisco, CA, and Washington, DC, Bezos Earth Fund, Climate Action Tracker, Climate Analytics, Climate Works Foundation, New Climate Institute, the United Nations Climate Change High-Level Champions, and World Resources Institute, 2023, <https://doi.org/10.46830/wrirpt.23.00010>.
5. Colette A., *Case studies on climate change and world heritage*, UNESCO World Heritage Centre, Paryż 2007.
6. Drosik A., Heidrich D., Ratajczka M., *Wprowadzenie do zrównoważonego rozwoju*, Wydawnictwo Naukowe Scholar, Warszawa 2022.
7. Felski B., *Architektura nowej rzeczywistości. Adaptacja miast do zmian klimatu*, Biznes na rzecz zmian 2023, UPEP/GRID-Warszawa, Warszawa 2024.
8. Felski B., *Tradycyjna architektura gliniana jako narzędzie łagodzenia zmian klimatu. Studium przypadku na podstawie historycznego budownictwa wiejskiego z połowy XIX w.*, „Przestrzeń Ekonomia Społeczeństwo” 2019, nr 16/II.
9. Fuller R.B., *Operating Manual for Spaceship Earth*, Lars Müller Publishers, Zurich 2018.
10. <https://climate.copernicus.eu/copernicus-2023-hottest-year-record> [dostęp: 29.05.2023].
11. https://commission.europa.eu/strategy-and-policy/priorities-2019-2024/european-green-deal_en [dostęp: 19.06.2024].
12. <https://www.consilium.europa.eu/en/press/press-releases/2015/11/10/conclusions-climate-finance/> [dostęp: 05.02.2024].

⁴⁹ Fuller R.B., *Operating Manual for Spaceship Earth*, Lars Müller Publishers, Zurich 2018 [I wyd. 1969], s. 55–56.

13. https://environment.ec.europa.eu/topics/circular-economy/levels_en [dostęp: 24.05.2024].
14. <https://www.europarl.europa.eu/news/en/press-room/20240223IPR18078/nature-restoration-parliament-adopts-law-to-restore-20-of-eu-s-land-and-sea> [dostęp: 19.06.2024].
15. <https://gml.noaa.gov/ccgg/trends/monthly.html> [dostęp: 07.06.2024].
16. <https://www.eea.europa.eu/publications/european-climate-risk-assessment> [dostęp: 08.06.2024].
17. <https://www.europarl.europa.eu/news/en/press-room/20230414IPR80120/fit-for-55-parliament-adopts-key-laws-to-reach-2030-climate-target> [dostęp: 29.05.2024].
18. <https://www.europarl.europa.eu/topics/en/article/20190926STO62270/what-is-carbon-neutrality-and-how-can-it-be-achieved-by-2050> [dostęp: 05.02.2024].
19. <https://eur-lex.europa.eu/legal-content/EN/TXT/?uri=CELEX:52020DC0474> [dostęp: 01.06.2024].
20. <https://www.rockefellerfoundation.org/wp-content/uploads/City-Resilience-Framework-2015.pdf> [dostęp: 08.06.2024].
21. https://single-market-economy.ec.europa.eu/sectors/raw-materials/areas-specific-interest/critical-raw-materials_en [dostęp: 01.06.2024].
22. <https://s3.eu-central-1.amazonaws.com/storage.resilientrotterdam.nl/storage/2022/09/09093215/Resilient-Rotterdam-Strategy-2022-2027.pdf> [dostęp: 24.05.2024].
23. <https://wedocs.unep.org/20.500.11822/44022> [dostęp: 29.11.2023].
24. Index C. R., *City resilience framework*, The Rockefeller Foundation and ARUP, 2014, 928.
25. IPCC, 2021: *Climate Change 2021: The Physical Science Basis. Contribution of Working Group I to the Sixth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change*, Masson-Delmotte V., P. Zhai, A. Pirani, S.L. Connors, C. Péan, S. Berger, N. Caud, Y. Chen, L. Goldfarb, M.I. Gomis, M. Huang, K. Leitzell, E. Lonnoy, J.B.R. Matthews, T.K. Maycock, T. Waterfield, O. Yelekçi, R. Yu, and B. Zhou (eds.), Cambridge University Press, Cambridge, United Kingdom and New York, USA, In press, doi:10.1017/9781009157896.
26. Lewko A., *Strategia tworzenia wielofunkcyjnych dachów w Gdańsku Oliwie w kontekście doświadczeń miasta Rotterdam*, Politechnika Gdańska, Gdańsk 2024.

27. Mass W., Thackara J., *Green Dream: How future cities can outsmart nature*, NAI Publishers 2010.
28. Meinshausen M., Schleussner C.-F., Beyer K., Bodeker G., Boucher O., et al., *A perspective on the next generation of Earth system model scenarios: towards representative emission pathways (REPs)*, „Geoscientific Model Development” 2024, 17.
29. Niezabitowska D., *Metody i techniki badawcze w architekturze*, Wydawnictwo Politechniki Śląskiej, Gliwice 2014.
30. Rozporządzenia Parlamentu Europejskiego i Rady (UE) 2020/852 z dnia 18 czerwca 2020 roku w sprawie ustanowienia ram ułatwiających zrównoważone inwestycje.
31. Seneviratne S.I., Wartenburger R., Guillod B.P., Hirsch A.L., Vogel M.M., i inni, *Ekstremalne warunki klimatyczne, sprzężenia zwrotne między lądem a klimatem i wymuszanie użytkowania gruntów w temperaturze 1,5 °C*, „Philosophical Transactions: Mathematical, Physical and Engineering Sciences” 2018, 376, 20160450, <https://doi.org/10.1098/rsta.2016.0450>.
32. Sobol A., *Circular economy in sustainable development of cities*, “Economics and Environment” 2019, 71(4), 12–12.
33. Trancoso R., Syktus J., Allan R.P., et al., *Significantly wetter or drier future conditions for one to two thirds of the world’s population*, „Nature Communication” 2024, 15.
34. Van de Ven F.H., Snep R.P., Koole S., Brolsma R., van der Brugge R., Spijker J., & Vergroesen T., *Adaptation Planning Support Toolbox: Measurable performance information based tools for co-creation of resilient, ecosystem-based urban plans with urban designers, decision-makers and stakeholders*, “Environmental Science & Policy” 2016, 66, 427–436.

Informacje o autorach:

inż. Aleksandra Lewko
 Wydział Architektury,
 Politechnika Gdańska, Polska,
 Master’s Programme Spatial Planning,
 e-mail: lewkoalexandra@gmail.com

dr inż. arch. Bartosz Felski
 Sopotcka Akademia Nauk Stosowanych,
 Wydział Architektury Inżynierii i Sztuki, Polska
 e-mail: felski.bartek.cam@gmail.com