ZIELONA INFRASTRUKTURA
Koncepcja i zastosowania












ZIELONA INFRASTRUKTURA
Koncepcja i zastosowania

Redakcja naukowa:

Renata Giedych
Agata Cieszewska
Agnieszka Sosnowska

Wydawnictwo SGGW
Warszawa 2026

Recenzenci:
prof. dr hab. Barbara Szulczewska – Instytut Rozwoju Miast i Regionów, Polska
dr inż. Agata Pawłat-Zawrzykraj – Szkoła Główna Gospodarstwa Wiejskiego w Warszawie, Polska

Autorzy:
Agata Cieszewska – Szkoła Główna Gospodarstwa Wiejskiego w Warszawie, Polska (redakcja naukowa; rozdziały: 2, 3, 6, 7, 8)
Vera Dian Damayanti – IPB University, Indonezja (rozdział 5)
Beata Dreksler – American University of Beirut, Liban (rozdział 8)
Renata Giedych – Szkoła Główna Gospodarstwa Wiejskiego w Warszawie, Polska (redakcja naukowa; rozdziały: 1, 2, 3, 4, 5, 9)
Akhmad Arifin Hadi – IPB University, Indonezja (rozdziały: 1, 3)
Martyna Kaniewska-Gołek – Szkoła Główna Gospodarstwa Wiejskiego w Warszawie, Polska (rozdziały: 6, 8)
Wojciech Lewandowski – Szkoła Główna Gospodarstwa Wiejskiego w Warszawie, Polska (rozdziały: 7, 8)
Gabriela Maksymiuk – Szkoła Główna Gospodarstwa Wiejskiego w Warszawie, Polska (rozdziały: 3, 6)
Prita Indah Pratiwi – IPB University, Indonezja (rozdział 5)
Agnieszka Sosnowska – Szkoła Główna Gospodarstwa Wiejskiego w Warszawie, Polska (redakcja naukowa; rozdziały: 7, 8)
Syartinilia Wijaya – IPB University, Indonezja (rozdział 5)

CC BY 4.0
Materiał jest udostępniony na licencji Creative Commons Uznanie autorstwa CC BY 4.0
Creative Commons Attribution 4.0 International License
Materiał opracowany w związku z realizacją projektu „Polsko-indonezyjskie podwójne studia magisterskie z architektury krajobrazu. »Architektura krajobrazu w warunkach planetarnych zmian klimatu«" nr NAWA BPI/KAT/2024/1/00007.

ISBN: 978-83-8237-317-2

Wydawnictwo SGGW
ul. Nowoursynowska 161, 02-787 Warszawa
tel. 22 593 55 23 (-27 – sprzedaż)
e-mail: wydawnictwo@sggw.edu.pl
www.wydawnictwo.sggw.edu.pl

Wydawnictwo SGGW
Wydawnictwosggw

SPIS TREŚCI

1. Wstęp 5

2. Zielona infrastruktura: historyczne fundamenty koncepcji i jej ujęcia współczesne 8
2.1. Uzdrawiająca rola natury w mieście przemysłowym i znaczenie reform społecznych 9
2.2. Planowanie ekologiczne i rozwój myślenia sieciowego 12
2.3. Usługi ekosystemowe i integracja społeczno-ekologiczna 15
2.4. Odporność i adaptacyjne ramy środowiskowe 18

3. Wieloaspektowe rozumienie koncepcji zielonej infrastruktury 22
3.1. Ujęcie sieciowe 23
3.2. Ujęcie hydrologiczne (gospodarowanie wodą opadową) 25
3.3. Ujęcie zintegrowane 27
3.4. Od koncepcji do paradygmatu i praktyki wdrożeniowej 28
3.5. Kontekst i zastosowania koncepcji zielonej infrastruktury w Polsce 30
3.6. Kontekst i zastosowania koncepcji zielonej infrastruktury w Indonezji 34

4. Wdrażanie zielonej infrastruktury 44
4.1. Międzynarodowe ramy wspierające rozwój zielonej infrastruktury 45
4.2. Narzędzia wdrażania zielonej infrastruktury 49
4.3. Zasady zielonej infrastruktury 54

5. Znaczenie zielonej infrastruktury dla dobrostanu społecznego, odporności środowiska i zrównoważonego rozwoju 66
5.1. Korzyści płynące z wykorzystania zielonej infrastruktury 66
5.2. Wspieranie zdrowia i dobrego samopoczucia przez zieloną infrastrukturę 70
5.3. Zielona infrastruktura jako podstawa rozwoju zdrowych i odpornych miast 76

6. Specyfika rozwoju zielonej infrastruktury w różnych skalach i kontekstach przestrzennych 86
6.1. Wieloskalowość zielonej infrastruktury 87
6.2. Kluczowe skale przestrzenne zielonej infrastruktury 92
6.3. Typologie elementów zielonej infrastruktury w zależności od skali 94
6.4. Wyzwania związane z rozwojem zielonej infrastruktury w kontekście miejskim, podmiejskim i wiejskim 96

7. Specyfika rozwoju zielonej infrastruktury w różnych strefach klimatycznych **120**
7.1. Historia i główne założenia klasyfikacji klimatów Ziemi według Köppena 120
7.2. Podział Ziemi na strefy klimatyczne 121
7.3. Charakterystyka typów klimatu tropikalnego (A) 122
7.4. Charakterystyka typów klimatu suchego (B) 128
7.5 Charakterystyka typów klimatu umiarkowanego ciepłego (C) 132
7.6. Charakterystyka typów klimatu kontynentalnego (D 140
7.7. Charakterystyka typów klimatu polarnego (E) 146
7.8. Charakterystyka typów klimatu wysokogórskiego (H) 149

8. Studia przypadków z różnych regionów świata dotyczące praktyk z zakresu zielonej infrastruktury **153**
8.1. Wielkoskalowe systemy zielonej infrastruktury 155
8.2. Miejskie systemy zielonej infrastruktury 173

9. Uwagi końcowe **199**

1. WSTĘP

W obliczu dynamicznej urbanizacji, postępujących zmian klimatu oraz rosnącej presji wywieranej na zasoby naturalne miasta i regiony stają przed koniecznością redefinicji sposobów planowania, projektowania i zarządzania przestrzenią. Jedną z kluczowych postaw odpowiadających na te wyzwania jest koncepcja zielonej infrastruktury (ZI, ang. *green infrastructure*, GI), wskazywana w literaturze jako istotne ramy kształtowania zrównoważonych i odpornych krajobrazów (Al Faraby i in., 2004; Ying i in., 2022). Pojęcie to odnosi się do sieci powiązanych terenów zieleni oraz naturalnych i półnaturalnych ekosystemów, które wspólnie podtrzymują ekologiczne, społeczne i ekonomiczne funkcje regionu. Jako zintegrowane narzędzie planistyczne zielona infrastruktura łączy ochronę środowiska z rozwojem przestrzennym, tworząc podstawy krajobrazu adaptacyjnego i regeneratywnego.

W odróżnieniu od infrastruktury szarej, opartej głównie na rozwiązaniach technicznych oraz dużej ingerencji w środowisko, zielona infrastruktura akcentuje komplementarność elementów przyrodniczych – terenów zielonych i wodnych – oraz rozwiązań projektowych przyjaznych środowisku (Al Faraby i in., 2004). Jej nadrzędnym celem jest budowa zrównoważonego systemu przestrzennego zdolnego do reagowania na zmiany klimatyczne, presję urbanizacyjną oraz przemiany społeczno-gospodarcze, przy jednoczesnym zachowaniu wysokiej jakości środowiska i wzmacnianiu dobrostanu człowieka poprzez dostarczanie usług ekosystemowych (Ying i in., 2022).

Korzyści wynikające z wdrażania zielonej infrastruktury mają wymiar zarówno ekologiczny, jak i społeczno-ekonomiczny. W aspekcie środowiskowym rozwiązania oparte na naturze – takie jak ogrody deszczowe, niecki bioretencyjne czy sieci zieleni miejskiej – zwiększają retencję wód opadowych, ograniczają ryzyko powodzi, poprawiają jakość powietrza, obniżają temperaturę w miastach oraz wspierają bioróżnorodność (Wang i in., 2024; Kim i Kim, 2025). W wymiarze społecznym i gospodarczym zielona infrastruktura przyczynia się do tworzenia zdrowych przestrzeni publicznych, zwiększa komfort życia oraz może wzmacniać bezpieczeństwo żywnościowe poprzez rozwój rolnictwa miejskiego i innych form wykorzystania usług ekosystemowych w strukturze miasta (Al Faraby i in., 2024; Fauzia i in., 2024). Tym samym stanowi ona narzędzie nie tylko ochrony środowiska, lecz także wspierania rozwoju społecznego i gospodarczego (Ying i in., 2022; Kim i Kim, 2025).

Choć implementacja zielonej infrastruktury wiąże się z określonymi ograniczeniami – takimi jak zapotrzebowanie na przestrzeń, koszty utrzymania czy czas niezbędny do osiągnięcia pełnej funkcjonalności, szczególnie na

obszarach o wysokiej gęstości zabudowy (Faraby i in., 2004) – jej długofalowe walory ekologiczne i społeczne czynią ją strategiczną odpowiedzią na problemy urbanizacji, zanieczyszczenia środowiska oraz zmian klimatu (Kim i Kim, 2025; Ying i in., 2022).

W niniejszej książce podjęto zarówno teoretyczne, jak i praktyczne aspekty omawianej koncepcji. W kolejnych rozdziałach przedstawiono genezę zielonej infrastruktury oraz kluczowe idee, które ukształtowały jej rozwój. Zaprezentowano różnorodne perspektywy interpretacyjne, ramy wdrażania oraz znaczenie zielonej infrastruktury dla zrównoważonego rozwoju, odporności środowiskowej i dobrostanu społeczeństw.

Istotnym elementem publikacji jest analiza kształtowania zielonej infrastruktury w różnych skalach przestrzennych i kontekstach środowiskowych, z uwzględnieniem odmiennych stref klimatycznych oraz specyficznych wyzwań związanych z jej rozwojem. Podręcznik zawiera również studia przypadków, które ilustrują, w jaki sposób założenia teoretyczne przekładają się na praktykę planistyczną i projektową.

Publikacja została przygotowana z myślą o studentach architektury krajobrazu oraz kierunków pokrewnych. Łącząc refleksję koncepcyjną z przykładami zastosowań, ma ona wspierać rozwój krytycznego myślenia oraz kompetencji projektowych zorientowanych na rozwiązywanie problemów. Celem książki jest wyposażenie czytelnika w wiedzę pozwalającą zrozumieć złożoność zielonej infrastruktury i przełożyć ją na strategie wdrożeniowe odpowiadające na współczesne wyzwania, takie jak zmiany klimatu, urbanizacja czy utrata bioróżnorodności, a tym samym inspirować do odpowiedzialnego i innowacyjnego kształtowania krajobrazu.

Bibliografia

Al Faraby, J., Trisedya, R. A. A., Priambudi, B. R. J. N., & Pramesti, A. Z. (2024). Tipologi Aplikasi Infrastruktur Hijau Skala Komunitas Padak Kampung Kota di Indonesia. *Jurnal Lanskap Indonesia*, *16*(1), 38–47. https://doi.org/10.29244/jli.v16i1.46747

Fauzia, A., Frimawaty, E., & Arifin, H. S. (2024). Urban agriculture as ecosystem services provider: A review. *Holistic: Journal of Tropical Agriculture Sciences*, *2*(1), 31–45. https://doi.org/10.61511/hjtas.v2i1.2024.785

Kim, J.-P., & Kim, J.-O. (2025). Green Infrastructure for Urban Flooding: Knowledge Domains and Research Evolution (2015–2024). *Land*, *14*(5), 1–33.

Wang, D., Xu, P.-Y., An, B.-W., & Guo, Q.-P. (2024). Urban green infrastructure: bridging biodiversity conservation and sustainable urban development through an adaptive management approach. *Frontiers in Ecology and Evolution*, *12*, 1–20. https://doi.org/10.3389/fevo.2024.1440477

Ying, J., Zhang, X., Zhang, Y., & Bilan, S. (2022). Green infrastructure: systematic literature review. *Economic Research-Ekonomska Istraživanja*, *35*(1), 343–366. https://doi.org/10.1080/1331677X.2021.1893202

2. ZIELONA INFRASTRUKTURA: HISTORYCZNE FUNDAMENTY KONCEPCJI I JEJ UJĘCIA WSPÓŁCZESNE

O czym jest ten rozdział:
W rozdziale przeanalizowano podstawy koncepcji zielonej infrastruktury (ZI) oraz proces jej ewolucji w kierunku jednego z kluczowych paradygmatów planowania przestrzennego, zarządzania środowiskiem oraz zrównoważonego rozwoju miast. Przedstawiono, w jaki sposób zielona infrastruktura wykracza poza tradycyjne modele ochrony przyrody oparte na łączeniu izolowanych obszarów chronionych, rozwijając się w kierunku ujęcia systemowego obejmującego sieć powiązanych, wielofunkcyjnych obszarów naturalnych i półnaturalnych. Sieć ta dostarcza różnorodnych usług ekosystemowych, wspiera bioróżnorodność, przyczynia się do poprawy dobrostanu ludzi oraz wzmacnia odporność terytorialną.

Koncepcję zielonej infrastruktury osadzono na podstawach teoretycznych, odwołując się do takich dziedzin jak: ekologia krajobrazu, biologia ochrony przyrody, teoria usług ekosystemowych, koncepcja odporności (*resilience thinking*) oraz teoria planowania przestrzennego. Integracja różnorodnych nurtów wiedzy sprawia, że zielona infrastruktura stanowi podejście kompleksowe i interdyscyplinarne, łączące nauki o środowisku z praktyką planistyczną.

W ujęciu całościowym wskazano, że zielona infrastruktura nie powinna być rozumiana jedynie jako instrument planowania środowiskowego, lecz jako strukturalna zmiana w sposobach konceptualizacji, zarządzania i kształtowania terytoriów w kontekście zrównoważonego rozwoju oraz odporności.

Czego się dowiesz:
- W jaki sposób koncepcja zielonej infrastruktury ewoluowała z XIX-wiecznych ruchów reform społecznych i działań na rzecz zdrowia publicznego, a następnie rozwinęła się w kierunku jednego z kluczowych elementów współczesnego planowania urbanistycznego.

- W jaki sposób planowanie ekologiczne, ekologia krajobrazu oraz podejście sieciowe wpłynęły na kształtowanie współczesnych koncepcji projektowania przestrzennego i środowiskowego.
- W jaki sposób koncepcje usług ekosystemowych oraz odporności (*resilience*) pozwalają postrzegać miasta jako adaptacyjne systemy społeczno-ekologiczne.

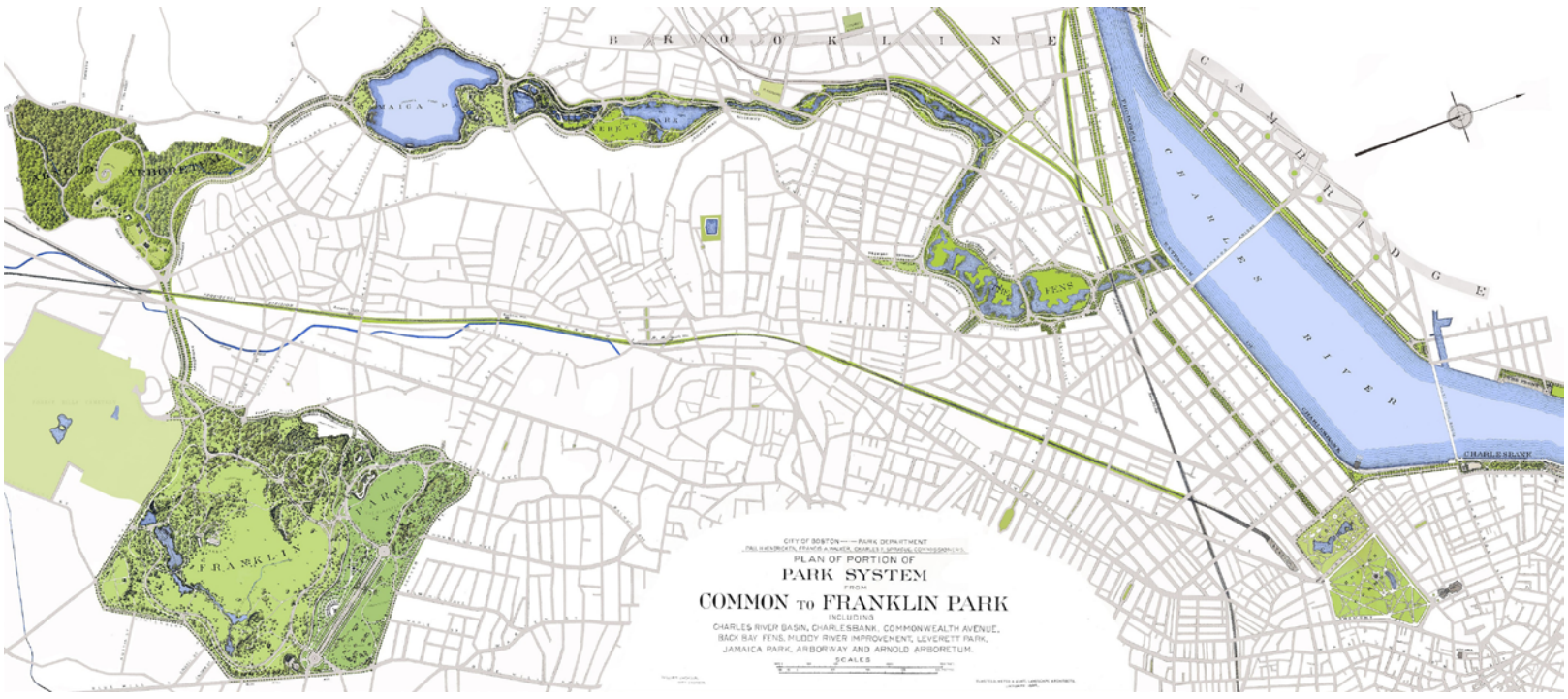
2.1. UZDRAWIAJĄCA ROLA NATURY W MIEŚCIE PRZEMYSŁOWYM I ZNACZENIE REFORM SPOŁECZNYCH

Najwcześniejsze podstawy koncepcji zielonej infrastruktury pojawiły się w XIX wieku jako odpowiedź na społeczne i środowiskowe konsekwencje urbanizacji przemysłowej. Gwałtowny wzrost liczby ludności (przeludnienie), niedostateczne warunki sanitarne oraz przemysł oparty na spalaniu węgla doprowadziły do powstania miast naznaczonych zanieczyszczeniem, chorobami oraz wyraźnymi nierównościami społecznymi. W tym kontekście przestrzenie pokryte roślinnością zaczęły pojawiać się w dyskursie miejskim nie tyle jako element estetycznego upiększenia miasta, ile przede wszystkim jako narzędzie reform społecznych oraz ochrony zdrowia publicznego.

Miasta przemysłowe rozwijały się w bezprecedensowym tempie. W XIX wieku populacja Londynu wzrosła z ok. 1 mln mieszkańców na początku stulecia do niemal 3 mln w jego połowie, by do 1900 roku przekroczyć 6,5 mln. Podobne procesy dynamicznego wzrostu dotyczyły także innych miast, takich jak Manchester, Paryż, Berlin czy Nowy Jork. W szybko zagęszczających się strukturach miejskich podstawowa szara infrastruktura często nie nadążała za tempem rozwoju. Przed powszechnym wprowadzeniem nowoczesnych systemów kanalizacyjnych oraz sieci wodociągowych zapewniających dostęp do bezpiecznej wody pitnej mieszkańcy miast doświadczali nawracających epidemii cholery, chorób układu oddechowego związanych z zanieczyszczeniem powietrza wynikającym ze spalania węgla oraz wysokiej śmiertelności, szczególnie wśród klasy pracującej.

Jednym z głównych propagatorów tej wizji był Frederick Law Olmsted (1822–1903), powszechnie uznawany za twórcę amerykańskiej architektury krajobrazu. Olmsted postrzegał krajobraz jako formę infrastruktury społecznej. We współpracy z Calvertem Vauxem zaprojektował Central Park w Nowym Jorku (1858) – naturalistyczne założenie krajobrazowe o powierzchni ponad 340 hektarów, wpisane w regularną siatkę urbanistyczną miasta. Central Park został pomyślany nie tylko jako przestrzeń rekreacyjna, lecz także jako demokratyczna przestrzeń publiczna dostępna dla wszystkich mieszkańców, niezależnie od ich pozycji społecznej. Olmsted uważał, że powszechny dostęp do natury może łagodzić napięcia społeczne, wzmacniać poczucie wspólnoty obywatelskiej oraz sprzyjać zarówno zdrowiu fizycznemu, jak i psychicznemu.

Co istotne, myślenie Olmsteda wykraczało poza projektowanie pojedynczych parków. Jego bostoński projekt Emerald Necklace (1878–1896) opierał się na koncepcji powiązanego systemu parków ukształtowanego wzdłuż odtworzonego korytarza rzeki Muddy River (rysunek 2.1). Projekt ten umożliwił przekształcenie zdegradowanego, zanieczyszczonego i podatnego na powodzie krajobrazu zabagnionej doliny rzecznej w wielofunkcyjną sieć parków miejskich, która jednocześnie zapewniała możliwości rekreacyjne, ograniczała ryzyko powodzi (zapewniała miejsce dla wezbranej rzeki) oraz wspierała naturalne procesy oczyszczania wody. W przeciwieństwie do izolowanych parków miejskich Emerald Necklace funkcjonował jako zintegrowany system – realizując współczesne zasady łączności i wielofunkcyjności, które są dziś podstawowymi elementami koncepcji zielonej infrastruktury.



Rysunek 2.1. Plan bostońskiego systemu parkowego Emerald Necklace Fredericka L. Olmsteda (Saporta, 2023)

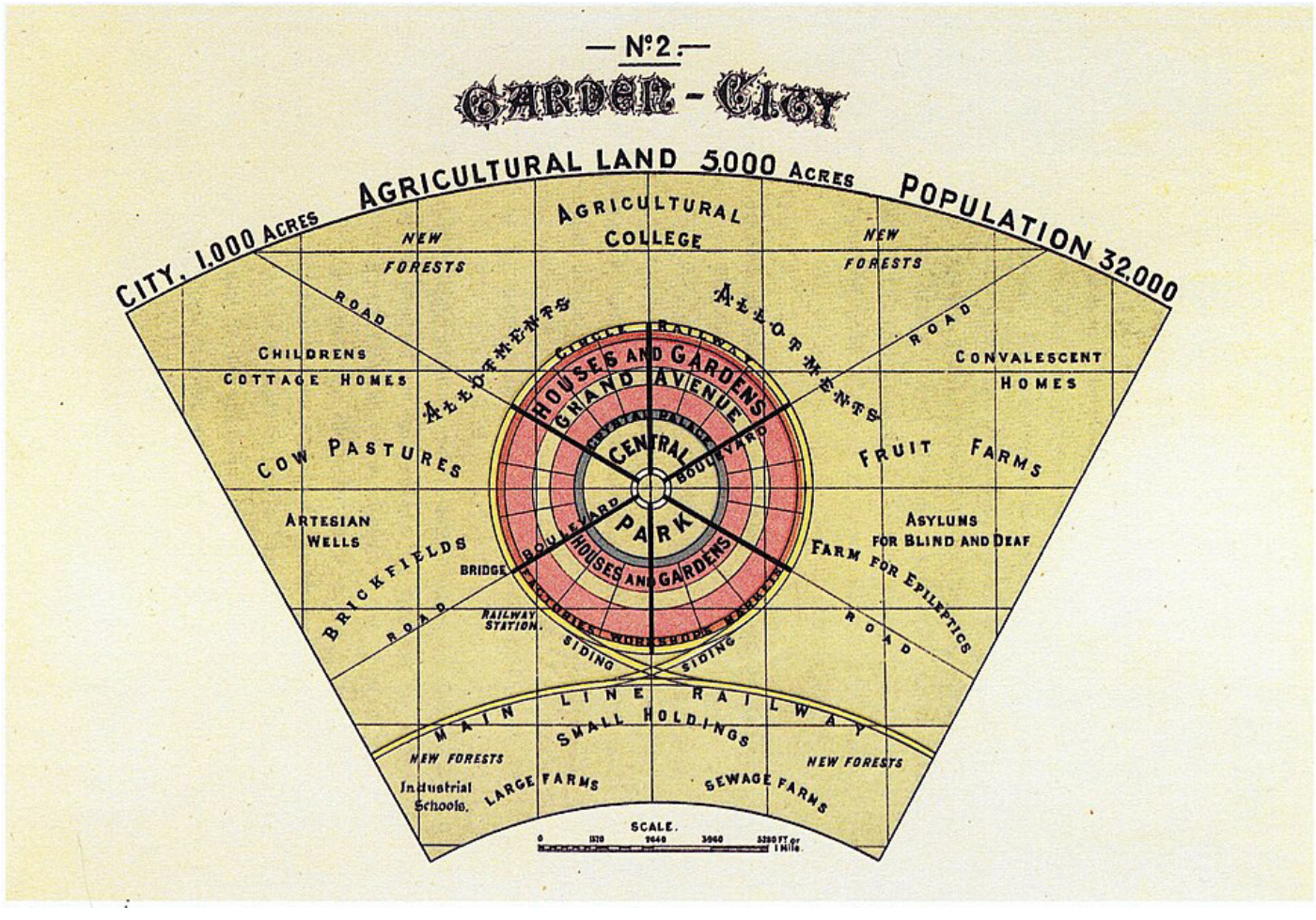
Praca Olmsteda odzwierciedlała szerszy dziewiętnastowieczny ruch reform społecznych, w ramach którego projektowanie krajobrazu było ściśle powiązane z kwestiami zdrowia publicznego, równości społecznej oraz zarządzania miastem. Jego przekonanie, że dostęp do natury jest prawem obywatelskim, a nie przywilejem, wyprzedzało współczesne dyskusje dotyczące sprawiedliwości środowiskowej. Jednocześnie jego rozumienie krajobrazu jako systemu zdolnego do pełnienia funkcji ekologicznych zapowiadało powstanie późniejszych koncepcji usług ekosystemowych.

Na przełomie XIX i XX wieku te społecznie uwarunkowane refleksje nad warunkami życia w miastach przekształciły się w Europie w bardziej kompleksowe modele reform urbanistycznych. Koncepcja miasta ogrodu zaproponowana przez Ebenezera Howarda w książce „To-Morrow: A Peaceful Path to Real

Reform" (1898) stanowiła odpowiedź na te same problemy związane z urbanizacją przemysłową, jednak zamiast wprowadzania parków do istniejących struktur miejskich autor postulował strukturalną reorganizację formy miasta.

Howard stworzył koncepcję samowystarczalnych miast liczących 30–50 tys. mieszkańców, zorganizowanych wokół centralnego parku i otoczonych trwałymi rolniczo-rekreacyjnymi pasami zieleni (*green belts*). Taki model miał godzić ekonomiczne możliwości miasta ze środowiskowymi i społecznymi zaletami obszarów wiejskich. Pas zieleni nie pełnił funkcji dekoracyjnej – umożliwiał produkcję żywności i materiałów do rozwoju miasta (drewno, cegły), miejsce do rekreacji, ograniczał rozlewanie się zabudowy miejskiej oraz utrzymywał ciągłość ekologiczną. W obrębie samego miasta dzielnice mieszkaniowe były przeplatane ogrodami i wspólnymi przestrzeniami otwartymi, dzięki czemu natura stawała się integralną częścią codziennego życia mieszkańców.

Koncepcja miasta ogrodu oznaczała przejście od tworzenia pojedynczych parków do systemowej integracji krajobrazu ze strukturą osadniczą (rysunek 2.2). Podczas gdy Olmsted działał głównie w ramach rozrastających się metropolii, Howard proponował planową decentralizację opartą na policentrycznych sieciach miast. Mimo tych różnic oba podejścia opierały się na wspólnym założeniu normatywnym: przekonaniu, że dostęp do natury stanowi podstawowy warunek dobrostanu społecznego, zdrowia oraz funkcjonowania demokratycznych społeczeństw.



Rysunek 2.2. Model miasta ogrodu Ebenezera Howarda (Howard, 1902)

Realizacja miast ogrodów Letchworth (1903) oraz Welwyn Garden City (1920) udowodniła praktyczną wykonalność idei Howarda, choć ich ambitne cele reform społecznych zostały zrealizowane jedynie częściowo. Szerzej rzecz ujmując, koncepcja miasta ogrodu wywarła istotny wpływ na tradycje planistyczne XX wieku na całym świecie, od brytyjskich *New Towns* po modele planowania obszarów podmiejskich w Europie i Ameryce Północnej.

Dziewiętnastowieczne systemy parków oraz koncepcja miasta ogrodu pozwoliły stworzyć społeczne i etyczne podstawy tego, co w późniejszym okresie rozwinęło się w koncepcję zielonej infrastruktury. Również w ramach tych podejść przestrzeń pokryta roślinnością była postrzegana odmiennie niż dotychczas, nie jako element dekoracyjny krajobrazu, lecz jako zasadniczy składnik struktury miasta, narzędzie poprawy zdrowia publicznego, ograniczania nierówności społecznych, wzmacniania spójności wspólnot lokalnych oraz kształtowania relacji między miastem a obszarami wiejskimi.

Tak ugruntowane społecznie rozumienie krajobrazu jako formy infrastruktury miasta poprzedzało i przygotowało grunt pod ekologiczne, naukowe oraz sieciowe interpretacje, które zaczęły rozwijać się w drugiej połowie XX wieku.

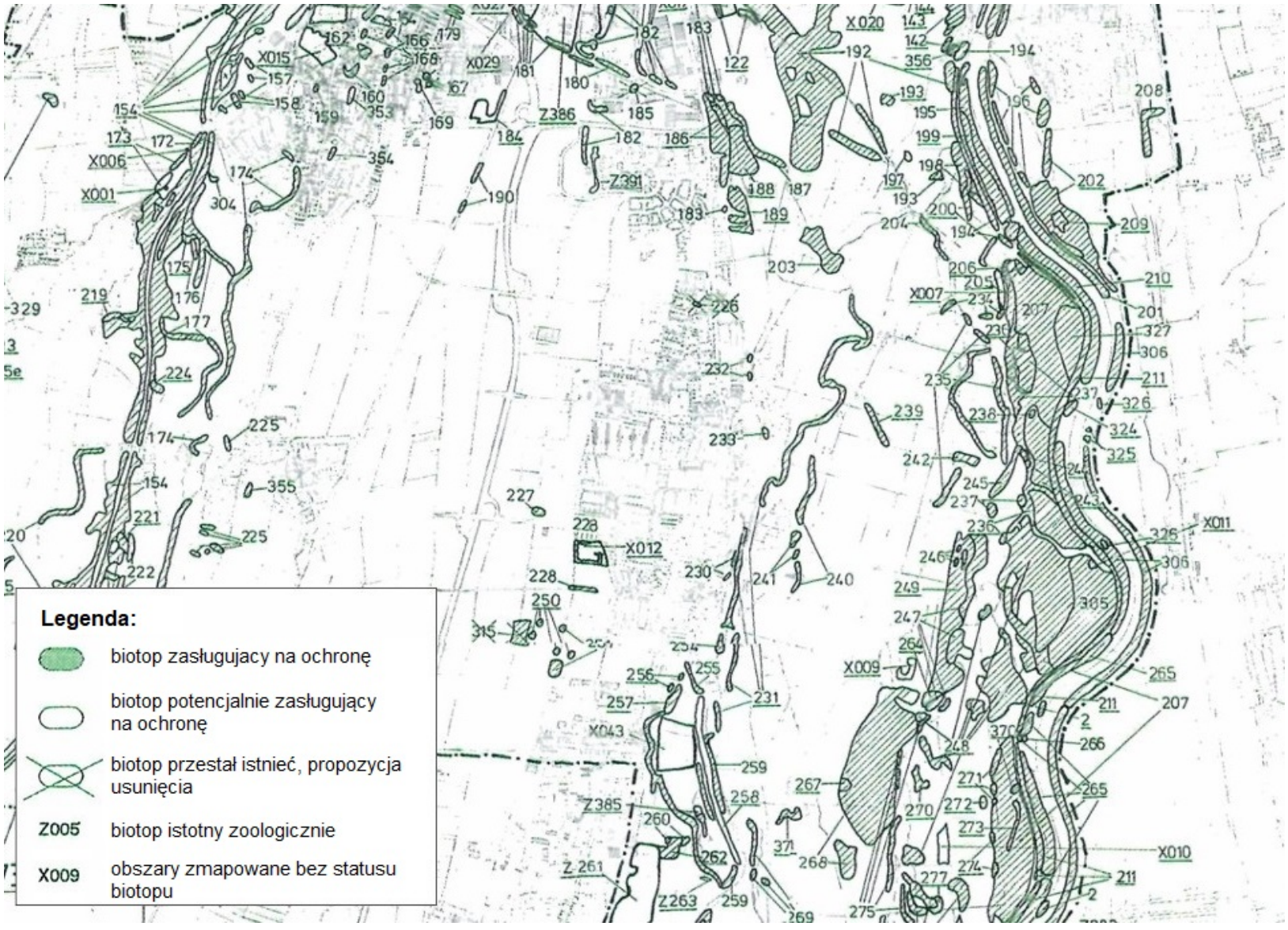
2.2. PLANOWANIE EKOLOGICZNE I ROZWÓJ MYŚLENIA SIECIOWEGO

Podczas gdy Olmsted i Howard stworzyli społeczne, przestrzenne i reformistyczne podstawy integracji przyrody w miastach, XX wiek przyniósł bardziej naukowe i ekologiczne ugruntowanie tych idei. Ten okres oznaczał przejście od motywacji estetycznych i społecznych ku planowaniu środowiskowemu opartemu na analizie. Szczególnie wpływowe okazały się trzy powiązane ze sobą nurty intelektualne: europejskie tradycje planowania ekologicznego, ekologia krajobrazu oraz biologia ochrony przyrody.

Już w latach 20. XX wieku niemieccy planiści i ekolodzy rozwijali koncepcję *Landschaftsplanung* (planowanie krajobrazowe), wprowadzając systemowe, ekologiczne podstawy organizacji przestrzeni. W odróżnieniu od wcześniejszych interwencji opartych na kształtowaniu układu parków podejście to traktowało całe regiony jako systemy ekologiczne wymagające kompleksowej analizy. Decyzje planistyczne opierały się na ocenie topografii, gleb, stosunków wodnych, roślinności oraz użytkowania terenu. Celem nie było jedynie wprowadzenie zielonych przestrzeni do miast, lecz dostosowanie ich rozwoju do struktury i funkcjonowania systemów przyrodniczych.

Do lat 70. XX wieku planowanie ekologiczne w Niemczech przekształciło się w prawnie zinstytucjonalizowane ramy planistyczne. Dokumenty planowania regionalnego i miejskiego musiały uwzględniać oceny ekologiczne oraz

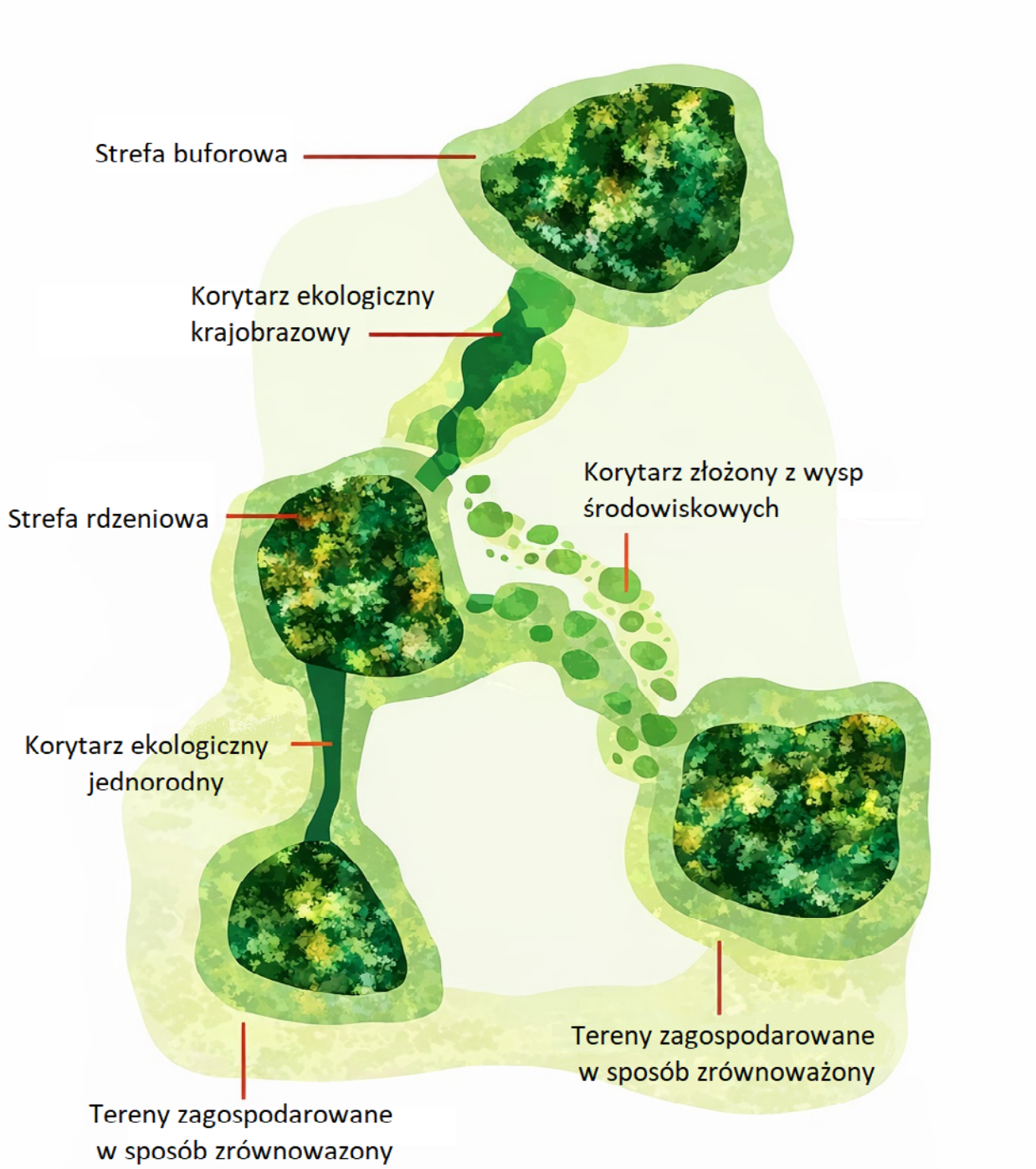
wyznaczać powiązane systemy otwartych przestrzeni i siedlisk (rysunek 2.3). Koncepcja *Biotopverbund* (sieć ekologiczna) formalizowała ideę, że siedliska powinny funkcjonować jako połączone systemy, a nie izolowane enklawy. Tego rodzaju regulacyjne osadzenie zasady łączności ekologicznej wpłynęło później na europejską politykę przestrzenną i ostatecznie stało się podstawą strategii zielonej infrastruktury Unii Europejskiej w XXI wieku.



Rysunek 2.3. Fragment planu krajobrazu Augsburga z 1995 roku uwzględniający rezultat inwentaryzacji biotopów (Müller i Waldert, 2020)

Równolegle z tymi zmianami w planowaniu w latach 80. XX wieku wyłoniła się nowa dyscyplina naukowa – ekologia krajobrazu stanowiąca ramy teoretyczne wyjaśniające, w jaki sposób konfiguracja przestrzenna składowych krajobrazu wpływa na procesy ekologiczne. Forman i Godron (1986) zaproponowali koncepcję krajobrazu jako mozaiki ekosystemów złożonej z płatów (*patches*), korytarzy (*corridors*) i ich otoczenia – nazywanego także tłem lub kontekstem krajobrazowym (*matrices*) (rysunek 2.4). Takie ujęcie strukturalne podkreślało, że funkcjonowanie ekosystemów zależy nie tylko od wielkości dostępnego siedliska, lecz także od rozmieszczenia elementów w przestrzeni i relacji między nimi.

Forman (1995) wykazał, że fragmentacja, efekty krawędziowe oraz przerywanie struktury krajobrazu osłabiają integralność ekologiczną. Wnioski te przesunęły uwagę planistów z tworzenia izolowanych przestrzeni zielonych na projektowanie powiązanych systemów przestrzennych. Łączność (*connectivity*) stała się podstawowym wymogiem ekologicznym.



Rysunek 2.4. Diagram przedstawiający przestrzenną konfigurację modelu płatów i korytarzy jako sieć ekologiczną (Bennett i Mulongoy, 2006)

Koncepcja korytarzy ekologicznych oraz tzw. habitatów typu *stepping-stone* (korytarza zbudowanego z płatów wysp środowiskowych), umożliwiających przemieszczanie się gatunków, przepływ genów oraz rekolonizację (Taylor i in., 1993), dostarczyła naukowego uzasadnienia dla potrzeby łączności przestrzennej. Zielona infrastruktura przełożyła później te idee na praktykę, uwzględniając łączność jako formalny cel planistyczny w ramach rozwoju miejskiego i regionalnego.

Biologiczne podstawy ochrony przyrody dodatkowo wzmocniły przesunięcie kształtowania terenów otwartych w kierunku myślenia sieciowego. W latach 80. XX wieku badacze tacy jak Soulé (1985) podkreślali, że izolowane rezerwaty przyrody w niewystarczający sposób utrzymują stabilne populacje w dłuższym czasie. Teoria metapopulacji (Hanski, 1999) wykazała, że przetrwanie gatunków zależy od dynamicznych interakcji między wieloma enklawami siedliskowymi (płatami ekologicznymi) funkcjonującymi jako powiązana sieć.

Wnioski te miały bezpośrednie konsekwencje dla planowania przestrzennego. Ochrona przyrody nie mogła opierać się wyłącznie na obszarach chronionych; wymagała zachowania ciągłości ekologicznej w szerszym otoczeniu – w obrębie krajobrazów kształtowanych przez działalność człowieka.

Benedict i McMahon (2002) przełożyli te naukowe zasady na ramy planistyczne, argumentując, że ochrona przyrody powinna funkcjonować jako struktura organizująca rozwój, a nie jako ograniczenie wprowadzane po podjęciu decyzji planistycznych. W późniejszej pracy (2006) zdefiniowali zieloną infrastrukturę jako strategicznie zaplanowaną sieć obszarów naturalnych i półnaturalnych, mającą na celu ochronę wartości ekosystemów przy jednoczesnym przynoszeniu korzyści populacjom ludzkim.

Takie sieciowe podejście oznaczało punkt zwrotny w myśleniu o zielonej przestrzeni miejskiej. Zielona infrastruktura przestała być jedynie zbiorem parków i terenów zieleni, stając się zintegrowanym systemem ekologicznym wkomponowanym w planowanie przestrzenne. Łączyła nauki ekologiczne, teorię ochrony przyrody oraz praktykę regulacyjną w spójną ramę, która bezpośrednio poprzedzała współczesną politykę zielonej infrastruktury.

2.3. USŁUGI EKOSYSTEMOWE I INTEGRACJA SPOŁECZNO-EKOLOGICZNA

Koncepcja usług ekosystemów znacząco zmieniła sposób myślenia o planowaniu środowiskowym i politykach rozwoju, traktując ekosystemy przez pryzmat korzyści, jakie przynoszą społeczeństwom. Choć istnieją różne systemy klasyfikacji, najbardziej znaczący wczesny schemat opracowano w dokumencie Millennium Ecosystem Assessment (MEA, 2005). MEA zasadniczo zmieniła postrzeganie relacji między naturą a społeczeństwem, klasyfikując usługi ekosystemów w ramach czterech grup: usługi zaopatrzeniowe, regulacyjne, wspierające i kulturowe. Taka funkcjonalna klasyfikacja pozwoliła stworzyć wspólny język łączący procesy ekologiczne z systemami gospodarczymi i społecznymi.

Usługi ekosystemów są zwykle definiowane jako korzyści, jakie ludzie czerpią z ekosystemów i wspieranej przez nie bioróżnorodności (Costanza i in., 1997). Obejmują one dobra materialne, funkcje regulacyjne oraz wartości niematerialne, które stanowią fundament systemów społecznych i gospodarczych. Usługi te powstają w wyniku procesów ekologicznych, interakcji między gatunkami oraz funkcjonowania ekosystemów jako systemów zintegrowanych. Ich dostarczanie zależy od struktury ekosystemu, bioróżnorodności i dynamiki biogeofizycznej, co oznacza, że jest ściśle powiązane ze stanem zdrowia ekosystemu i jego odpornością. W ten sposób ramy usług ekosystemów stanowią konceptualny most między nauką ekologiczną a systemami społeczno-gospodarczymi, uwypuklając zależność dobrostanu ludzi i rozwoju gospodarczego od kapitału naturalnego (Loreau i in., 2001; Guerry i in., 2015).

Chociaż klasyfikacja MEA (2005) pozostaje wiodąca, nowsze badania i ramy polityczne coraz częściej opierają się na klasyfikacji Common International Classification of Ecosystem Services (CICES). W odróżnieniu od MEA, która wyróżniała cztery kategorie (w tym usługi wspierające), CICES grupuje usługi ekosystemów w ramach trzech kategorii głównych: usługi zaopatrzeniowe, regulacyjne i kulturowe (rysunek 2.5). Usługi wspierające traktowane są jako funkcje ekologiczne warunkujące dostarczanie usług z pozostałych trzech kategorii, a nie jako odrębna grupa.

W kontekście zielonej infrastruktury usługi ekosystemów stanowią główne uzasadnienie funkcjonalne, ekonomiczne i społeczne dla jej wdrażania. Przekładają procesy ekologiczne na wymierne korzyści dla miast i ich mieszkańców. Zielona infrastruktura często opisywana jest jako system dostarczania usług ekosystemów w sposób zrównoważony i efektywny kosztowo.



Rysunek 2.5. Struktura usług ekosystemowych (Environment Ireland, 2023)

Usługi zaopatrzeniowe odnoszą się do dóbr materialnych dostarczanych przez ekosystemy, które mogą być bezpośrednio wykorzystywane przez ludzi. W środowiskach miejskich bywały one często niedoceniane, jednak w ostatnich latach zyskały na znaczeniu w kontekście lokalnej samowystarczalności i bezpieczeństwa zasobów. Do tych usług zalicza się m.in.:

- produkcję żywności (w tym rolnictwo miejskie, ogrody społecznościowe i sady miejskie),
- wodę pitną oraz wodę do użytku domowego i przemysłowego,
- surowce biologiczne (biomasa, drewno, materia organiczna),
- rośliny o zastosowaniu leczniczym lub praktycznym.

W ramach systemów zielonej infrastruktury usługi zaopatrzeniowe wspierają zasady gospodarki obiegu zamkniętego oraz przyczyniają się do skracania łańcuchów dostaw, zwłaszcza na poziomie lokalnym.

Usługi regulacyjne są jednymi z najważniejszych w kontekście funkcjonowania miast i adaptacji do zmian klimatu. Obejmują one procesy naturalne, które przy odpowiednim wsparciu i zarządzaniu łagodzą negatywne skutki działalności człowieka i ekstremalnych zdarzeń środowiskowych. Przykładowe usługi regulacyjne obejmują:

- regulację klimatu lokalnego (obniżanie temperatury powietrza i ograniczanie efektu miejskiej wyspy ciepła),
- regulację obiegu wody (zwiększanie retencji i infiltracji wód, ograniczanie odpływu powierzchniowego),
- ochronę przed powodziami (w tym zapewnienie przestrzeni dla rzek i utrzymanie naturalnej dynamiki hydrologicznej),
- poprawę jakości powietrza (filtracja i fitoremediacja zanieczyszczeń i pyłów),
- sekwestrację węgla,
- redukcję hałasu,
- stabilizację gleby i kontrolę erozji,
- utrzymanie bioróżnorodności,
- zapewnienie ciągłości ekosystemów i różnorodności na poziomie genetycznym, gatunkowym i ekosystemowym.

Poprzez kształtowanie procesów naturalnych i ograniczanie negatywnych konsekwencji przekształceń środowiska – takich jak nadmierny odpływ wód powierzchniowych czy niewystarczająca cyrkulacja i regeneracja powietrza – zielona infrastruktura stanowi skuteczną alternatywę dla tradycyjnych rozwiązań technicznych lub ich uzupełnienie.

Usługi kulturowe odnoszą się do niematerialnych korzyści, jakie ekosystemy zapewniają społeczeństwu. Na obszarach miejskich odgrywają szczególnie istotną rolę w kształtowaniu jakości życia, dobrostanu psychicznego oraz tożsamości miejsca. Do tych usług zalicza się:

- zapewnienie przestrzeni do rekreacji i wypoczynku,
- możliwości turystyki i aktywności na świeżym powietrzu,

- wartości estetyczne krajobrazu,
- funkcje edukacyjne i poznawcze,
- wartości symboliczne i duchowe wpływające na poczucie tożsamości miejsca,
- pozytywny wpływ na zdrowie psychiczne i redukcję stresu,
- wzmacnianie więzi społecznych i integrację lokalnej społeczności.

W odniesieniu do usług kulturowych kluczowy jest dostęp do terenów zieleni o odpowiedniej wielkości i jakości. Coraz częściej dostęp taki uznaje się za kwestię sprawiedliwości ekologicznej oraz istotny czynnik ograniczania nierówności społecznych w miastach.

2.4. ODPORNOŚĆ I ADAPTACYJNE RAMY ŚRODOWISKOWE

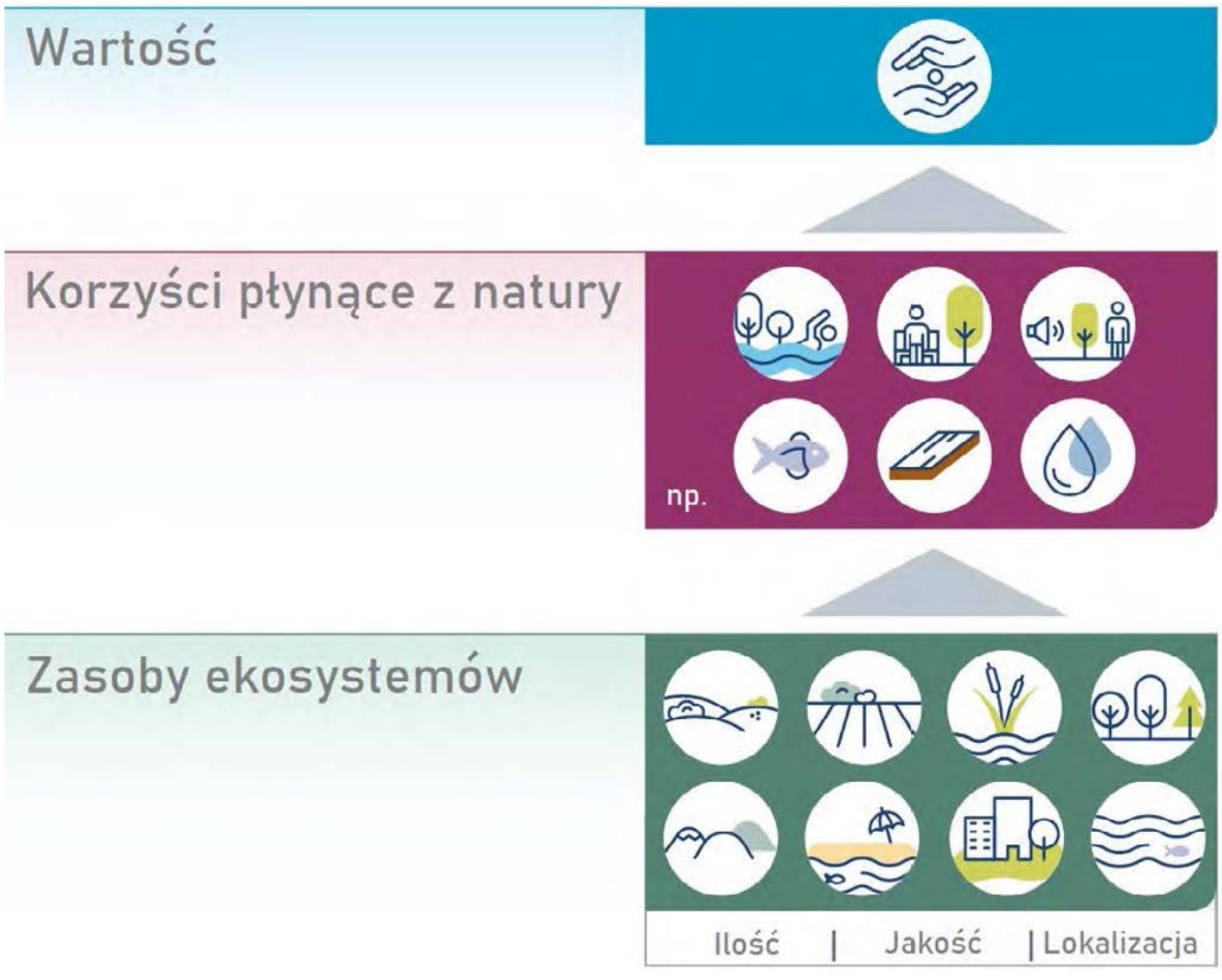
Pod koniec XX i na początku XXI wieku zielona infrastruktura (ZI) coraz częściej łączona była z wieloma komplementarnymi podejściami mającymi na celu zwiększenie odporności, zrównoważenia i funkcjonalności ekologicznej miast. Teoria odporności, szczególnie rozwinięta przez Folkego i in. (2010), kładzie nacisk na zdolność adaptacyjną w obliczu zmian środowiskowych i społecznych. Obszary miejskie coraz częściej stają w obliczu ryzyk związanych z klimatem, takich jak powodzie, fale upałów czy utrata bioróżnorodności. Zielona infrastruktura wspiera odporność miast poprzez adaptację opartą na ekosystemach, zmniejszając podatność na zagrożenia przy jednoczesnym dostarczaniu efektów współkorzyści (Ahern, 2011). Koncepcje takie jak *low impact development*, *nature-based solutions*, adaptacja oparta na naturze (*nature-based adaptation*) oraz kapitał naturalny dzielą z zieloną infrastrukturą wspólną zasadę: założenie, że procesy ekosystemowe mogą i powinny być wykorzystywane do rozwiązywania wyzwań miejskich.

Low impact development (LID) to koncepcja powstała w Stanach Zjednoczonych w latach 90. XX wieku w odpowiedzi na negatywne skutki konwencjonalnych systemów odwadniania miejskiego. Kładzie nacisk na małoskalowe, lokalne interwencje imitujące naturalne procesy hydrologiczne, czyli zwiększające miejscowo infiltrację i retencję wód oraz filtrujące wody opadowe u źródła, tj. w miejscu powstawania opadu. Zielona infrastruktura zapewnia ramy operacyjne dla LID, przekładając techniki wrażliwe hydrologicznie na zintegrowany projekt przestrzenny w mieście, poprzez włączanie obszarów bioretencyjnych, nawierzchni przepuszczalnych, trawiastych rowów chłonnych oraz sztucznych (tworzonych ręką człowieka) mokradeł do tkanki miejskiej. ZI umożliwia zarządzanie wodą przy jednoczesnym osiąganiu celów ekologicznych, społecznych i rekreacyjnych.

Podobnie rozwiązania oparte na naturze (*nature-based solutions*), promowane przez Unię Europejską i Międzynarodową Unię Ochrony Przyrody (IUCN) od 2010 roku, podkreślają potencjał procesów naturalnych w łagodzeniu wyzwań środowiskowych i społecznych. Zielona infrastruktura stanowi namacalną realizację tych zasad, wdrażając lokalne interwencje, takie jak błękitno-zielone

sieci, zielone dachy i ściany, parki-gąbki o charakterze retencyjnym czy projekty renaturalizacji rzek i całych dolin rzecznych. Adaptacja oparta na naturze rozciąga tę logikę na odporność klimatyczną, wykorzystując funkcje ekosystemów do zmniejszania ryzyka powodzi, ograniczania zjawiska miejskiej wyspy ciepła, w tym tropikalnych nocy, i wspierania bioróżnorodności. W ramach tych podejść ZI pełni funkcję uniwersalnego, praktycznego systemu, który operacjonalizuje zasady ekologiczne w wielu skalach – od pojedynczych budynków, przez osiedla i dzielnice, aż po całe obszary metropolitalne.

Podstawą tych strategii jest koncepcja kapitału naturalnego mówiąca, że ekosystemy nie są jedynie źródłem bioróżnorodności, lecz stanowią infrastrukturę krytyczną dostarczającą kluczowych usług, takich jak oczyszczanie wody, kontrola nad powodziami, regulacja klimatu i zwiększenie możliwości rekreacyjnych. Ekosystemy jako zasoby kapitału naturalnego determinują korzyści, na których opiera się funkcjonowanie społeczeństwa. Ilość, jakość oraz lokalizacja tych zasobów decydują o zakresie dostarczanych usług (Lusardi i in., 2024; rysunek 2.6). Zielona infrastruktura integruje kapitał naturalny w planowaniu miejskim, zapewniając utrzymanie funkcji ekologicznych i ich wykorzystanie dla dobra ludzi oraz środowiska.



Rysunek 2.6. Łańcuch logiczny kapitału naturalnego (Lusardi i in., 2024)

Wspomniane powyżej ramy koncepcji powiązanych z ZI pokazują razem wspólną wizję, w której projektowanie miejskie, procesy ekologiczne i potrzeby społeczne są ze sobą zintegrowane. Te różnorodne podejścia łączy szczególnie zielona infrastruktura, tworząc przestrzenny, wielofunkcyjny i adaptacyjny system, który sprawia, że miasta stają się nie tylko bardziej zrównoważone, lecz także bardziej odporne, zdrowe i przyjazne do życia. Jej charakterystyczną cechą jest przekładanie ram koncepcyjnych na namacalne, powiązane sieci przestrzeni terenów zieleni i wód, które jednocześnie wspierają funkcje ekosystemów, dobrostan ludzi oraz odporność miejską.

Pytania sprawdzające:

1. Jakie idee wpłynęły na rozwój koncepcji zielonej infrastruktury?
2. Jakie współczesne idee i podejścia wspierają koncepcję zielonej infrastruktury?
3. Co odróżnia koncepcję zielonej infrastruktury od innych podejść?

Bibliografia

Ahern, J. (2011). From fail-safe to safe-to-fail. *Landscape and Urban Planning*, *100*(4), 341–343. https://doi.org/10.1016/j.landurbplan.2011.02.021

Benedict, M. A., & McMahon, E. T. (2002). Green infrastructure: Smart conservation for the 21st century. *Renewable Resources Journal*, *20*(3), 12–17.

Bennett, G., & Mulongoy, K. J. (2006). Review of experience with ecological networks, corridors and buffer zones (CBD Technical Series 23). *Secretariat of the Convention on Biological Diversity*. https://www.cbd.int/doc/publications/cbd-ts-23.pdf [dostęp: 20.02.2026].

Costanza, R., d'Arge, R., de Groot, R., Farber, S., Grasso, M., Hannon, B., Limburg, K., Naeem, S., O'Neill, R. V., Paruelo, J., Raskin, R. G., Sutton, P., & Belt, M. van den (1997). The Value of the World's Ecosystem Services and Natural Capital. *Nature*, *387*, 253–260. https://doi.org/10.1038/387253a0

Environment Ireland. (2023). *The biodiversity crisis: An EU perspective* [rys.]. https://www.environmentireland.ie/wp-content/uploads/2023/05/Picture1-1024x540.jpg [dostęp: 20.02.2026].

Folke, C., Carpenter, S. R., Walker, B., Scheffer, M., Chapin, T., & Rockström, J. (2010). Resilience thinking: integrating resilience, adaptability and transformability. *Ecology and Society*, *15*(4). https://www.jstor.org/stable/26268226

Forman, R. T. T. (1995). *Land mosaics: the ecology of landscapes and regions*. Cambridge University Press.

Forman, R. T. T., & Godron, M. (1986). *Landscape ecology*. Wiley.

Guerry, A. D., Polasky, S., Lubchenco, J., Chaplin-Kramer, R., Daily, G. C., Griffin, R., Ruckelshaus, M., Bateman, I. J., Duraiappah, A., Elmqvist, T., Feldman, M. W., Folke, C., Hoekstra, J., Kareiva, P. M., Keeler, B. L., Li, S., McKenzie, E., Ouyang, Z., Reyers, B., Ricketts, T. H., & Vira, B. (2015). Natural capital and ecosystem services informing decisions: From promise to practice. W: *Proceedings of the National Academy of Sciences of the United States of America*, *112*(24), 7348–7355. https://doi.org/10.1073/pnas.150375111

Hanski, I. (1999). *Metapopulation ecology*. Oxford University Press.

Howard, E. (1902). *Garden Cities of To-Morrow*. Swan Sonnenschein & Co. Ltd.

Loreau, M., Naeem, S., Inchausti, P., Bengtsson, J., Grime, J. P., Hector, A., Hooper, D. U., Huston, M. A., Raffaelli, D., Schmid, B., Tilman, D., & Wardle, D. A. (2001). Biodiversity and ecosystem functioning: current knowledge and future challenges. *Science*, *294*(5543), 804–808. https://doi.org/10.1126/science.1064088

Lusardi, J., Rice, P., Craven, J., Hinson, C., Bell, F., Morgan, A., Martin, K., Dobson, M., Sunderland, T., Waters, R. (2024). *State of Natural Capital Report for England 2024: Risks to nature and why it matters.* (Natural England Research Report NERR137). Natural England. https://nbn.org.uk/wp-content/uploads/2024/11/NERR137-Edition-1-State-of-Natural-Capital-Report-for-England-2024-Risks-to-nature-and-why-it-matters.pdf [dostęp: 20.02.2026].

Millennium Ecosystem Assessment [MEA]. (2005). *Ecosystems and human well-being*. Island Press.

Müller, N., & Waldert, R. (2020). Die erste Stadtbiotopkartierung in Bayern und ihre Umsetzung in der Praxis – das Modellprojekt Augsburg – ein Rückblick im 50. Jubiläumsjahr des Bayerischen Umweltministeriums. *Jahrbuch des Vereins zum Schutz der Bergwelt (München)*, *85*, 43–66.

Saporta, E. (2023). *Bringing Olmsted Maps Alive with Color* [rys.]. https://olmsted.org/wp-content/uploads/2023/10/Screen-Shot-2023-10-20-at-6.01.28-PM-1024x460.png [dostęp: 20.02.2026].

Soulé, M. E. (1985). What is conservation biology? *BioScience*, *35*(11), 727–734. https://doi.org/10.2307/1310054

Taylor, P. D., Fahrig, L., Henein, K., & Merriam, G. (1993). Connectivity is a vital element of landscape structure. *Oikos*, *68*(3), 571–573. https://doi.org/10.2307/3544927

3. WIELOASPEKTOWE ROZUMIENIE KONCEPCJI ZIELONEJ INFRASTRUKTURY

O czym jest ten rozdział:
W rozdziale omówiono definicję zielonej infrastruktury oraz ewolucję tego pojęcia, począwszy od wstępnego podejścia sieciowego i koncentracji na sieciach ekologicznych oraz powiązaniu siedlisk przyrodniczych, przez ujęcie hydrologiczne obejmujące gospodarowanie wodą opadową i ograniczanie skutków powodzi, zwłaszcza powodzi błyskawicznych w miastach, po podejście wielofunkcyjne, które ujmuje zieloną infrastrukturę jako uporządkowany, powiązany przestrzennie system terenów pokrytych roślinnością i wodami, zaprojektowany w taki sposób, aby przynosić wiele różnorodnych korzyści – usług ekosystemowych: przyrodniczych (klimatycznych, hydrologicznych, geodynamicznych, ekologicznych, w tym wspieranie bioróżnorodności), społecznych i ekonomicznych, a jednocześnie wpływać na dobrostan człowieka.

Na tej podstawie omówiono trzy dominujące podejścia definicyjne do ZI: podejście sieciowe skoncentrowane na strukturze ekologicznej i powiązaniach przyrodniczych pomiędzy siedliskami; podejście związane z gospodarowaniem wodą opadową, skupione na funkcjach hydrologicznych i kontroli wód opadowych; podejście zintegrowane, które podkreśla wielofunkcyjność oraz skumulowane przynoszenie różnych korzyści ekosystemowych. Przedstawione w rozdziale odmienne perspektywy ZI wpływają nie tylko na kształtowanie sposobu interpretacji tej koncepcji, lecz także na wdrażanie zielonej infrastruktury do praktyki planistycznej, podkreślając elastyczność jej zastosowania w różnych kontekstach przestrzennych (na obszarach miejskich, podmiejskich i wiejskich) i środowiskowych oraz w aspekcie prowadzenia polityki rozwoju.

Czego się dowiesz:
- Jak można definiować zieloną infrastrukturę.
- Jakie są zastosowania koncepcji zielonej infrastruktury.
- W jaki sposób różne definicje wpływają na interpretację i praktyczne zastosowanie zielonej infrastruktury.

3.1. UJĘCIE SIECIOWE

Pojęcie zielonej infrastruktury zostało formalnie zdefiniowane i wprowadzone do praktyki planistycznej dopiero w latach 90. XX wieku. Rozwój koncepcji oraz terminologii powiązanej z tym pojęciem był, podobnie jak w przypadku jej dziewiętnastowiecznych korzeni, odpowiedzią na narastające wyzwania związane z szybkim procesem urbanizacji i kryzysem środowiskowym, w tym zmianą klimatu, powiązaną z nimi utratą bioróżnorodności oraz rosnącą potrzebą integracji systemu funkcjonowania środowiska przyrodniczego z infrastrukturą techniczną miast.

Termin „zielona infrastruktura" został po raz pierwszy zastosowany w Stanach Zjednoczonych w kontekście planowania przestrzennego i polityki środowiskowej. Jednym z pierwszych oficjalnych dokumentów wykorzystujących tę koncepcję był raport „Green infrastructure: Smart conservation for the 21st century" (Benedict i McMahon, 1999) opublikowany przez The Conservation Fund. Jego autorzy argumentowali, że tereny zieleni nie powinny być traktowane jako uzupełnienie struktury przestrzennej miasta będące niewielkimi izolowanymi obszarami wypoczynku w formie parków czy zieleńców, lecz jako strategiczny element planowania przestrzennego, równie ważny jak infrastruktura transportowa czy wodno-kanalizacyjna. W swoim pierwszym podręczniku dotyczącym zielonej infrastruktury (1999) Benedict i McMahon zdefiniowali ją jako strategicznie zaplanowaną sieć obszarów naturalnych i półnaturalnych (a więc znacznie szerzej niż „tereny zieleni"), zaprojektowaną w celu wspierania funkcjonowania środowiska przyrodniczego rozumianego w ujęciu ekosystemowym i zachodzących w nim procesów przyrodniczych dotyczących zdrowia publicznego oraz lokalnego rozwoju gospodarczego.

W latach 90. amerykańscy planiści i ekolodzy zaczęli używać terminu „zielona infrastruktura", odwołując się bezpośrednio do analogii z „szarą" (techniczną) infrastrukturą umożliwiającą funkcjonowanie systemów miejskich. Takie systemowe podejście podkreślało, że relacje między elementami środowiska przyrodniczego są równie ważne jak same jego składowe. W rezultacie sieci terenów pokrytych roślinnością i wodami w miastach zaczęto postrzegać nie jako odizolowane elementy struktury przestrzennej, lecz jako powiązane systemy niezbędne dla prawidłowego funkcjonowania miasta. System terenów otwartych pokrytych roślinnością i wodami był coraz częściej uznawany za semantycznie i koncepcyjnie równoważny tradycyjnej infrastrukturze technicznej, takiej jak drogi, systemy kanalizacyjne czy sieci energetyczne.

Jedną z pierwszych praktycznych realizacji takiego podejścia był plan zielonej infrastruktury dla stanu Maryland (Weber i in. 2006) opracowany przez Green Infrastructure Work Group, wspólną inicjatywę The Conservation Fund (wiodąca w USA organizacja pozarządowa zajmująca się ochroną przyrody) i US Forest Service (Służba Leśna Stanów Zjednoczonych). W tym przypadku ZI została

zdefiniowana jako ogólnostanowa (ponadregionalna) sieć ekologiczna składająca się z obszarów rdzeniowych (biocentrów) o wysokiej wartości przyrodniczej, połączonych korytarzami ekologicznymi. Identyfikacja tych obszarów uwzględniała nie tylko ich rozmieszczenie przestrzenne, lecz także wrażliwość ekologiczną i presję urbanizacyjną. W tym ujęciu zielona infrastruktura została wyraźnie zdefiniowana jako sieć ekologiczna zaprojektowana w celu utrzymania trwałych i odpornych populacji organizmów.

Podejście sieciowe odnosi się do podstawowego znaczenia zielonej infrastruktury, czyli sieci powiązanych elementów przyrodniczych tworzących spójny system ekologiczny w skali lokalnej, regionalnej i krajowej. Na poziomie regionalnym system ten tworzą obszary chronione połączone siecią ponadlokalnych korytarzy ekologicznych. Na poziomie miasta system zielonej infrastruktury budują takie elementy, jak parki, lasy miejskie, doliny rzeczne czy ogrody działkowe. Na poziomie lokalnym układ przestrzennie powiązanych elementów zielonej infrastruktury stanowi system zielonych ulic z ogrodami deszczowymi, zbiornikami retencyjnymi oraz zielenią towarzyszącą zabudowie mieszkaniowej.

Kluczowym elementem jest tutaj łączność ekologiczna (rysunek 3.1), która umożliwia przepływ materii, energii i informacji genetycznej pomiędzy elementami systemu.



Rysunek 3.1. Zielona infrastruktura jako sieć siedlisk przyrodniczych (Natural England, 2023)

W ujęciu sieciowym zielona infrastruktura jest określana jako:

- przestrzennie powiązany system składowych ekologicznych,
- sieć terenów o charakterze naturalnym i półnaturalnym,
- struktura przestrzenna zapewniająca ekologiczną spójność pomiędzy różnymi skalami.

3.2. UJĘCIE HYDROLOGICZNE (GOSPODAROWANIE WODĄ OPADOWĄ)

Podejście hydrologiczne definiuje zieloną infrastrukturę przede wszystkim poprzez jej rolę w gospodarowaniu wodami opadowymi i zwiększaniu odporności na zmianę klimatu, szczególnie w środowisku miejskim.

W regionach i miastach silnie dotkniętych zmianą klimatu systemy powiązanych przestrzennie terenów pokrytych roślinnością i wodami są definiowane jako narzędzia przeciwdziałania powodziom (zwłaszcza powodziom błyskawicznym i podtopieniom po zbyt szybkim odprowadzaniu wód opadowych do sieci kanalizacyjnych), spływowi powierzchniowemu oraz deficytom wody. W tej perspektywie zielona, a bardziej precyzyjnie błękitno-zielona infrastruktura jest postrzegana jako metoda zrównoważonego gospodarowania wodami opadowymi.

W ramach tego podejścia ZI definiowana jest poprzez konkretne rozwiązania przyrodniczo-techniczne i techniczne oraz oparte na naturze (*nature-based solutions*) służące retencji i infiltracji wody, takie jak:

- ogrody deszczowe,
- naziemne i podziemne zbiorniki retencyjne,
- rowy chłonne (infiltracyjne) i rowy chłonne z roślinnością,
- nawierzchnie przepuszczalne,
- zielone dachy i zielone ściany.

Podstawowym celem jest w takim ujęciu uzupełnienie lub częściowe zastąpienie szarej infrastruktury odwadniającej rozwiązaniami opartymi na naturze, które oprócz spowalniania odprowadzania nadmiaru wody opadowej zapewniają także dodatkowe korzyści (usługi ekosystemowe), takie jak oczyszczanie powietrza, ochładzanie miasta czy poprawa estetyki przestrzeni (EPA, 2018). Jednak korzyści te są często traktowane jako mniej istotne w porównaniu do podstawowej funkcji hydrologicznej.

Amerykańska Agencja Ochrony Środowiska (U.S. Environmental Protection Agency) wprost definiuje w takim podejściu ZI jako zarządzanie wodami opadowymi, w którym elementy zielonej infrastruktury kształtują procesy przyrodnicze związane z krążeniem wody (procesy hydrologiczne takie jak infiltracja) i wymiany powietrza (procesy klimatyczne takie jak ewapotranspiracja), zachodzące w utworach powierzchniowych, glebach oraz roślinności w podobny

sposób jak w warunkach naturalnych (EPA, 2008). Stąd elementy zielonej infrastruktury rozumiane są jako rozwiązania oparte na naturze (NbS). Podobnie w Water Infrastructure Improvement Act (Clean Water Act z 2019 roku) określono ZI jako zestaw działań wykorzystujących systemy roślinne lub glebowe oraz nawierzchnie przepuszczalne w celu ograniczenia zbyt szybkiego odpływu wód opadowych do systemów kanalizacyjnych lub wód powierzchniowych.

Grabowski i in. (2022, s. 158), analizując 120 planów realizowanych w 20 amerykańskich miastach, zaproponowali szerszą, choć nadal zakorzenioną w ujęciu hydrologicznym definicję: „Zielona infrastruktura odnosi się do systemu powiązanych ekosystemów, hybryd ekologiczno-technologicznych oraz infrastruktury miejskiej, które zapewniają funkcje i korzyści społeczne, środowiskowe i technologiczne w określonym kontekście. Jako koncepcja planistyczna ZI podkreśla, w jaki sposób różne typy ekosystemów miejskich i infrastruktury technicznej funkcjonują względem siebie w celu osiągnięcia społecznie uzgodnionych korzyści".

Pomimo tak szerokiej definicji w politykach środowiskowych wielu miast – zarówno w Stanach Zjednoczonych, jak i w innych częściach świata – zielona infrastruktura jest nadal często utożsamiana głównie z gospodarowaniem wodami opadowymi (rysunek 3.2). Inne funkcje środowiskowe, takie jak wspieranie bioróżnorodności, poprawa cyrkulacji powietrza czy korzyści społeczne i ekonomiczne, są w ramach tego podejścia niejednokrotnie mniej eksponowane.



Rysunek 3.2. Zielona infrastruktura jako system gospodarowania wodą opadową (Capone, 2021)

W podejściu hydrologicznym zielona infrastruktura jest definiowana jako:

- system kontrolowania odpływu i odprowadzania wód opadowych,
- strategia drenażu wód opartego na naturze,
- hybrydowa ekologiczno-techniczna sieć zagospodarowania wód.

3.3. UJĘCIE ZINTEGROWANE

Podejście zintegrowane definiuje zieloną infrastrukturę jako strategicznie zaplanowany, wielofunkcyjny system, który przynosi jednocześnie korzyści (usługi) środowiskowe, społeczne i ekonomiczne. W przeciwieństwie do dwóch poprzednich podejść w ujęciu zintegrowanym poszczególne funkcje systemu przyrodniczego (łączność ekologiczna czy zagospodarowanie wód opadowych) nie odgrywają szczególnej roli, nacisk kładziony jest na połączone i synergiczne funkcje ZI.

W Europie, szczególnie po przyjęciu Strategii UE na rzecz zielonej infrastruktury (Communication COM(2013)249), ZI została zdefiniowana jako strategiczna sieć obszarów naturalnych i półnaturalnych zaprojektowanych w celu dostarczania usług ekosystemowych oraz zwiększania odporności środowiska i społeczeństwa na zmiany klimatu. Instytucjonalne uznanie tej koncepcji pozwoliło włączyć ją do głównego nurtu polityk publicznych i systemów zarządzania przestrzenią. Definicja ta rozszerza zakres ZI poza samą łączność ekologiczną czy zarządzanie wodami opadowymi, ujmując ją w szerszych ramach planowania i zarządzania przestrzennego.

W ramach tego podejścia zielona infrastruktura jest rozumiana jako system zdolny do dostarczania szerokiej gamy usług ekosystemowych przy jednoczesnym wspieraniu dobrostanu społecznego i stabilności gospodarczej. Punkt ciężkości przesuwa się w kierunku takich korzyści dla społeczeństwa jak:

- adaptacja do zmian klimatu i ich łagodzenie,
- poprawa zdrowia publicznego,
- bezpieczeństwo żywnościowe i energetyczne,
- ograniczanie konfliktów w użytkowaniu gruntów.

Brytyjski Landscape Institute definiuje zieloną infrastrukturę jako zintegrowane ramy planowania i zarządzania, zdolne do zapewnienia możliwie najszerszego zestawu korzyści (Landscape Institute, 2013). Zgodnie z tą interpretacją dobrze zaprojektowana i zarządzana zielona infrastruktura nie tylko wspiera funkcje ekologiczne, lecz także wzmacnia spójność zagospodarowania przestrzennego oraz pomaga rozwiązywać konflikty między konkurującymi sektorami rozwoju gospodarczego, takimi jak mieszkalnictwo, przemysł, transport, rolnictwo

czy produkcja energii (rysunek 3.3). Z tej perspektywy zielona infrastruktura jest definiowana jako holistyczny system społeczno-ekologiczny osadzony w planowaniu przestrzennym, w którym wymiary środowiskowy, społeczny i ekonomiczny są traktowane jako elementy równie istotne.



Rysunek 3.3. Przykłady zielonej infrastruktury w kontinuum krajobrazu miejsko-wiejskiego (EEA, 2025)

W ujęciu zintegrowanym zielona infrastruktura obejmuje:

- łączność ekologiczną (podobnie jak w ujęciu sieciowym),
- gospodarowanie wodami opadowymi (jak w ujęciu hydrologicznym),
- przynoszenie korzyści (dostarczanie usług) ekosystemowych,
- funkcje społeczne i ekonomiczne,
- odporność (rezyliencję) w kontekście zmian środowiskowych i wyczerpujących się zasobów naturalnych.

3.4. OD KONCEPCJI DO PARADYGMATU I PRAKTYKI WDROŻENIOWEJ

W ciągu ostatnich trzech dekad koncepcja zielonej infrastruktury przeszła głęboką ewolucję semantyczną i funkcjonalną. Początkowo była ona silnie związana z zachowaniem łączności ekologicznej i podtrzymaniem ciągłości ekosystemów, a więc głównie z ochroną przyrody. W tym wczesnym ujęciu ZI funkcjonowała jako strategiczny mechanizm ochrony terenów cennych przyrodniczo przed rosnącą

presją urbanizacyjną. Jej podstawowe składowe obejmowały rozległe obszary chronione, takie jak parki narodowe i krajobrazowe (regionalne), rezerwaty przyrody i łączące je korytarze ekologiczne, a zatem głównie elementy w skali regionalnej i krajowej.

Na przełomie XX i XXI wieku nasilające się skutki zmian klimatycznych, przyspieszająca urbanizacja oraz rosnąca degradacja środowiska przekształciły ramy koncepcyjne zielonej infrastruktury. Coraz większą uwagę poświęcano transformacji i odporności obszarów zurbanizowanych. Zielona infrastruktura zaczęła być reinterpretowana jako fundamentalny element miejskiego systemu ekologicznego, zdolny do świadczenia wielofunkcyjnych usług ekosystemowych oraz wspierania zrównoważonego i odporniejszego na zmiany klimatu rozwoju miast (rysunek 3.4). Obok elementów przyrodniczych pełniących funkcje hydrologiczne, klimatyczne i biologiczne, takich jak miejskie tereny zieleni, wprowadzano rozwiązania techniczne i przyrodnicze (np. ogrody deszczowe, studnie infiltracyjne) mające na celu poprawę efektywności środowiskowej. Termin infrastruktura zielona lub błękitno-zielona stał się wówczas szczególnie trafny, odzwierciedlając nowe rozumienie tego, w jaki sposób procesy naturalne mogą być świadomie kształtowane i zarządzane w ramach systemów miejskich.

Współcześnie zielona infrastruktura interpretowana jest jako strategicznie zaplanowana, zaprojektowana i zarządzana sieć powiązanych terenów „zielonych i błękitnych" pokrytych roślinnością i wodami, takich jak parki, place miejskie, zielone dachy i ściany, ogrody deszczowe, doliny rzeczne, cieki, zbiorniki retencyjne oraz obszary półnaturalne (łąki, pastwiska), zintegrowanych jako istotne elementy infrastruktury miejskiej. ZI nie jest już postrzegana jako uzupełniająca składowa środowiska zurbanizowanego; coraz częściej uznaje się ją za część systemu miejskiego równie ważną jak systemy transportowe, wodno-kanalizacyjne czy energetyczne.



Rysunek 3.4. Funkcje zielonej infrastruktury (John i in., 2019)

Równolegle z ewolucją koncepcji ZI coraz większe znaczenie zyskuje podejście systemowe, które podkreśla integrację rozwiązań opartych na naturze z konwencjonalną infrastrukturą techniczną. W tym kontekście pojawia się pojęcie hybrydowych systemów infrastrukturalnych (przyrodniczo-technicznych), łączących elementy tzw. szarej infrastruktury (sieci kanalizacyjnych, wałów przeciwpowodziowych, systemów odwodnieniowych) z rozwiązaniami opartymi na procesach przyrodniczych, takimi jak retencja krajobrazowa, infiltracja, ewapotranspiracja czy wzmacnianie bioróżnorodności.

Takie podejście umożliwia tworzenie miast bardziej odpornych, lepiej zaadaptowanych i efektywnych kosztowo, zdolnych do reagowania na niepewność klimatyczną i społeczną. Zielona infrastruktura staje się w ten sposób fundamentem zintegrowanego planowania urbanistycznego, które łączy cele środowiskowe, społeczne i ekonomiczne w spójną wizję zrównoważonego miasta przyszłości.

Zielona infrastruktura odgrywa obecnie kluczową rolę jako:

- strategiczny element polityki miejskiej i klimatycznej wspierający adaptację do zmiany klimatu oraz realizację celów neutralności klimatycznej,
- narzędzie zarządzania ryzykiem środowiskowym, w tym ograniczania skutków powodzi, susz, fal upałów oraz efektu miejskiej wyspy ciepła,
- katalizator procesów rewitalizacji miast umożliwiający przywracanie funkcji społecznych, ekologicznych i estetycznych na obszarach zdegradowanych,
- instrument poprawy jakości życia przyczyniający się do poprawy zdrowia fizycznego i psychicznego, integracji społecznej oraz atrakcyjności przestrzeni publicznych.

3.5. KONTEKST I ZASTOSOWANIA KONCEPCJI ZIELONEJ INFRASTRUKTURY W POLSCE

W Polsce koncepcja zielonej infrastruktury (często określanej także jako infrastruktura błękitno-zielona) jest złożona i wielowymiarowa, a jej holistyczna integracja z procesami planowania przestrzennego pozostaje nadal na wczesnym etapie rozwoju. Proces ten napotyka różne ograniczenia instytucjonalne, prawne i praktyczne. Istotnym problemem jest brak formalnej definicji prawnej zielonej infrastruktury, jej elementów oraz korzyści, które zapewnia. W rezultacie jej wdrażanie i zarządzanie opierają się częściej na dokumentach strategicznych niż na wiążących regulacjach prawnych.

Obecnie w Polsce niewiele jest dokumentów strategicznych, które jednoznacznie definiują błękitno-zieloną infrastrukturę. Jednym z nich jest Uchwała nr 213 Rady Ministrów z dnia 6 listopada 2015 r. w sprawie przyjęcia Programu ochrony i zrównoważonego użytkowania różnorodności biologicznej wraz z Planem działań na lata 2015–2020. Dokument ten podkreśla powiązania między usługami ekosystemowymi a łącznością ekologiczną i konieczność kontroli nad chaotyczną urbanizacją poprzez narzędzia planowania przestrzennego, ograniczenie rozbudowy nawierzchni uszczelnionych i nieprzepuszczalnych oraz wspieranie retencji glebowej. Choć uchwała zachęca do włączania zielonej infrastruktury do dokumentów planowania przestrzennego, sama nie ma charakteru aktu prawnie wiążącego, pełniąc głównie funkcję wytycznych strategicznych. W konsekwencji nie rozwiązuje ona podstawowego problemu, jakim jest brak formalnego umocowania zielonej infrastruktury w polskim systemie prawnym (Antoszewski i in., 2024).

Podstawy zielonej infrastruktury w Polsce wywodzą się zarówno z koncepcji rozwijanych na świecie, jak i z idei tworzonych specjalnie dla polskich miast. Niektóre z tych historycznych koncepcji nie są już aktywnie wdrażane, ale pozostawiły trwały ślad w krajobrazie miast. Są to m.in.: kliny zieleni czy kliny napowietrzające, wielofunkcyjne obszary wypoczynku i rekreacji, normy oraz wskaźniki planowania i kształtowania terenów zieleni. Inne idee nadal wpływają na współczesne planowanie, zwłaszcza system przyrodniczy miasta (SPM).

Koncepcja klinów zieleni, rozwijana na początku XX wieku, była pierwszym kompleksowym modelem systemu zieleni miejskiej w Polsce (Wilski i Ciborowski, 1990; Wilski, 1993; Kotaszewicz, 1994; Kicińska, 2000; Szulczewska i Kaliszuk, 2003, 2005; Maksymiuk, 2009). Po raz pierwszy zastosowano ją w planie zagospodarowania Warszawy z 1916 roku, w którym zaproponowano promienisty układ klinów zieleni łączących centrum miasta z terenami podmiejskimi. Kliny złożone z parków, ogrodów dla dzieci, skwerów i ogrodów działkowych miały poprawiać przewietrzanie centralnych dzielnic oraz zapewniać mieszkańcom przestrzeń rekreacyjną. Choć w późniejszych planach ich zasięg był ograniczany, koncepcja ta wywarła trwały wpływ na strukturę zieleni Warszawy.

W latach 50. XX wieku powstała koncepcja parków kultury i wypoczynku, łączących funkcje rekreacyjne, kulturalne i polityczne. Obejmowały one często kina, amfiteatry, boiska sportowe i place zabaw (Czarnecki, 1961). Były również miejscem organizacji masowych wydarzeń politycznych, co odzwierciedlało kontekst społeczno-polityczny epoki (Piątkowska, 1983; Kicińska, 2000; Szulczewska i Kaliszuk, 2003). W latach 60. i 70. ich funkcja ewoluowała w kierunku szeroko rozumianej rekreacji, prowadząc do powstania koncepcji wielofunkcyjnych centrów wypoczynku i rozrywki (Piątkowska, 1980; Kicińska, 2000; Szulczewska i Kaliszuk, 2003; Maksymiuk, 2009).

W latach 60. XX wieku wprowadzono normy i standardy dotyczące zagospodarowania terenów zieleni. Określono w nich minimalną powierzchnię tych terenów przypadającą na mieszkańca, wynoszącą od 8 do 15 m², oraz wymóg, aby znajdowały się one nie dalej niż 500 m od miejsc zamieszkania. Przepisy te ustanowiły wielopoziomowy, hierarchiczny system miejskich terenów zieleni o charakterze rekreacyjnym, od skali dzielnicy po skalę miasta (Szulczewska i Giedych, 2011).

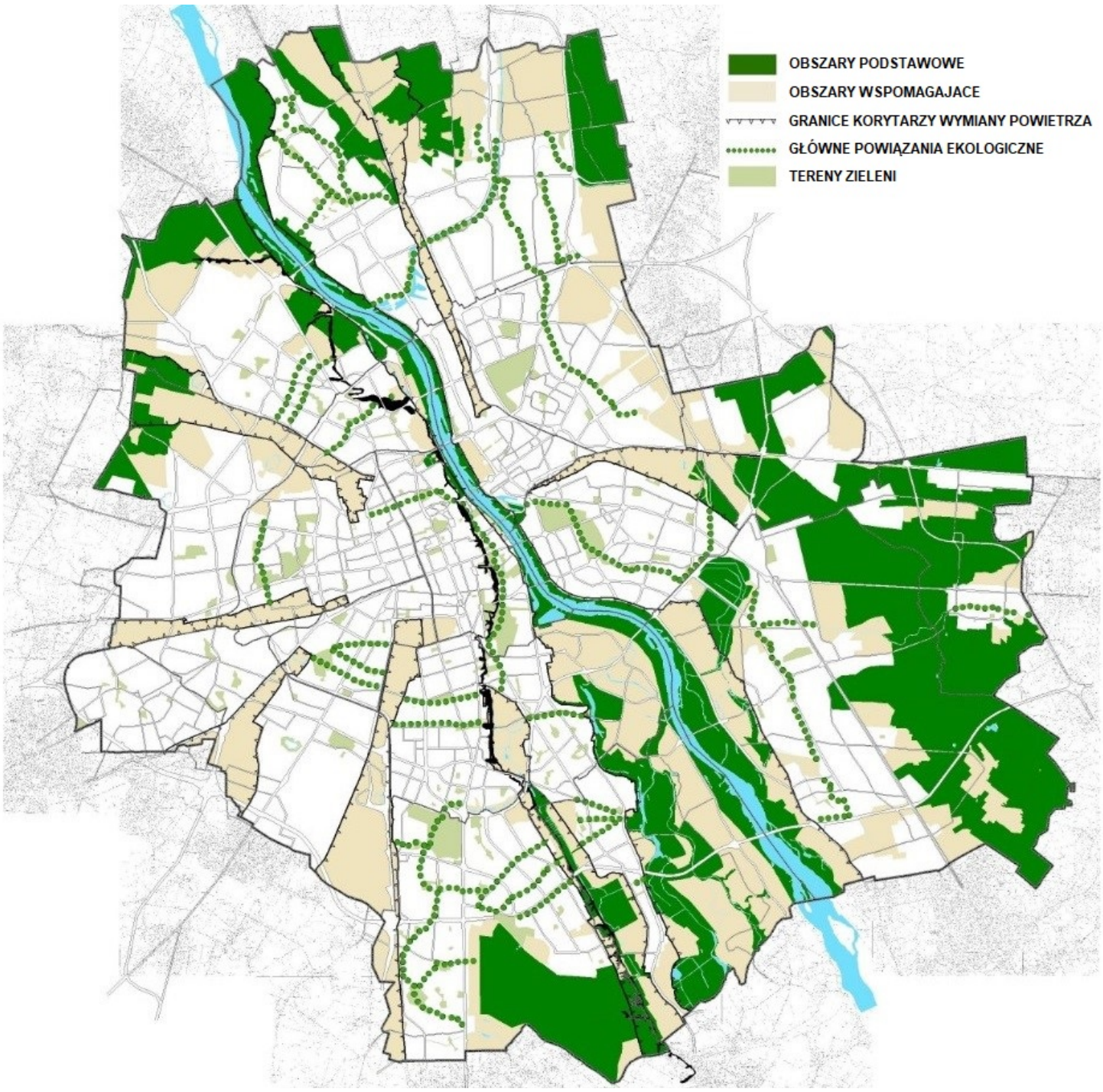
Rosnąca świadomość ekologiczna lat 70. doprowadziła do zmiany podejścia do zieleni miejskiej – z funkcji głównie rekreacyjnej na funkcje ekologiczne. Efektem było opracowanie koncepcji systemu przyrodniczego miasta, która kładła nacisk na ochronę i aktywne zarządzanie systemami ekologicznymi w miastach. SPM składał się z: obszarów węzłowych (rdzeniowych), kluczowych dla procesów biologicznych, hydrologicznych i klimatycznych, oraz obszarów wspomagających, pełniących określone funkcje ekologiczne, np. przewietrzania miasta lub gospodarki wodnej (Szulczewska i Kaftan, 1996). W Warszawie koncepcja ta funkcjonowała jako System Przyrodniczy Warszawy, włączony do planowania przestrzennego miasta w 2006 roku (rysunek 3.5).

Dalsze rozwinięcie zasad kształtowania SPM zaproponowano w ramach koncepcji osnowy ekologicznej, która podkreślała znaczenie powiązań ekologicznych między elementami systemu oraz integracji struktur lokalnych i regionalnych (Przewoźniak, 2002). Koncepcję tę zastosowano m.in. w miastach Pomorza: Gdańsku, Gdyni, Elblągu i Tczewie. Podobną funkcję pełni system parków rzecznych w Krakowie (Böhm, 2001; Hrabiec, 2007), który wykorzystuje sieć hydrologiczną miasta do stworzenia systemu terenów zieleni łączącego funkcje ekologiczne, społeczne i przeciwpowodziowe.

W ostatnich dekadach planowanie zielonej infrastruktury w Polsce coraz silniej inspirowane jest globalnymi koncepcjami zrównoważonego rozwoju, takimi jak: miasto zielone (*green city*) podkreślające ochronę i rozwój przestrzeni naturalnych czy miasto zwarte (*compact city*) promujące zagęszczenie zabudowy w celu zachowania efektywności funkcjonowania ekosystemów (Szulczewska 2002, 2018). Te dwa podejścia często pozostają przeciwstawne w praktyce planistycznej, szczególnie w Warszawie i innych dużych miastach, gdzie presja urbanizacyjna utrudnia ochronę i rozwój terenów zieleni.

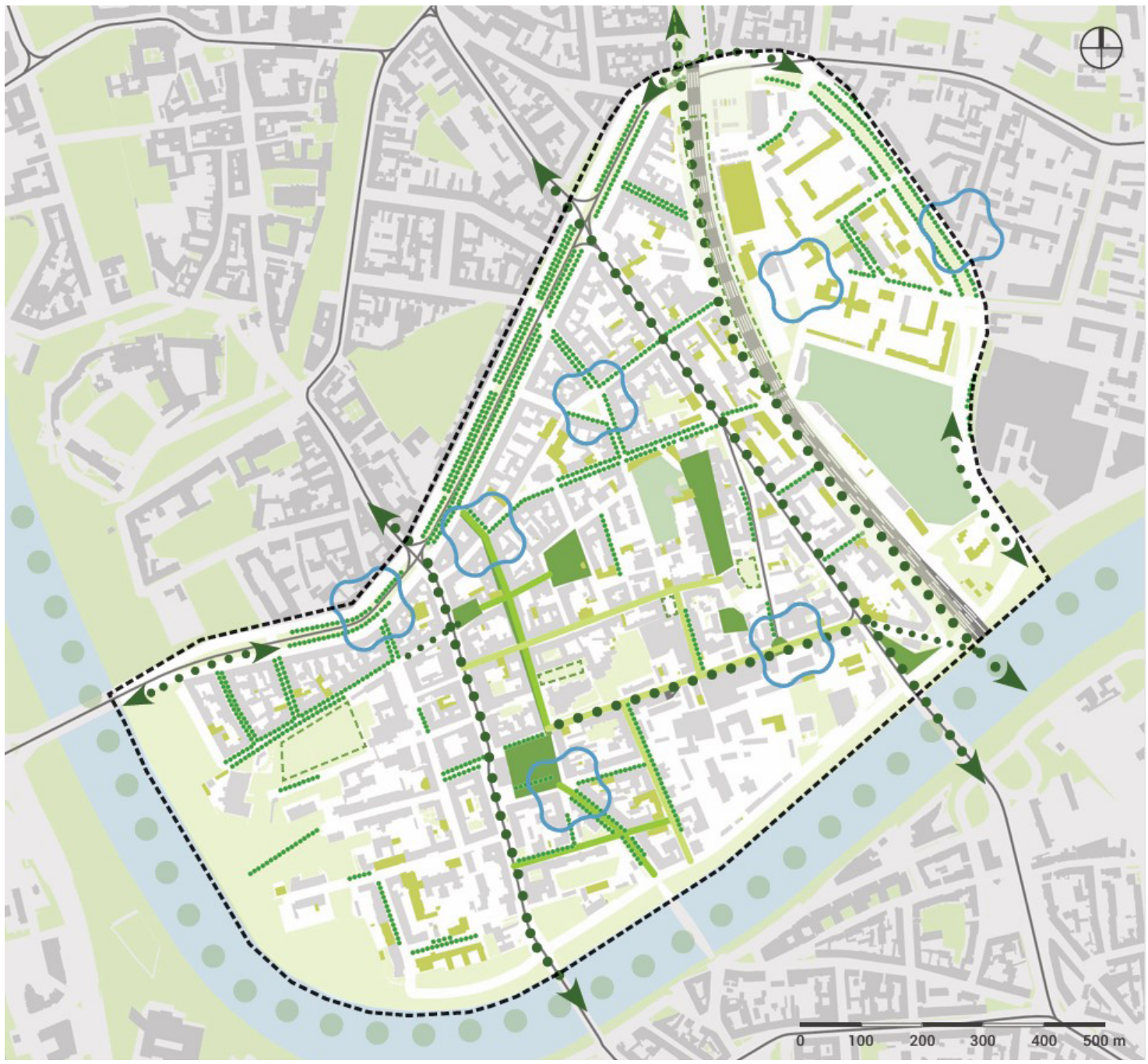
Choć wciąż brakuje kompleksowych regulacji ustawowych, wiele polskich miast rozwija błękitno-zieloną infrastrukturę zarówno poprzez wykorzystanie strategii przestrzennych, jak i konkretnych narzędzi wdrożeniowych. Przykładem jest masterplan dla Klimatycznego Kwartału w Krakowie (rysunek 3.6), który wprowadza szczegółowe wytyczne projektowe i planistyczne dotyczące

rozwiązań błękitno-zielonej infrastruktury (BZI). Wskazuje to na stopniową instytucjonalizację tej koncepcji w ramach systemu planowania przestrzennego i zarządzania środowiskiem.



Rysunek 3.5. System Przyrodniczy Warszawy (Studium uwarunkowań i kierunków zagospodarowania przestrzennego m.st. Warszawy, 2006)

Ostatnie zmiany w Prawie ochrony środowiska (Ustawa z dnia 27 kwietnia 2001 r.) wprowadziły obowiązek przygotowywania planów zazieleniania miast jako części planów adaptacji do zmian klimatu. Regulacje te podkreślają rosnące znaczenie terenów zieleni oraz rozwiązań opartych na naturze w kształtowaniu odporności środowiska miejskiego na skutki zmian klimatycznych. W tym kontekście zielona infrastruktura stopniowo ewoluuje w Polsce w kierunku bardziej uporządkowanego, wielofunkcyjnego i zorientowanego klimatycznie modelu, pomimo że koncepcja ta wciąż nie została w pełni wprowadzona do krajowego systemu regulacji prawnych.



Rysunek 3.6. Propozycja rozwoju błękitno-zielonej infrastruktury w Krakowie (Zarząd Transportu Publicznego w Krakowie)

3.6. KONTEKST I ZASTOSOWANIA KONCEPCJI ZIELONEJ INFRASTRUKTURY W INDONEZJI

Indonezja, położona między Azją i Australią oraz pomiędzy Oceanami Indyjskim i Spokojnym, charakteryzuje się klimatem tropikalnym, który sprzyja rozwojowi rozległych lasów deszczowych i bardzo zróżnicowanych ekosystemów. Lasy tropikalne wraz z mokradłami pełnią kluczowe funkcje ekologiczne, w tym regulacji klimatu, stabilizacji systemów hydrologicznych oraz ochrony bioróżnorodności (Harrison i in., 2020). Ten reżim klimatyczny, na który wpływają uwarunkowania przyrodnicze związane z okresowo występującymi monsunami, powoduje stałe wysokie opady deszczu i wysokie temperatury przez cały rok, co skutkuje powstawaniem takich elementów krajobrazu, jak lasy deszczowe na Sumatrze

i Kalimantanie oraz w Papui, a także ekosystemy sawann we wschodnich regionach archipelagu (Harrison i in., 2020). Naprzemienne występowanie pory deszczowej i suchej ma również wpływ na działalność rolniczą, w szczególności uprawę ryżu, a bogate zasoby wodne wspierają systemy rzeczne i jeziorne, zwiększając jednocześnie podatność na powodzie i susze w zmieniających się warunkach klimatycznych.

W tym kontekście środowiskowym zielona infrastruktura odgrywa kluczową rolę w utrzymaniu jakości środowiska oraz zwiększaniu odporności i dobrostanu poprzez wykorzystywanie funkcji i usług ekosystemowych, które ograniczają zagrożenia hydro-meteorologiczne i wspierają zrównoważone użytkowanie gruntów. Wykazano np., że skuteczność działań podejmowanych w ramach zielonej infrastruktury, takich jak budowa zbiorników retencyjnych i rowów bioretencyjnych oraz wprowadzanie roślinności miejskiej, zmniejszają maksymalne poziomy powodzi i poprawiają zdolność zatrzymywania spływu powierzchniowego w miastach Indonezji, będąc bardziej odporną alternatywą dla tradycyjnej „szarej" infrastruktury w ograniczaniu ryzyka powodziowego (Kumar i in., 2025).

W skali regionalnej, zwłaszcza na terenach nadbrzeżnych, ważną rolę odgrywają programy odtwarzania (ponownego zalesiania) szczególnie cennych ekosystemów, takich jak lasy namorzynowe (rysunek 3.7), a w środkowej części wysp również odbudowa krajobrazów leśnych (rysunek 3.8). Działania te nie tylko ograniczają erozję wybrzeża oraz łagodzą skutki sztormów i tsunami, lecz także regulują mikroklimat, filtrują zanieczyszczenia i zapewniają kluczowe siedliska dla ryb oraz dzikich zwierząt, wspierając zarówno odporność ekologiczną, jak i źródła utrzymania ludzi (Sumarga i in., 2023). Odbudowa terenów bagiennych dodatkowo przyczynia się do łagodzenia zmian klimatycznych poprzez redukcję emisji dwutlenku węgla i utrzymanie funkcji hydrologicznych.

W skali miejskiej zielona infrastruktura obejmuje takie elementy, jak lasy miejskie, parki, zielone dachy, rowy chłonne z roślinnością i stawy retencyjne. Wykazano, że interwencje te zmniejszają wezbrania powodziowe oraz zwiększają zdolność retencji wody deszczowej, łagodzą efekt miejskiej wyspy ciepła, poprawiają jakość powietrza i zwiększają różnorodność biologiczną w gęsto zabudowanych obszarach (Kumar i in., 2025). Szybka ekspansja miast i przekształcanie terenów otwartych w obszary zabudowane zagrażają jednak świadczeniu usług ekosystemowych, co wskazuje na pilną potrzebę systematycznego włączania zielonej infrastruktury do planowania urbanistycznego i strategii rozwoju (Purwantiningrum i in., 2025).



Rysunek 3.7. Odtwarzanie lasów namorzynowych w Dżakarcie (TWA Angke Kapuk, 2025)



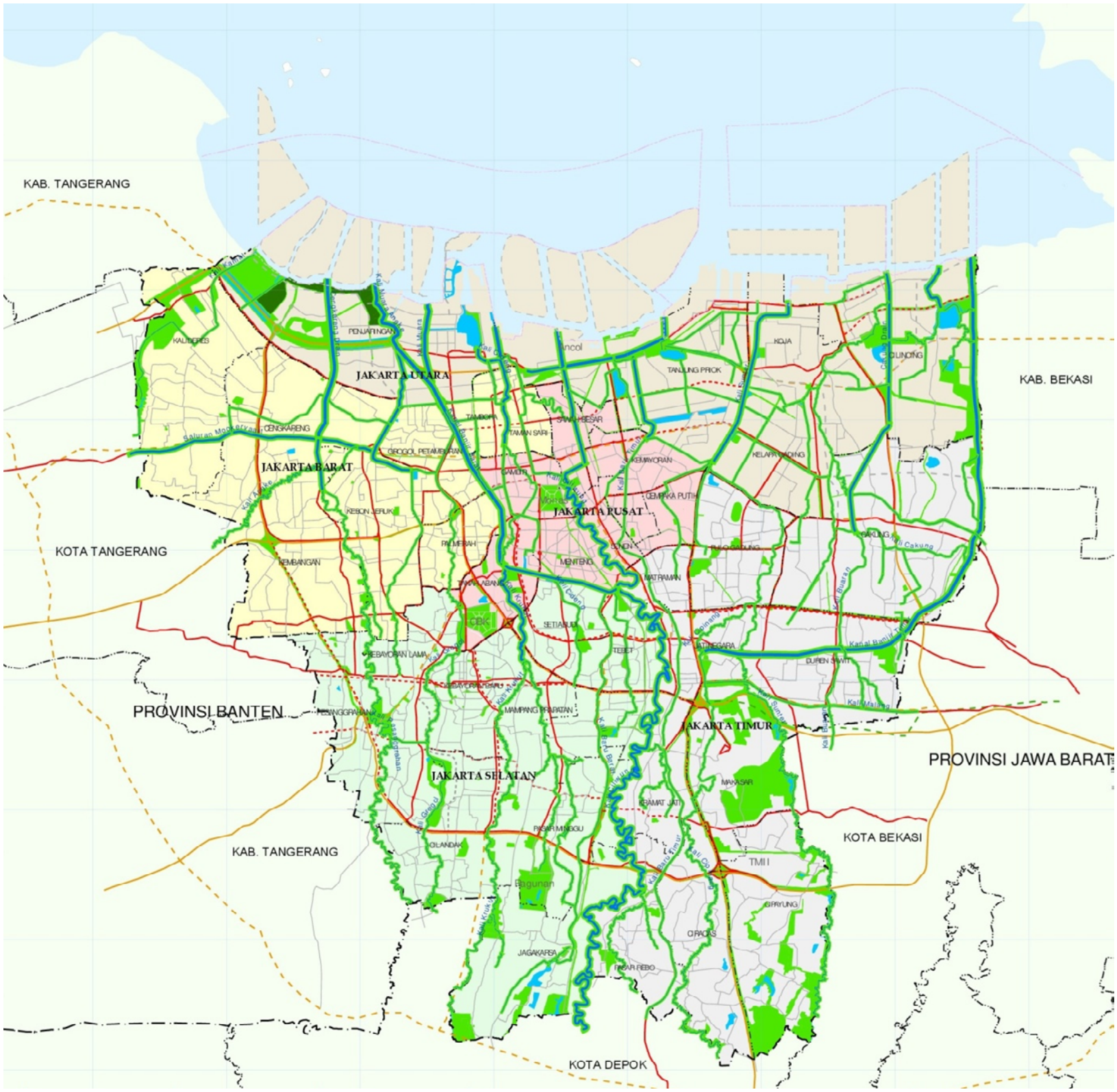
Rysunek 3.8. Las w parku narodowym Mount Halimun Salak w Indonezji (CIFOR-ICRAF, 2017)

Jedną z podstaw planowania zielonej infrastruktury w Indonezji jest ustawa nr 26 z 2007 roku o planowaniu przestrzennym (Spatial Planning Law of 2007), która ustanowiła prawne ramy dla uwzględniania terenów zieleni w planowaniu miejskim. Zgodnie z tą ustawą, każde miasto jest zobowiązane do przeznaczenia co najmniej 30% powierzchni miejskiej na tereny zieleni, w tym 20% na publiczne tereny zielone zarządzane przez władze lokalne oraz 10% na prywatne tereny

zieleni zapewniane przez właścicieli prywatnych lub deweloperów (Setiowati, 2019). Regulacja definiuje zielone tereny otwarte jako obszary zdominowane przez roślinność, pełniące funkcje ekologiczne, społeczne i estetyczne w strukturze przestrzennej miasta. Głównym celem tego wymogu jest utrzymanie równowagi ekologicznej w miastach, poprawa jakości środowiska, regulacja warunków mikroklimatycznych oraz wspieranie funkcji hydrologicznych, takich jak infiltracja wody i ograniczanie ryzyka powodzi. W tym kontekście ustawa ustanowiła długotrwałą tradycję planowania skoncentrowaną na zapewnianiu zielonych terenów otwartych (rysunek 3.9), która stała się później podstawą dla bardziej kompleksowych strategii zielonej infrastruktury (Jundiani i in., 2025).

Opierając się na ramach prawnych wprowadzonych przez ustawę o planowaniu przestrzennym, rząd Indonezji uruchomił w 2011 roku Program rozwoju zielonych miast (program Pengembangan Kota Hijau, P2KH) realizowany przez Ministerstwo Robót Publicznych i Mieszkalnictwa. Jest to program ogólnokrajowy wspierający władze lokalne we wdrażaniu zrównoważonego rozwoju miejskiego oraz poprawie ilości i jakości zielonych terenów otwartych. P2KH promuje szersze ramy miejskiego zrównoważenia oparte na kilku elementach składających się na koncepcję „zielonego miasta", w tym: zielone planowanie i projektowanie, zielone tereny otwarte, zielony transport, zarządzanie wodą, gospodarka odpadami, energia odnawialna, zielone budynki oraz udział społeczności. Gminy otrzymują dzięki niemu wsparcie techniczne i doradztwo w zakresie planowania, które umożliwia integrację terenów zielonych w planach zagospodarowania przestrzennego i projektach rozwoju miejskiego, przekładając w praktyce wymagania ustawy nr 26 z 2007 roku na polityki miejskie i strategie rozwojowe (Hayati i in., 2013).

Kolejny krok koncepcyjny w kierunku zintegrowanego planowania ekologicznego wprowadzono wraz z Mapą drogową zielonych miast (Green City Road Map) opracowaną przez Ministerstwo Robót Publicznych w 2015 roku. W odróżnieniu od wcześniejszych ram, które koncentrowały się głównie na realizacji ilościowych celów dotyczących obszarów zielonych, Mapa drogowa zielonych miast zapewnia szersze ramy koncepcyjne i operacyjne dla przekształcania miast w systemy przyjazne środowisku. Kładzie nacisk na integrację zasad ekologicznych w planowaniu przestrzennym i rozwoju infrastruktury, promując tworzenie sieci zieleni, które łączą krajobrazy naturalne, parki miejskie, systemy wodne oraz zielone korytarze z infrastrukturą zabudowaną. Mapa drogowa określa także kluczowe priorytety strategiczne, takie jak: wzmocnienie funkcji ekologicznych miast, poprawa odporności na zmiany klimatu, usprawnienie zarządzania wodą i bioróżnorodnością oraz zachęcanie społeczności do udziału w inicjatywach zielonych miast. Poprzez określenie zasad planowania, kierunków rozwoju i strategicznych działań dla gmin mapa stanowi istotny pomost między krajowymi regulacjami planowania przestrzennego a praktycznym wdrażaniem systemów zielonej infrastruktury w indonezyjskich miastach (Faisal i in., 2022)



Rysunek 3.9. Plan terenów zieleni Dżakarty (2030 Regional Plan of the Capital City of Jakarta, 2012)

Pytania sprawdzające:

1. Jakie są trzy główne podejścia do definiowania zielonej infrastruktury?
2. Jakie są podstawowe różnice i podobieństwa między głównymi podejściami do definiowania zielonej infrastruktury?
3. Jak interpretować różnorodność podejść do definiowania zielonej infrastruktury?
4. Jak rozumiana jest koncepcja zielonej infrastruktury w Polsce?
5. Jak rozumiana jest koncepcja zielonej infrastruktury w Indonezji?

Bibliografia

Antoszewski, P., Świerk, D., Krzyżaniak, M., & Choryński, A. (2024). Legal Tools for Blue-Green Infrastructure Planning – Based on the Example of Poznań (Poland). *Sustainability*, *16*(1), 141. https://doi.org/10.3390/su16010141

Benedict, M. A., & McMahon, E. T. (1999). *Green infrastructure: Smart conservation for the 21st century.* The Conservation Found. http://sprawlwatch.org/greeninfrastructure.pdf [dostęp: 18.11.2025].

Benedict, M. A., & McMahon, E. T. (2006). *Green infrastructure: Linking landscapes and communities*. Island Press.

Böhm, A. (2001). Parki rzeczne w krajobrazie Krakowa. *Architektura Krajobrazu, 2–3*, 17–22.

Capone, J. (2012). *Urban Green Infrastructure in San Jose and Beyond* [rys.]. https://savesfbay.org/wp-content/uploads/2022/01/UrbanGreening-1024x862.png [dostęp: 18.11.2025].

CIFOR-ICRAF. (2017). *A view of Gunung Halimun-Salak National Park* (CC BY-NC-ND 2.0 Mokhamad Edliadi) [fot.]. https://live.staticflickr.com/4319/36125098535_b438d8abc5_o.jpg [dostęp: 18.11.2025].

Communication from The Commission to the European Parliament, the Council, the European Economic and Social Committee and the Committee of the Regions: Green infrastructure (GI) – Enhancing Europe's Natural Capital (COM(2013)249). https://eur-lex.europa.eu/legal-content/EN/TXT/PDF/?uri=CELEX:52013DC0249 [dostęp: 18.11.2025].

Czarnecki, W. (1961). *Planowanie miast i osiedli. Tom III. Tereny zielone*. PWN.

European Environment Agency [EEA]. (2025). *Green infrastructure*. https://biodiversity.europa.eu/green-infrastructure [dostęp: 18.11.2025].

Grabowski, Z. J., McPhearson, T., Matsler, M., Groffman, P. T., & Pickett, S. A. (2022). What Is Green Infrastructure? A Study of Definitions in US City Planning. *Frontiers in Ecology and the Environment*, *20*(3), 152–160. https://doi.org/10.1002/fee.2445

Harrison, M. E., Ottay, J. B., D'Arcy, L. J., Cheyne, S. M., Anggodo, Belcher, C., Cole, L., Dohong, A., Ermiasi, Y., Feldpausch, T., Gallego-Sala, A., Gunawan, A., Höing, A., Husson, S. J., Kulu, I. P., Soebagio, S. M., Mang, S., Mercado, L., Morrogh-Bernard, H. C., Page, S. E., Priyanto, R., Ripoll Capilla, B., Rowland, L., Santos, E. M., Schreer, V., Sudyana, I. N., Taman, S. B. B., Thornton, S. A.,

Upton, C., Wich, S. A., & Veen, F. J. F. van. (2020). Tropical forest and peatland conservation in Indonesia: Challenges and directions. *People and Nature*, *2*(1), 4–28. https://doi.org/10.1002/pan3.10060

Faisal, B., Dahlan, M. Z., Chaeriyah, S., Hutriani, I. W., & Amelia, M. (2022). Analysis of green infrastructure development policy in Indonesia: an adaptive strategy for sustainable landscape development. *IOP Conference Series: Earth and Environmental Science*, *1092*(1), 012013. https://doi.org/10.1088/1755-1315/1092/1/012013

Hayati, J., Sitorus, S. R., & Nurisjah, S. (2013). Pengembangan ruang terbuka hijau dengan pendekatan kota hijau di Kota Kandangan. *TATALOKA*, *15*(4), 306–316. https://doi.org/10.14710/tataloka.15.4.306-316

Hrabiec, A. (2007). Parki rzeczne jako metoda planistyczna ochrony przyrody na przykładzie krakowskich planów parków cieków wodnych Drwinka i Sudół Bieżanowski. Czasopismo Techniczne. *Architektura*, *7-A*, 135–143.

John, H., Marrs, C., & Neubert, M. (red.). (2019). *Green Infrastructure Handbook – Conceptual and Theoretical Background, Terms and Definitions*. Interreg Central Europe Project MaGICLandscapes. Output O.T1.1, Dresden [z udziałem: H. John, C. Marrs, M. Neubert, S. Alberico, G. Bovo, S. Ciadamidaro, F. Danzinger, M. Erlebach, D. Freudl, S. Grasso, A. Hahn, Z. Jała, I. Lasala, M. Minciardi, G.L. Rossi, H. Skokanová, T. Slach, K. Uhlemann, P. Vayr, D. Wojnarowicz, T. Wrbka]. https://programme2014-20.interreg-central.eu/Content.Node/MaGICLandscapes-Green-Infrastructure-Handbook.pdf [dostęp: 18.11.2025].

Jundiani, J., Fadli, M., Qurbani, I. D., Kurniaty, R., & Hulwanullah, H. (2024). Urban green space regulation: Challenges to water resources conservation in Indonesia and Australia. *Journal of Human Rights, Culture and Legal System*, *4*(1), 169–193. https://doi.org/10.53955/jhcls.v4i1.128

Kicińska, E. (2000). *Zieleń Warszawy w opracowaniach pracowni zieleni BOS, BUW, PUW, BPRW 1945–1991 r*. Gmina Warszawa-Centrum.

Kotaszewicz, T. (1994). *Koncepcje przestrzennego rozwoju Warszawy w pracach Tadeusza Tołwińskiego: 1916–1946*. Gmina Warszawa-Centrum.

Kumar, R., Tsegaye, H., & Hamidy, A. (2025). Effectiveness Of Green Infrastructure For Flood Mitigation In Semarang City. *Journal of Multidisciplinary Sustainability Asean*, *2*(4), 187–199.

Landscape Institute. (2013). *Position Statement Green Infrastructure. An integrated approach to land use*. https://landscapeinstitute.org/policy-practice/topics/nature-biodiversity-and-green-infrastructure/green-infrastructure/ [dostęp: 18.11.2025].

Law of the Republic of Indonesia No. 26 of 2007 concerning spatial planning (Spatial Planning Law). UU No. 6 Tahun 2007. https://peraturan.bpk.go.id/details/39908/uu-no-26-tahun-2007 [dostęp: 18.11.2025].

Maksymiuk, G. (2009). Contemporary trends in design of Warsaw recreational areas in relation to the twentieth-century concepts, ideas and discourses important for forming of Warsaw recreational areas. *Annals of Warsaw University of Life Sciences – SGGW. Horticulture and Landscape Architecture*, *30*, 291–300.

Natural England. (2023). *Green Infrastructure Planning and Design Guide. Designing nature-rich, healthy, climate-resilient, and thriving places*. https://designatedsites.naturalengland.org.uk/GreenInfrastructure/downloads/Design%20Guide%20-%20Green%20Infrastructure%20Framework.pdf [dostęp: 18.11.2025].

Piątkowska, K. (1983). *Kształtowanie obiektów i zespołów usługowych. Zieleń i wypoczynek*. Instytut Kształtowania Środowiska.

Przewoźniak, M. (2002). *Kształtowanie środowiska przyrodniczego miast, przykłady z regionu gdańskiego*. Politechnika Gdańska.

Purwantiningrum, P., Rustiadi, E., & Okta, D. (2025). Regional Sustainability Mapping the spatial pattern of ecosystem services in the Jabodetabek Metropolitan Area, Indonesia: Could peri-urban areas support the urban core? *Regional Sustainability*, *6*(6), 100276. https://doi.org/10.1016/j.regsus.2025.100276

Regional Regulation of the Special Capital Region of Jakarta No 1 of 2012 concerning the 2030 spatial plan (2030 Regional Plan of the Capital City of Jakarta). Perda Prov. DKI Jakarta No 1 Tahun 2012. https://peraturan.bpk.go.id/Download/356204/Perda%20DKI%20Nomor%201%20Tahun%202012.pdf [dostęp: 18.11.2025].

Setiowati, R., Hasibuan, H. S., Koestoer, R. H., & Harmain, R. (2019). Planning for Urban Green Areas and Its Importance for Sustainability: The Case of Jakarta. *IOP Conference Series: Earth and Environmental Science*, *328*, 012027. https://doi.org/10.1088/1755-1315/328/1/012027

Studium uwarunkowań i kierunków zagospodarowania przestrzennego m.st. Warszawy. Załącznik nr 1 do Uchwały nr LIII/1611/2021 Rady m.st. Warszawy z 26 sierpnia 2021 r. https://tinyurl.com/yumhtttb [dostęp: 18.11.2025].

Sumarga, E., Sholihah, A., Angelina, F., Srigati, E., Nabila, S., Azzahra, P. R., & Rabbani, N. P. (2023). Quantification of Ecosystem Services from Urban Mangrove Forest: A Case Study in Angke Kapuk Jakarta. *Forests*, *14*(9), 1–13. https://doi.org/10.1088/1755-1315/328/1/012027

Szulczewska, B. (2002). *Teoria ekosystemu w koncepcjach rozwoju miast*. Wydawnictwo SGGW.

Szulczewska, B. (2018). *Zielona infrastruktura – czy koniec historii?*. Komitet Przestrzennego Zagospodarowania Kraju PAN.

Szulczewska, B., & Giedych, R. (2011). Główne problemy i tendencje kształtowania zieleni osiedlowej w Polsce w XX i XIX wieku. W: B. Szulczewska & R. Giedych (red.), *Przestrzeń przyrodnicza i społeczna osiedli mieszkaniowych w XX i XXI wieku* (s. 7–21). Wydawnictwo SGGW.

Szulczewska, B., & Kaftan, J. (red.). (1996). *Kształtowanie systemu przyrodniczego miasta*. IGPiK.

Szulczewska B., & Kaliszuk E. (2003). Challenges in the Planning and Management of „Green structure" in Warsaw, Poland. *Built Environment*, *29*(2), 144–156. https://doi.org/10.2148/benv.29.2.144.54464

Szulczewska B., & Kaliszuk E. (2005). Problems of green structure planning and management in Warsaw. W: B. Duhem, G. Lindholm & A. C. Werquin (red.), *Green structure and urban planning. Final report* (s. 90–102). EU Publications Office (OPOCE). https://op.europa.eu/en/publication-detail/-/publication/6d535bf7-18c9-4bc6-9818-1cf2e49d4e8c/language-en# [dostęp: 18.11.2025].

Taman Wisata Alam Angke Kapuk [TWA Angke Kapuk]. (2025). *Conservation*. https://jakartamangrove.id/conservation [dostęp: 18.11.2025].

Uchwała nr 213 Rady Ministrów z dnia 6 listopada 2015 r. w sprawie zatwierdzenia „Programu ochrony i zrównoważonego użytkowania różnorodności biologicznej wraz z Planem działań na lata 2015-2020". M.P. 2015 poz. 1207.

United States Environmental Protection Agency [EPA]. (2018). *What is Green Infrastructure?* https://19january2017snapshot.epa.gov/green-infrastructure/what-green-infrastructure_.html [dostęp: 18.11.2025].

Ustawa z dnia 27 kwietnia 2001 r. Prawo ochrony środowiska. Dz.U. 2001 nr 62 poz. 627 ze zm.

Water Infrastructure Improvement Act. H.R.7279 – 115th Congress. https://www.congress.gov/bill/115th-congress/house-bill/7279 [dostęp: 18.11.2025].

Weber, T., Sloan, A., & Wolf, J. (2006). Maryland's Green Infrastructure Assessment: Development of a comprehensive approach to land conservation. *Landscape and Urban Planning*, *77*(1–2), 94–110. https://doi.org/10.1016/j.landurbplan.2005.02.002

Wilski, J. (red.). (1993). *Warszawa rozwój przestrzenny*. *Urząd Miasta Stołecznego Warszawy*. https://architektura.um.warszawa.pl/documents/12025039/26157651/Warszawa_rozwoj_przestrzenny.pdf [dostęp: 18.11.2025].

Wilski, J., & Ciborowski, A. (red.). (1990). *Plan generalny Warszawy*. Pracownia Urbanistyczna Wydział Architektury Nadzoru Budowlanego i Geodezji.

Zarząd Transportu Publicznego w Krakowie. (2021). *Klimatyczny Kwartał. Materplan*. https://ztp.krakow.pl/wp-content/uploads/2022/02/raport_etap_3_masterplan.pdf [dostęp: 18.11.2025].

4. WDRAŻANIE ZIELONEJ INFRASTRUKTURY

O czym jest ten rozdział:
W rozdziale omówiono wdrażanie zielonej infrastruktury w perspektywie polityki międzynarodowej. Na początku przedstawiono globalne ramy wspierające rozwój zielonej infrastruktury, takie jak Cele Zrównoważonego Rozwoju ONZ (*sustainable development goals*, SDGs) i Nowa Agenda Miejska ONZ, a także wytyczne Światowej Organizacji Zdrowia. Podkreślono również znaczenie zielonej infrastruktury dla zrównoważonego planowania urbanistycznego i środowiskowego, odwołując się do strategii europejskich, takich jak unijna strategia zielonej infrastruktury i unijna strategia różnorodności biologicznej.

W dalszej części rozdziału omówiono praktyczne narzędzia służące wdrażaniu zielonej infrastruktury, obejmujące instrumenty planowania i polityki rozwoju, mechanizmy regulacyjne i prawne, rozwiązania projektowe i techniczne, środki finansowe i ekonomiczne oraz sposoby angażowania lokalnych społeczności.

Na koniec nakreślono podstawowe zasady dotyczące kształtowania zielonej infrastruktury, kładąc nacisk na łączność, wielofunkcyjność, podejście wieloskalowe, integrację z innymi systemami, różnorodność ekologiczną i funkcjonalną, planowanie strategiczne, aktywny udział i zrównoważone zarządzanie. Wszystkie te ramy, narzędzia i zasady stanowią kompleksową podstawę dla tworzenia odpornych, wielofunkcyjnych i sprzyjających integracji społecznej terenów stanowiących system zielonej infrastruktury.

Czego się dowiesz:
- Które globalne ramy i strategie mają największy wpływ na rozwój zielonej infrastruktury w skali międzynarodowej.
- Jakie narzędzia i mechanizmy można stosować w praktycznym wdrażaniu zielonej infrastruktury.
- Jak zasady kształtowania zielonej infrastruktury mogą zostać skutecznie przełożone z globalnych strategii i wytycznych na działania lokalne.

4.1. MIĘDZYNARODOWE RAMY WSPIERAJĄCE ROZWÓJ ZIELONEJ INFRASTRUKTURY

Międzynarodowe inicjatywy i dokumenty ONZ odgrywają kluczową rolę w promowaniu zielonej infrastruktury jako uniwersalnego środka rozwiązywania problemów środowiskowych, społecznych i klimatycznych. Już Agenda 21 przyjęta podczas Szczytu Ziemi w Rio w 1992 roku wskazywała na potrzebę ochrony ekosystemów jako podstawy zrównoważonego rozwoju społecznego i gospodarczego. W dokumencie tym podkreślono, że degradacja środowiska stanowi zagrożenie dla stabilności gospodarczej i jakości życia, dlatego też państwa powinny wdrażać zasady zrównoważonego planowania przestrzennego, uwzględniając warunki naturalne i długoterminowe konsekwencje swoich decyzji. Po raz pierwszy na tak dużą skalę uznano, że rozwój gospodarczy i ochrona środowiska nie muszą się wzajemnie wykluczać, pod warunkiem że działania planistyczne mają charakter długoterminowy i opierają się na rzetelnej wiedzy na temat funkcjonowania ekosystemów. Agenda 21 zainspirowała wiele późniejszych strategii, w tym Cele Zrównoważonego Rozwoju ONZ (Elder i Grünewald, 2025).

Cele Zrównoważonego Rozwoju ONZ (SDGs; Resolution A/RES/70/1) wyraźnie podkreślają znaczenie podejść opartych na naturze dla osiągnięcia zrównoważonego rozwoju. Kilka z nich jest szczególnie istotnych dla rozwoju zielonej infrastruktury, przede wszystkim SDG 11 (Zrównoważone miasta i społeczności), SDG 13 (Działania w dziedzinie klimatu) oraz SDG 15 (Życie na lądzie). SDG 11 podkreśla znaczenie tworzenia integracyjnych, bezpiecznych, odpornych i zrównoważonych środowisk miejskich, zwracając szczególną uwagę na rolę terenów zieleni dla poprawy jakości życia. SDG 13 (Działania w dziedzinie klimatu) wzywa do podjęcia pilnych kroków zmierzających do przeciwdziałania zmianom klimatu i ich skutkom poprzez zastosowanie zielonej infrastruktury zapewniającej rozwiązania adaptacyjne, takie jak chłodzenie miast, zarządzanie wodami opadowymi i sekwestracja dwutlenku węgla. SDG 15 (Życie na lądzie) koncentruje się na ochronie, odbudowie i promowaniu zrównoważonego wykorzystania ekosystemów lądowych, co bezpośrednio odpowiada celom zielonej infrastruktury, takim jak odbudowa siedlisk i zapewnienie łączności ekologicznej. Dzięki tym celom zielona infrastruktura jest postrzegana nie tylko jako środek ochrony środowiska, lecz także sposób na osiągnięcie zrównoważonego rozwoju społecznego i gospodarczego w skali lokalnej i globalnej.

Lombardia i Gomez-Villarino (2023) wskazują, że zielona infrastruktura może być skutecznym narzędziem realizacji celów zrównoważonego rozwoju. Może się ona przyczynić do osiągnięcia 60–90% szczegółowych działań określonych w ramach celów: SDG 1 (Wyeliminowanie ubóstwa), SDG2 (Wyeliminowanie głodu), SDG 11 (Zrównoważone miasta i społeczności), SDG 13 (Działania w dziedzinie klimatu) oraz SDG 15 (Życie na lądzie) (rysunek 4.1).



Rysunek 4.1. Wkład zielonej infrastruktury w realizację Celów Zrównoważonego Rozwoju ONZ (Lombardia i Gomez-Villarino, 2023)

Kolejnym ważnym międzynarodowym dokumentem promującym rozwój zielonej infrastruktury jest Nowa Agenda Miejska ONZ (United Nations, 2017). Wskazano w niej na potrzebę promowania planowania, tworzenia oraz utrzymywania spójnych i dobrze zaplanowanych sieci otwartych, wielofunkcyjnych, bezpiecznych, dostępnych i wysokiej jakości zielonych terenów publicznych, które sprzyjają integracji społecznej, wzmacniają odporność miast na klęski żywiołowe i skutki zmiany klimatu – w tym powodzie, susze i fale upałów – oraz wspierają bezpieczeństwo żywnościowe i zdrowie fizyczne i psychiczne mieszkańców.

Promując integracyjne, zielone i odporne miasta, nowa agenda miejska określa globalne ramy wdrażania zasad zrównoważonego rozwoju na terenach zurbanizowanych (Nesmachnow i Callejo, 2025).

Światowa Organizacja Zdrowia podkreśla również istotną rolę rozwoju zielonej infrastruktury. W publikacjach takich jak „Miejskie tereny zieleni a zdrowie: przegląd badań" (WHO, 2016) oraz „Miejskie tereny zieleni: propozycja działań" (WHO, 2017) organizacja podkreśla znaczenie zieleni miejskiej dla zdrowia fizycznego i psychicznego ludzi, zmniejszenia zanieczyszczenia powietrza i poprawy jakości życia w miastach. Zaleca także włączenie zielonej infrastruktury jako integralnej części do planowania przestrzennego i polityki zdrowotnej, traktując ją nie jako dodatek, ale standardowe narzędzie wspierające społeczności w dostosowywaniu się do wyzwań środowiskowych i klimatycznych. Światowa Organizacja Zdrowia zaproponowała wskaźnik powierzchni terenów zieleni przypadającej na jednego mieszkańca w wysokości co najmniej 9 m^2 w odległości 15 min spacerem od miejsca zamieszkania jako wyznacznik zdrowia zrównoważonych miast (WHO, 2012). Z kolei Biuro Regionalne WHO dla Europy opracowało wskaźnik zieleni miejskiej, który mierzy odsetek ludności mającej dostęp do terenów zieleni o powierzchni co najmniej 0,5 ha w odległości do 300 m (UN Habitat, 2018).

Jafrin i Beza (2018) zauważają, że wiele miast na całym świecie nie spełnia zalecanego przez Światową Organizację Zdrowia standardu co najmniej 9 m^2 terenów zieleni przypadających na jednego mieszkańca. Ich analizy wskazują, że brak odpowiedniego dostępu do miejskich terenów zieleni jest szczególnie widoczny w gęsto zaludnionych obszarach miejskich i w rozwijających się miastach, gdzie presja urbanizacyjna i ograniczone zasoby gruntów utrudniają tworzenie i utrzymywanie wielofunkcyjnych terenów zieleni (tabela 4.1).

W Unii Europejskiej zielona infrastruktura jest kluczowym elementem zrównoważonego rozwoju i narzędziem służącym do rozwiązywania problemów środowiskowych, społecznych i klimatycznych. W 2013 roku Komisja Europejska formalnie przyjęła Strategię UE na rzecz zielonej infrastruktury (Communication COM(2013)249), w której ZI uznawana jest za element kapitału naturalnego o wysokiej wartości ekologicznej, społecznej i gospodarczej. W dokumencie tym podkreślono, że zielona infrastruktura powinna być uwzględniana we wszystkich odpowiednich obszarach polityki UE, a nie traktowana jedynie jako opcjonalne rozwiązanie środowiskowe.

W praktyce oznacza to, że systemy naturalne – takie jak sieci parków, korytarze ekologiczne, tereny podmokłe, zielone dachy i miejskie tereny zieleni – powinny stanowić integralną część planowania przestrzennego, środków dostosowywania do zmiany klimatu i polityk sektorowych w całej Unii Europejskiej. Chociaż sama strategia z 2013 roku nie jest prawnie wiążąca w przeciwieństwie do dyrektywy lub rozporządzeń, zielona infrastruktura jest wspierana i wdrażana poprzez

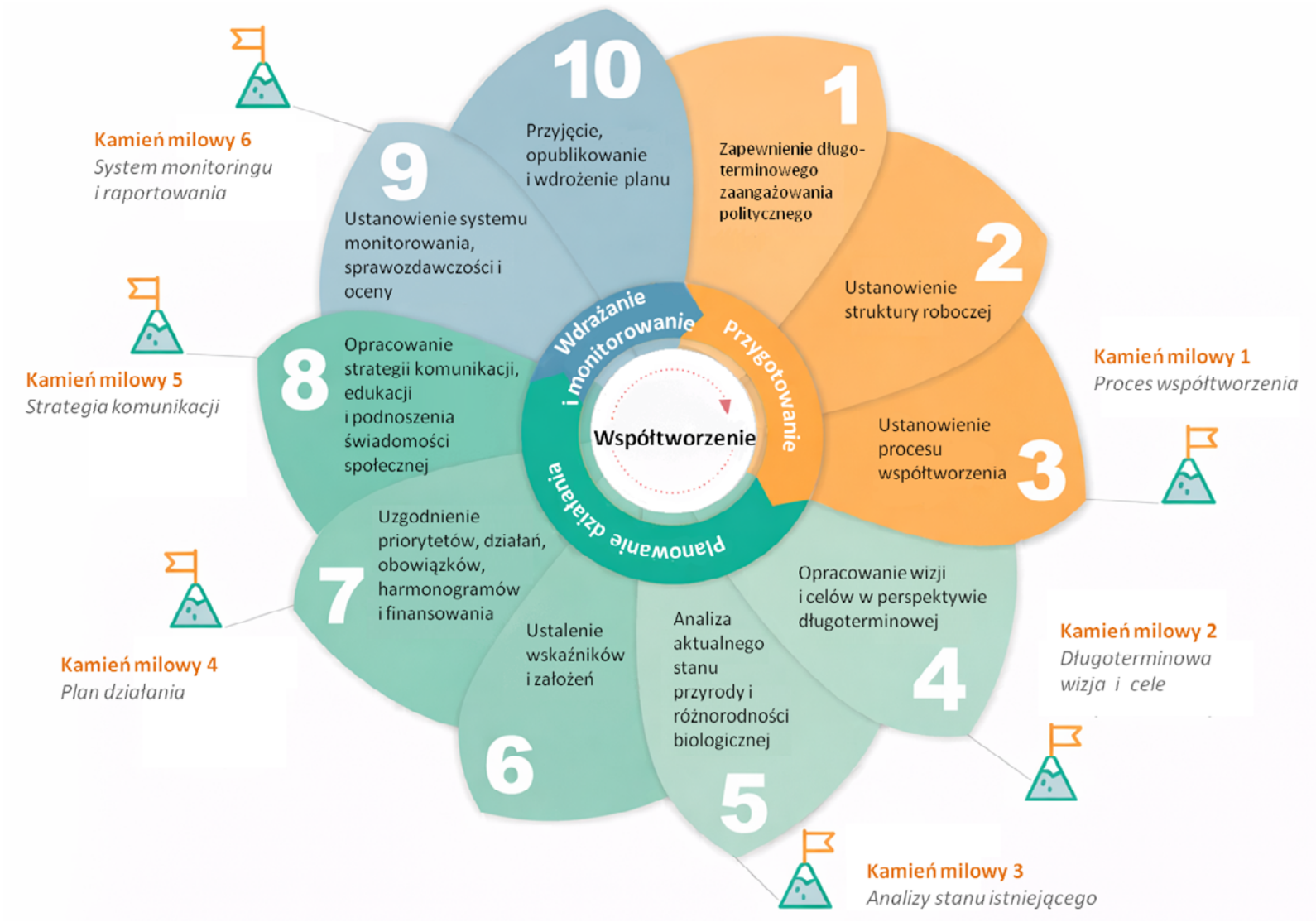
Tabela 4.1. Miasta niespełniające standardu WHO dotyczącego minimalnej powierzchni terenów zieleni (Jafrin i Beza, 2018)

Kontynent	Miasto	Liczba ludności [mln]	Liczba ludności miejskiej [mln]	Pow. [km^2]	Gęstość zaludnienia [os./km^2]	Powierzchnia terenów zieleni na mieszkańca [m^2]
Europa	Stambuł	15,02	14,79	1539	2813	6,4
	Barcelona	5,47	1,60	102	16 000	5,6
Ameryka	Colima	7,11	1,70	5627	130	6,2
	Meksyk	20,90	8,91	1485	6000	3,5
	Buenos Aires	13,59	2,89	203	14 237	1.9
Azja	Tokio	38,30	13,61	2188	6224	3,0
	Kuala Lumpur	7,20	1,79	243	6890	6,5
	Mumbaj	20,74	12,30	603	21 000	1,1
	Szanghaj	24,10	22,20	4000	3800	6,1
	Hongkong	–	7,40	2754	6777	2,7
	Dhaka	18,89	14,39	306	28 410	0,2
	Ćottogram	5,20	4,10	168	14 200	0,2

istniejące prawodawstwo UE, w tym Ramową dyrektywę wodną, Dyrektywę powodziową oraz strategie sektorowe, takie jak Strategia UE w zakresie przystosowania się do zmiany klimatu oraz Strategia UE na rzecz różnorodności biologicznej do 2030 roku.

Strategia UE na rzecz różnorodności biologicznej (Communication COM/2020/380) promuje zieloną infrastrukturę jako narzędzie przeciwdziałające utracie różnorodności biologicznej, degradacji środowiska i presji urbanizacyjnej, podkreślając jednocześnie wiążące się z nią korzyści społeczne, takie jak poprawa zdrowia publicznego i integracja przestrzeni publicznych. Aby ponownie włączyć przyrodę do środowiska miejskiego, strategia wzywa wszystkie miasta liczące ponad 20 tys. mieszkańców do opracowania planów zazieleniania obszarów miejskich, podkreślając, że plany takie mają zasadnicze znaczenie dla zintegrowania przyrody ze środowiskiem miejskim. Komisja Europejska opracowała specjalne wytyczne, aby pomóc miastom w UE w opracowywaniu takich planów (DG ENV EU, 2024). Wytyczne przedstawiają optymalne podejście

do tworzenia i wdrażania planów zazieleniania oraz zawierają zalecenia oparte na dziesięciostopniowym procesie, który ma skutecznie przeprowadzić miasta przez wszystkie etapy tworzenia planu (rysunek 4.2).



Rysunek 4.2. Dziesięć kroków prowadzących do opracowania planu zazieleniania obszarów miejskich (DG ENV EU, 2024)

4.2. NARZĘDZIA WDRAŻANIA ZIELONEJ INFRASTRUKTURY

Narzędzia wdrażania zielonej infrastruktury to strategie, polityki, technologie i mechanizmy planowania wykorzystywane przez społeczności, rządy i organizacje do planowania, finansowania, budowy i utrzymania systemów zielonej infrastruktury. Narzędzia te pomagają integrować procesy naturalne ze środowiskiem miejskim w celu zarządzania wodami opadowymi, poprawy jakości wody, zmniejszenia nagrzewania się powierzchni, zwiększenia bioróżnorodności oraz zapewnienia wartości rekreacyjnych i estetycznych.

W zależności od kontekstu instytucjonalnego i terytorialnego zieloną infrastrukturę można wdrażać na różne sposoby, wykorzystując różnorodne narzędzia, w tym narzędzia planistyczne, regulacyjne, techniczne, finansowe i społeczne. Można ją wdrażać na wielu szczeblach zarządzania, od krajowego po lokalny, gdzie strategie i ramy prawne przekładają się na konkretne działania przestrzenne i inwestycyjne. Proces ten angażuje szerokie grono zainteresowanych stron,

w tym administrację publiczną, przedsiębiorstwa prywatne, instytucje finansowe, organizacje pozarządowe, naukowców i społeczności lokalne. Podkreśla to wielopoziomowy i wielopodmiotowy charakter wdrażania zielonej infrastruktury w ramach zrównoważonego rozwoju.

Narzędzia planowania i programowania rozwoju to krajowe, regionalne i lokalne dokumenty, które uwzględniają zieloną infrastrukturę w procesach planowania przestrzennego i rozwoju społeczno-gospodarczego. Są one stosowane na całym świecie w celu włączenia zielonej infrastruktury do długoterminowego planowania terytorialnego w skali lokalnej i regionalnej i obejmują m.in. plany zagospodarowania przestrzennego, strategie adaptacji do zmian klimatu oraz plany działania na rzecz różnorodności biologicznej. Narzędzia te pomagają w utrzymywaniu ciągłości korytarzy ekologicznych, ochronie zasobów naturalnych, kierowaniu zrównoważoną urbanizacją oraz dostosowywaniu inwestycji infrastrukturalnych do wymogów ochrony środowiska. Uwzględnienie zielonej infrastruktury na etapie tworzenia polityki rozwoju i planowania gwarantuje, że rozwiązania prośrodowiskowe będą systematycznie wdrażane w rozwoju miast i regionów, a nie realizowane jako pojedyncze projekty.

Poniżej przedstawiono przykłady instrumentów stanowiących narzędzia planowania i kształtowania polityki rozwoju, które są związane z wdrażaniem zielonej infrastruktury:

- Plan zielonej infrastruktury miasta Nowy Jork – strategia zrównoważonego rozwoju na rzecz czystych wód z 2010 roku ma na celu ograniczenie zanieczyszczenia wody i zmniejszenie ryzyka powodzi poprzez wdrożenie zielonych dachów, ogrodów deszczowych i przepuszczalnych nawierzchni. Promuje również poprawę jakości powietrza i zwiększenie powierzchni terenów zieleni, co przynosi korzyści zarówno dla środowiska, jak i zdrowia mieszkańców (Culligan, 2019);
- Plan zielonej infrastruktury i różnorodności biologicznej Barcelony 2020 z 2013 roku określa długoterminowe działania niezbędne do rozwoju zielonej infrastruktury zdolnej do pełnienia szerokiego zakresu funkcji środowiskowych i społecznych, integrując w ten sposób przyrodę i różnorodność biologiczną z tkanką miejską. Plan ma również na celu wzmocnienie powiązań miasta z otaczającym regionem w celu zwiększenia efektywności i odporności miasta na presję i wyzwania środowiskowe (Titz i Chiotha, 2019);
- Strategia zazieleniania Sydney z 2021 roku to długoterminowy plan mający na celu przekształcenie środowiska miejskiego poprzez zwiększenie udziału terenów zieleni. Ma się to przyczynić do poprawy odporności miasta na zmiany klimatu, a także stworzenia chłodniejszego, zdrowszego i bardziej przyjaznego środowiska zamieszkania. Strategia określa cele dotyczące zwiększenia powierzchni koron drzew i ogólnej powierzchni zieleni, integracji rozwiązań opartych na naturze z ulicami, parkami i budynkami oraz zapewnienia, że korzyści z miejskiej przyrody będą czerpać wszyscy. Określa również działania

i partnerstwa mające na celu zmniejszenie zjawiska miejskiej wyspy ciepła, poprawę dobrostanu mieszkańców i wspieranie różnorodności biologicznej w Sydney (Franzén, 2024).

Narzędzia regulacyjne i prawne obejmują przepisy ustawowe, rozporządzenia, kodeksy oraz normy, które nakładają obowiązek lub zachęcają do wykorzystania zielonej infrastruktury w nowych inwestycjach oraz projektach rewitalizacji. Przykładami takich narzędzi są: wymagania dotyczące zarządzania wodami opadowymi, standardy budownictwa ekologicznego, polityki kompensacji bioróżnorodności, minimalne wskaźniki powierzchni terenów zieleni oraz przepisy planistyczne promujące powierzchnie przepuszczalne lub zielone dachy. Instrumenty te tworzą wdrożeniowe ramy prawne, które wpływają na decyzje inwestycyjne sektora prywatnego i publicznego, zapewniając jednocześnie osiąganie określonych standardów środowiskowych. Poprzez włączenie wymogów dotyczących zielonej infrastruktury do systemów prawnych rządy mogą promować zrównoważone praktyki oraz dostarczać deweloperom, urbanistom i inżynierom jasnych wytycznych w różnych jurysdykcjach. Ustawodawstwo i przepisy mogą również obejmować przepisy chroniące zieloną infrastrukturę przed zmianami w sposobie użytkowania gruntów, a także umożliwiające tworzenie obszarów ochrony przyrody.

Poniżej przedstawiono przykłady narzędzi należących do grupy działań regulacyjnych i prawnych związanych z wdrażaniem zielonej infrastruktury:

- Rozporządzenie z dnia 22 grudnia 2000 r. w sprawie ochrony i przywracania przyrody w Tokio wprowadza konkretne standardy ilościowe i jakościowe dotyczące zapewnienia terenów zieleni w ramach nowych inwestycji w Tokio. Każdy nowo wybudowany, remontowany lub rozbudowywany budynek z dachem płaskim o powierzchni powyżej 1000 m^2 w przypadku obiektów prywatnych lub 250 m^2 w przypadku obiektów publicznych musi mieć 20% powierzchni pokrytej zielenią. Dodatkowo w 2009 roku wprowadzono wymóg, aby dachy o powierzchni ponad 5000 m^2 były pokryte zielenią w 25% (Jim i in., 2022).
- Ustawa z dnia 28 czerwca 2007 r. o terenach zielonych Republiki Litewskiej traktuje obszary zieleni jako niezbędną infrastrukturę publiczną, przyczyniającą się do zrównoważonego rozwoju środowiska oraz zwiększenia odporności na zmiany klimatu i jakości życia. Dokument ten odgrywa kluczową rolę w kształtowaniu zielonej infrastruktury, ustanawiając ramy prawne dla ochrony, planowania i zarządzania terenami zieleni (Baniulienė, 2025).
- Ustawa z dnia 26 czerwca 1998 r. o ochronie przyrody i obszarach chronionych w Estremadurze (Hiszpania) włączyła korytarze ekologiczne do regionalnego systemu ochrony przyrody i określiła ich rolę w utrzymaniu przestrzennej łączności pomiędzy obszarami o znaczeniu ekologicznym (Giedych, 2018).

Narzędzia projektowe i techniczne dostarczają praktycznych wskazówek, standardów oraz najlepszych praktyk dotyczących planowania, projektowania, budowy i utrzymania zielonej infrastruktury. Obejmują m.in. narzędzia do modelowania hydrologicznego, wytyczne techniczne dla ogrodów deszczowych i rowów filtracyjnych, standardy leśnictwa miejskiego oraz systemy monitorowania efektywności rozwiązań. Narzędzia te wspierają projektantów i wykonawców w dostarczaniu rozwiązań dostosowanych do lokalnych warunków, reagujących na zmiany klimatu i niezawodnych technicznie. Mogą również służyć jako praktyczne wskazówki dla mieszkańców i samorządów, pomagające skutecznie wdrażać i utrzymywać zieloną infrastrukturę w zróżnicowanych warunkach środowiskowych i społeczno-ekonomicznych. Poniżej przedstawiono przykłady instrumentów należących do grupy narzędzi projektowych i technicznych związanych z wdrażaniem zielonej infrastruktury:

- Wytyczne najlepszych praktyk dotyczących zieleni miejskiej opracowane przez miasto Kapsztad (2024) zawierają praktyczne rekomendacje odnoszące się do planowania, projektowania i zarządzania miejskimi terenami zieleni. Dokument promuje zrównoważone kształtowanie krajobrazu, gospodarowanie wodą w sposób oszczędny oraz ochronę bioróżnorodności w środowisku miejskim. Ma na celu wspieranie odpornych społeczności poprzez włączenie zielonej infrastruktury do długoterminowych strategii rozwoju miejskiego.
- Wytyczne dotyczące ogrodów ulicznych w Melbourne (Australia) dostarczają mieszkańcom jasnych, przystępnych informacji i porad dotyczących projektowania, zakładania i utrzymania terenów zieleni w przestrzeni publicznej ulic. Celem wytycznych jest zwiększenie bioróżnorodności miejskiej, poprawa zarządzania wodami opadowymi oraz uczynienie ulic bardziej atrakcyjnymi i przyjaznymi dla mieszkańców (City of Melbourne, 2015).
- Standard dostępnych naturalnych terenów zieleni (ANGSt) został opracowany w połowie lat 90. w Wielkiej Brytanii i ma na celu zapewnienie ludziom odpowiedniego dostępu do naturalnych terenów zielonych w pobliżu miejsca ich zamieszkania. Zawiera konkretne kryteria dotyczące odległości i powierzchni terenów zieleni i stanowi wytyczne dla władz lokalnych, urbanistów oraz deweloperów wspierające zdrowie i dobrostan społeczności dzięki zapewnieniu większego dostępu do przyrody (Maksymiuk i in., 2019).

Narzędzia finansowe i ekonomiczne wspierają finansowanie, realizację oraz długoterminową trwałość projektów zielonej infrastruktury na całym świecie. Przykłady obejmują programy inwestycji publicznych, zielone obligacje, fundusze klimatyczne, finansowanie przez banki rozwoju, partnerstwa publiczno-prywatne, opłaty za wody opadowe pobierane od użytkowników oraz zachęty fiskalne dla właścicieli nieruchomości. Międzynarodowe instytucje finansowe i wielostronne agencje rozwojowe często odgrywają kluczową rolę w pozyskiwaniu kapitału na zieloną infrastrukturę zarówno w krajach rozwiniętych, jak i rozwijających się.

Poprzez powiązanie bodźców ekonomicznych z rezultatami środowiskowymi narzędzia te mogą zwiększać skalę zielonej infrastruktury, redukować bariery finansowe oraz zapewniać jej bieżące utrzymanie i efektywność w dłuższym czasie.

Poniżej przedstawiono przykłady instrumentów należących do grupy działań finansowych i ekonomicznych związanych z wdrażaniem zielonej infrastruktury:

- Fundusz Terenów Zieleni Wielkiego Manchesteru (Greater Manchester Environment Fund) to program grantowy ukierunkowany na społeczności hrabstwa Wielki Manchester w Wielkiej Brytanii. Jego głównym celem jest wspieranie lokalnych grup w tworzeniu nowych terenów zieleni lub poprawie istniejących obszarów bogatych w przyrodę tam, gdzie są one najbardziej potrzebne ludziom i dzikiej faunie (GMEF, 2022).
- Dofinansowanie zielonych dachów w Wiedniu to miejski program oferujący dotacje w wysokości ok. 8–25 euro za 1 m^2 powierzchni zielonego dachu, maksymalnie ok. 2200 euro na projekt (Burszta-Adamiak i Fiałkiewicz, 2019).
- „Adoptuj park" to oficjalny program rządu Brazylii stworzony w celu pozyskiwania funduszy na ochronę i konserwację parków narodowych oraz innych obszarów przyrodniczych. Program umożliwia firmom (brazylijskim i zagranicznym) oraz osobom prywatnym udzielenie wsparcia finansowego lub rzeczowego parkom narodowym, które borykają się z ograniczonymi budżetami ze środków publicznych (da Silva Freitas i in., 2021).

Narzędzia angażowania społeczności i budowania kompetencji koncentrują się na zapewnieniu sprawiedliwego, włączającego i partycypacyjnego wdrażania zielonej infrastruktury w różnych kontekstach kulturowych i zarządczych. Przykłady takich narzędzi obejmują konsultacje z zainteresowanymi stronami, procesy projektowania partycypacyjnego, warsztaty współtworzenia, kampanie zwiększające świadomość społeczną oraz programy szkoleniowe dla planistów i władz lokalnych. Narzędzia te umożliwiają społecznościom wniesienie lokalnej wiedzy i określenie priorytetów, wspierają też poczucie wspólnej odpowiedzialności za projekty. Wzmacnianie zdolności instytucjonalnych i zaangażowania społecznego poprawia przejrzystość działań i buduje zaufanie, zwiększając długoterminową skuteczność i odporność inicjatyw związanych z zieloną infrastrukturą na całym świecie. Poniżej przedstawiono przykłady takich narzędzi:

- „Osiedle z klimatem" to poważna gra symulacyjna opracowana w Katedrze Architektury Krajobrazu Szkoły Głównej Gospodarstwa Wiejskiego w Warszawie w ramach projektu Co Adapt – Communities for Climate Change Action. Jej celem jest wspieranie mieszkańców osiedli mieszkaniowych w zrozumieniu i wyborze działań sprzyjających adaptacji do zmian klimatu oraz stymulowanie wspólnego podejmowania decyzji dotyczących rozwiązań zielonej infrastruktury w ich sąsiedztwach (Kuchcik i in., 2024).

- „Milion drzew dla Warszawy" to mobilna aplikacja opracowana i wydana przez Urząd Miasta Warszawy, dostępna w Google Play (Android) i App Store (iOS). Aplikacja aktywnie angażuje mieszkańców, którzy mogą sugerować lokalizacje do sadzenia drzew. Głównym celem programu jest zwiększenie powierzchni pokrytej drzewami wzdłuż głównych ulic miasta, a także w parkach, na placach i innych dostępnych przestrzeniach publicznych, w których mieszkańcy oczekują obecności zieleni (Wyrzykowski i Mościcka, 2024).
- Budżet partycypacyjny Lizbony to proces demokratyczny, w ramach którego mieszkańcy i inni interesariusze proponują, dyskutują i głosują nad sposobem wydatkowania części budżetu miejskiego. Wprowadzono go w 2008 roku, co czyni Lizbonę jedną z pierwszych stolic europejskich stosujących to demokratyczne narzędzie. Od 2019 roku funkcjonuje jako „Zielony budżet partycypacyjny", co oznacza, że przyznawane środki finansują w szczególności inicjatywy związane ze zrównoważonym rozwojem środowiska i zmianami klimatu. Program wspiera projekty koncentrujące się na zielonej infrastrukturze, takie jak tworzenie ogrodów miejskich, sadzenie drzew i renaturalizacja przestrzeni publicznych. Obejmuje również projekty związane ze zrównoważoną mobilnością, takie jak ścieżki rowerowe, poprawa infrastruktury dla pieszych oraz działania adaptacyjne do zmian klimatu, np. systemy retencji wody (Falanga i in., 2021).

Wprowadzanie zielonej infrastruktury może bazować na narzędziach:

- planistycznych i politycznych,
- regulacyjnych i prawnych,
- projektowych i technicznych,
- finansowych i ekonomicznych,
- wykorzystujących angażowanie społeczności i budowanie kompetencji.

4.3. ZASADY ZIELONEJ INFRASTRUKTURY

Zasady zielonej infrastruktury odnoszą się do podstawowych koncepcji i wytycznych wykorzystywanych w planowaniu, projektowaniu oraz zarządzaniu sieciami systemów naturalnych i półnaturalnych, które przynoszą korzyści środowiskowe, ekonomiczne i społeczne. Ich celem jest integracja przyrody w miejskich i regionalnych ramach rozwoju w celu zwiększenia zrównoważenia i odporności systemów.

Jednym z najczęściej podkreślanych i fundamentalnych założeń jest traktowanie zielonej infrastruktury jako spójnej funkcjonalnej sieci. Zasada łączności (Hansen i Pauleit, 2014; Szulczewska, 2018; Monteiro i in., 2020; Natural England,

2023) odnosi się do połączeń ekologicznych (korytarze migracyjne, korytarze nadrzeczne, powiązanie siedlisk), funkcjonalnych (przepływ wody, regulacja klimatu, ciągłość procesów naturalnych), społecznych (ścieżki rekreacyjne, piesze i rowerowe) oraz współpracy instytucjonalnej między podmiotami zarządzającymi terenami. Spójna sieć zielonych i wodnych korytarzy jest kluczowa dla zachowania bioróżnorodności, wzmacniania odporności systemów przyrodniczych oraz zapewnienia ciągłości usług ekosystemowych.

Drugą kluczową zasadą, wspólną dla większości podejść, jest wielofunkcyjność. Zielona infrastruktura powinna łączyć funkcje ekologiczne (ochrona siedlisk, retencja wody, regulacja klimatu), społeczne (rekreacja, zdrowie publiczne, integracja społeczna), kulturowe, a w pewnych przypadkach także ekonomiczne (Hansen i Pauleit, 2014; Szulczewska, 2018). Monteiro i in. (2020) wskazują, że wielofunkcyjność zwiększa efektywność wykorzystania terenu, zwłaszcza w miastach o ograniczonej dostępności gruntów. Funkcja ta wzmacnia również odporność systemu – przestrzenie odgrywające różnorodne role są mniej podatne na degradację i lepiej adaptują się do zmian klimatu. Natural England (2023) podkreśla, że zielona infrastruktura powinna równocześnie wspierać przyrodę, zdrowie mieszkańców, lokalną gospodarkę i odporność klimatyczną. Społeczno-ekologiczny wymiar wielofunkcyjności uwypuklają również Tzoulas i in. (2007), łącząc zieloną infrastrukturę ze zdrowiem publicznym, spójnością społeczną i sprawiedliwością środowiskową.

Nieodzownym elementem wdrażania zielonej infrastruktury jest także różnorodność. Zasada ta odnosi się do włączenia różnych typów terenów zieleni i zbiorników wodnych: od parków miejskich i ogrodów prywatnych, poprzez lasy miejskie i obszary rolnicze, aż po zbiorniki i cieki wodne (Szulczewska, 2018; Monteiro i in., 2020; Natural England, 2023). Zróżnicowanie sieci zielonej infrastruktury zwiększa odporność systemu, pozwala lepiej odpowiadać na zróżnicowane potrzeby mieszkańców oraz wzmacnia funkcje ekologiczne i krajobrazowe.

Bardzo ważnym aspektem jest podejście do ZI obejmujące wiele skali przestrzennych. Zielona infrastruktura działa na wielu poziomach – od pojedynczej działki (np. zielone dachy), poprzez osiedla i miasta, aż do poziomu regionalnego i krajowego (Hansen i Pauleit, 2014; Szulczewska, 2018; Monteiro i in., 2020). Natural England (2023) podkreśla, że zielona infrastruktura powinna funkcjonować jako „żywa sieć" na wszystkich poziomach – od pojedynczego miejsca po skalę krajową. Efektywne planowanie wymaga uwzględnienia powiązań między skalami, integracji działań lokalnych z systemami regionalnymi oraz projektowania hierarchicznej struktury zielonej.

Kolejną ważną zasadą jest integracja zielonej infrastruktury z infrastrukturą „szarą" (transport, budynki, gospodarka wodna). Hansen i Pauleit (2014) zwracają uwagę na konieczność koordynacji rozwoju zielonej infrastruktury z innymi systemami miejskimi w wymiarze fizycznym i funkcjonalnym. Monteiro i in. (2020)

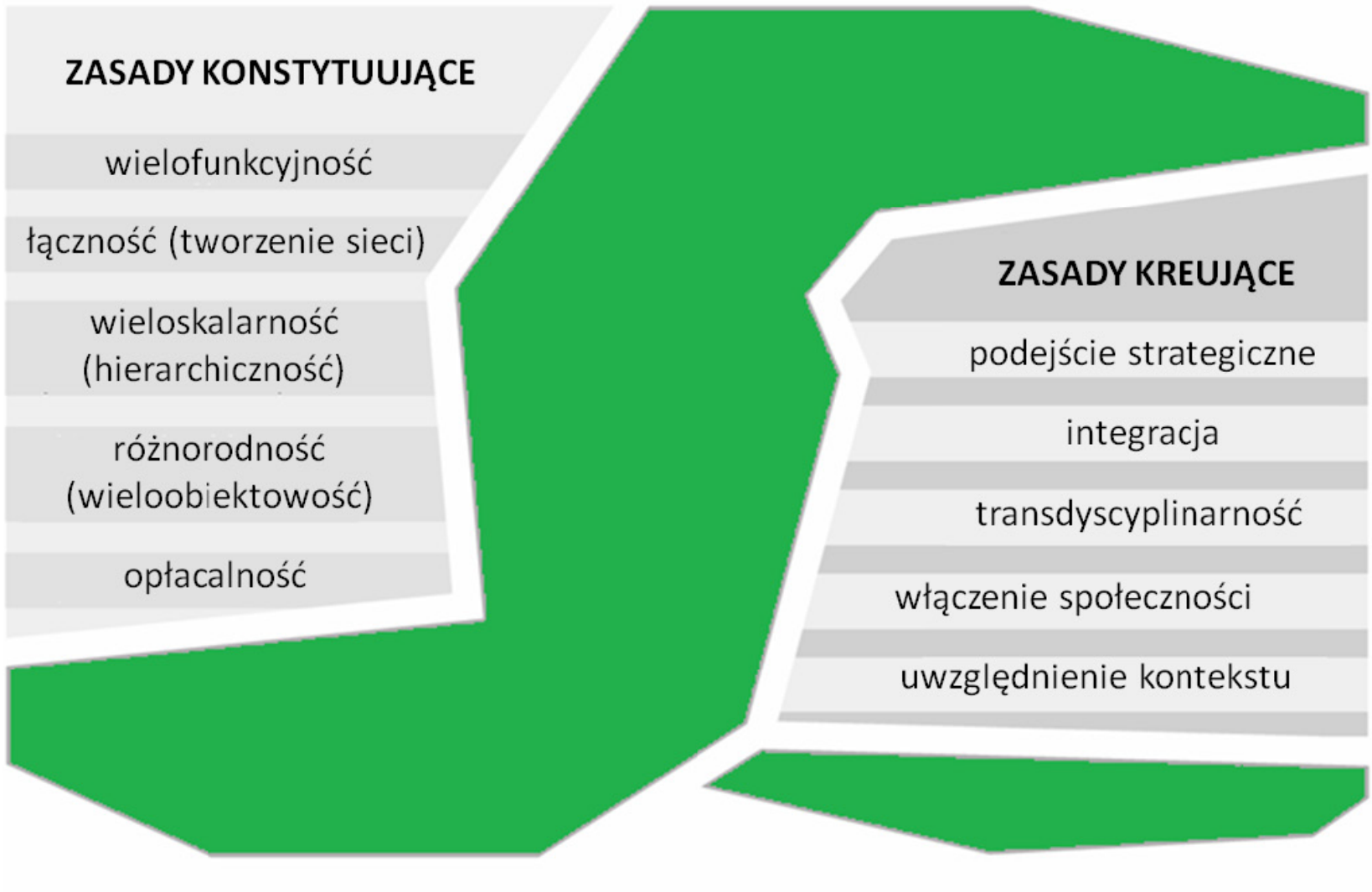
podkreślają znaczenie synergicznego powiązania rozwiązań przyrodniczych z tradycyjną infrastrukturą techniczną. Integracja ta obejmuje m.in.: zrównoważone systemy odprowadzania wód opadowych i zielone korytarze transportowe oraz adaptację budynków do rozwiązań opartych na naturze. Zielona infrastruktura nie powinna być traktowana jako dodatek do planowania przestrzennego, lecz jego integralna część.

Jak podkreślają liczni autorzy (Benedict i McMahon, 2002; Firehock i Walker, 2015; Szulczewska, 2018; Grace, 2025), planowanie zielonej infrastruktury powinno mieć charakter strategiczny i długoterminowy. Oznacza to podejmowanie działań jeszcze przed procesami urbanizacji, tak aby struktura przyrodnicza była równorzędnym elementem kształtowania przestrzeni, a nie jedynie uzupełnieniem zabudowy. Strategiczne podejście wymaga również uwzględnienia prognozowanych zmian klimatycznych i demograficznych, w tym wzrostu częstotliwości zdarzeń ekstremalnych. Zielona infrastruktura powinna być projektowana jako system elastyczny i adaptacyjny, zdolny do długoterminowego świadczenia usług ekosystemowych. W tym kontekście planowanie proaktywne należy traktować nie tylko jako działanie prośrodowiskowe, ale również jako racjonalną strategię zarządzania terenami i zasobami publicznymi.

Powyższy przegląd nie wyczerpuje całego zagadnienia. Zasady dotyczące zielonej infrastruktury uzależniają także efektywność jej rozwoju od współpracy międzysektorowej i zaangażowania lokalnych społeczności (Benedict i McMahon, 2006; Szulczewska, 2018; Monteiro i in., 2020) oraz od podejścia transdyscyplinarnego i wykorzystywania aktualnych danych oraz dowodów naukowych (Hansen i Pauleit, 2014; Szulczewska, 2018; Natural England, 2023).

Aby można było lepiej zrozumieć znaczenie zasad zielonej infrastruktury jako spójnego i przejrzystego podejścia do planowania i wdrażania rozwiązań opartych na naturze, formułowane są również ramy interpretacyjne umożliwiające organizację i kategoryzację poszczególnych zasad, co podkreśla ich różnorodny charakter i funkcje w procesie planowania i realizacji. Hansen i Pauleit (2014) dzielą zasady planowania zielonej infrastruktury na dwie grupy: zasady odnoszące się do struktury zielonej (integracja, wielofunkcyjność, łączność, podejście wieloskalowe, podejście wielocelowe) oraz zasady dotyczące procesu zarządzania (podejście strategiczne, włączenie społeczne, transdyscyplinarność). Szulczewska (2018) przyjmuje nieco inne podejście, dzieląc zasady zielonej infrastruktury na konstytuujące i kreujące (rysunek 4.3).

Interesujący podział zasad zielonej infrastruktury zawarto w przewodniku opracowanym przez Natural England (2023). 15 przedstawionych tam zasad podzielono na trzy grupy: zasady dotyczące korzyści płynących z zielonej infrastruktury, zasady opisujące zieloną infrastrukturę oraz zasady dotyczące procesu tworzenia zielonej infrastruktury (tabela 4.2).



Rysunek 4.3. Zasady zielonej infrastruktury (Szulczewska, 2018)

Tabela 4.2. Zasady zielonej infrastruktury (Natural England, 2023)

Zasada	Interpretacja
ZASADY DOTYCZĄCE KORZYŚCI PŁYNĄCYCH Z ZIELONEJ INFRASTRUKTURY	
Bogate w przyrodę, piękne miejsca	ZI wspiera przyrodę, aby mogła się odradzać i rozwijać wszędzie, zarówno w miastach, jak i na wsi, chroniąc i wzmacniając naturalne piękno, dziką przyrodę i siedliska, geologię i gleby oraz kulturowe i osobiste powiązania ludzi z naturą
Miejsca aktywne i zdrowe	Zielone dzielnice, zielone/błękitne tereny i zielone szlaki wspierają aktywny styl życia, spójność społeczności i powiązania przyrodnicze, które korzystnie wpływają na zdrowie fizyczne i psychiczne, dobre samopoczucie i jakość życia. Tereny zielone pomagają również łagodzić zagrożenia dla zdrowia, takie jak stres cieplny w mieście, zanieczyszczenie hałasem, powodzie i niska jakość powietrza

Tabela 4.2. Zasady zielonej infrastruktury (Natural England, 2023) (cd.)

Zasada	Interpretacja
Miejsca dobrze prosperujące	ZI pomaga tworzyć i wspierać dobrze prosperujące społeczności, które przynoszą korzyści wszystkim i stanowią wartość dodaną poprzez tworzenie wysokiej jakości środowisk, atrakcyjnych dla firm i inwestorów, oraz zielonych miejsc pracy, wspierają handel detaliczny i główne ulice oraz pomagają wspierać lokalną gospodarkę i regenerację
Lepsza gospodarka wodna	ZI zmniejsza ryzyko powodziowe, poprawia jakość wody i naturalną filtrację, pomaga utrzymać naturalny obieg wody i zrównoważony drenaż w skali lokalnej i zlewni, zmniejszając presję na środowisko wodne i infrastrukturę, przynosząc korzyści estetyczne, różnorodność biologiczną, korzyści gospodarcze i inne
Miejsca odporne i przyjazne dla klimatu	ZI sprawia, że miejsca stają się bardziej odporne i przystosowane do zmian klimatu, a także pomaga osiągnąć cele w zakresie zerowej emisji dwutlenku węgla i wysokiej jakości powietrza. Sama zielona infrastruktura powinna być zaprojektowana tak, aby dostosowywać się do zmian klimatycznych w celu zapewnienia długoterminowej odporności
ZASADY OPISUJĄCE ZIELONĄ INFRASTRUKTURĘ	
Wielofunkcyjność	ZI powinna zapewniać szereg funkcji i korzyści dla ludzi, przyrody i miejsc, rozwiązywać konkretne problemy i zaspokajać potrzeby. Wielofunkcyjność (dostarczanie wielu funkcji z tego samego obszaru zielonej infrastruktury) jest szczególnie ważna na obszarach, gdzie infrastruktura jest niskiej jakości lub jest jej niewiele
Różnorodność	ZI powinna obejmować różne typy i rozmiary zielonych i błękitnych terenów oraz elementów środowiskowych (jako części sieci), które mogą zapewnić wiele różnych funkcji, korzyści i narzędzi w celu rozwiązania konkretnych problemów i potrzeb
Łączność	ZI powinna łączyć się i funkcjonować jako żywa sieć dla ludzi i przyrody we wszystkich skalach (np. w obrębie obszarów i między regionami/w skali krajowej). Powinna wzmacniać sieci ekologiczne i wspierać usługi ekosystemów

Tabela 4.2. Zasady zielonej infrastruktury (Natural England, 2023) (cd.)

Zasada	Interpretacja
Zgodność z charakterem obszaru	ZI powinna odpowiadać charakterowi obszaru, tak aby przyczyniała się do ochrony, poprawy i/lub odtworzenia krajobrazów albo na obszarach zdegradowanych tworzenia krajobrazów nowych, wysokiej jakości, z którymi lokalni mieszkańcy czują się związani
ZASADY DOTYCZĄCE PROCESU TWORZENIA ZIELONEJ INFRASTRUKTURY	
Współpraca	Partnerska praca i współpraca z zainteresowanymi stronami od samego początku w celu wspólnego planowania, rozwoju i realizacji wizji zielonej infrastruktury na danym obszarze. Zaangażowanie różnorodnych i zintegrowanych osób i organizacji, w tym obywateli, władz lokalnych, deweloperów, właścicieli gruntów, społeczności, zarządców terenów zieleni, przedstawicieli ochrony środowiska, zdrowia, klimatu, transportu i biznesu
Rozwój oparty na dowodach	Wykorzystanie dowodów naukowych i dobrych praktyk użytkowania gruntów podczas planowania i ulepszania zielonej i błękitnej infrastruktury. Zrozumienie dowodów korzyści płynących z obecnych zasobów zielonej infrastruktury oraz danych dotyczących wyzwań i potrzeb środowiskowych, społecznych i gospodarczych na danym obszarze
Planowanie strategiczne	Strategiczne planowanie i ochrona zielonej infrastruktury jako kluczowego zasobu w lokalnej strategii i polityce, we wszystkich skalach. Pełna integracja i włączenie zielonej infrastruktury do głównego nurtu polityki środowiskowej, społecznej, zdrowotnej i gospodarczej. Tworzenie i utrzymywanie zrównoważonych miejsc dla obecnej i przyszłej populacji oraz niwelowanie nierówności w dostępie do zielonej infrastruktury
Piękne, dobrze zaprojektowane miejsca	Zrozumienie krajobrazu/krajobrazu miejskiego oraz naturalnego, historycznego i kulturowego charakteru obszaru w celu stworzenia dobrze zaprojektowanych, pięknych i wyróżniających się miejsc

Tabela 4.2. Zasady zielonej infrastruktury (Natural England, 2023) (cd.)

Zasada	Interpretacja
Zarządzanie, wartościowanie, monitorowanie i ocena	Planowanie odpowiedniego finansowania, zarządzania, monitorowania i oceny zielonej infrastruktury jako kluczowego zasobu – od samego początku i na dłuższą metę. Przygotowanie uzasadnienia biznesowego dla ZI. W odpowiednich przypadkach angażowanie społeczności w zarządzanie zieloną infrastrukturą. Świętowanie sukcesów i zwiększanie świadomości na temat korzyści płynących z zielonej infrastruktury

Należy zauważyć, że ogólne zasady zielonej infrastruktury powinny być zawsze dostosowywane do konkretnego miejsca z uwzględnieniem warunków przyrodniczych, społecznych i ekonomicznych. Przykładowe zasady zielonej infrastruktury przedstawiono w „Harlow and Gilston Garden Town Green Infrastructure Framework" (LUC, 2022). Dostarczają one wytycznych dla planistów i projektantów dotyczących tworzenia zasobów powiązanych z otoczeniem, wrażliwych ekologicznie i wielofunkcyjnych. Dokument zawiera dziewięć zasad rozwoju zielonej infrastruktury, określonych szczegółowo dla poszczególnych stref krajobrazowych. Ich przykładowe zastosowanie dla jednej ze stref ilustruje rysunek 4.4.

Zasady zielonej infrastruktury koncentrują się na kilku kluczowych filarach, takich jak:

- łączność,
- wielofunkcyjność,
- podejście wieloskalowe,
- integracja z innymi systemami,
- różnorodność,
- planowanie strategiczne,
- udział społeczny,
- zrównoważone zarządzanie.



Rysunek 4.4. Zasady rozwoju zielonej infrastruktury dla strefy krajobrazowej Zielonych Klinów (LUC, 2022)

Pytania sprawdzające:

1. Które międzynarodowe inicjatywy i dokumenty wspierają rozwój zielonej infrastruktury?
2. Jakie kluczowe strategie europejskie promują zieloną infrastrukturę?
3. Wymień co najmniej trzy rodzaje narzędzi stosowanych przy wdrażaniu zielonej infrastruktury.
4. Jakie są podstawowe zasady dotyczące projektowania i zarządzania zieloną infrastrukturą?

Bibliografia

Baniulienė, R. (2025). Quality of designed landscapes and the possibilities for their assessment. *Mokslas–Lietuvos ateitis/Science–Future of Lithuania*, *17*. https://doi.org/10.3846/mla.2025.24153

Benedict, M. A., & McMahon, E. T. (2002). Green infrastructure: Smart conservation for the 21st century. *Renewable Resources Journal*, *20*(3), 12–17.

Benedict, M. A., & McMahon, E. T. (2006). *Green infrastructure: Linking landscapes and communities*. Island Press.

Burszta-Adamiak, E., & Fiałkiewicz, W. (2019). A review of green roof incentives as motivators for the expansion of green infrastructure in European cities. *Przegląd Naukowy. Inżynieria i Kształtowanie Środowiska*, *28*(4), 641–652. https://doi.org/10.22630/PNIKS.2019.28.4.58

City of Cape Town. (2024). *Urban Green Best Practice Guidlines.* Environmental Management Department. https://resource.capetown.gov.za/documentcentre/Documents/Procedures,%20guidelines%20and%20regulations/Urban_Green_Best_Practice_Guidelines.pdf [dostęp: 12.12.2025].

City of Melbourne. (2015). *The Street Garden Guidelines*. https://mvga-prod-files.s3.ap-southeast-4.amazonaws.com/public/2024-05/street-garden-guidelines.pdf [dostęp: 12.12.2025].

Communication from the Commission to the European Parliament, the Council, the European Economic and Social Committee and the Committee of the Regions: Green infrastructure (GI) – Enhancing Europe's Natural Capital (COM(2013)249). https://eur-lex.europa.eu/legal-content/EN/TXT/PDF/?uri=CELEX:52013DC0249 [dostęp: 18.11.2025].

Communication from the Commission to the European Parliament, the Council, the European Economic and Social Committee and the Committee of the Regions: EU Biodiversity Strategy for 2030. Bringing nature back into our lives (COM/2020/380 final). https://eur-lex.europa.eu/legal-content/EN/TXT/PDF/?uri=CELEX:52020DC0380 [dostęp: 10.10.2025].

Culligan, P. J. (2019). Green infrastructure and urban sustainability: A discussion of recent advances and future challenges based on multiyear observations in New York City. *Science and Technology for the Built Environment*, *25*(9), 1113–1120. https://doi.org/10.1080/23744731.2019.1629243

Directorate-General for Environment of the European Commission [DG ENV EU]. (2024). *Urban nature plans – Guidance for cities to help prepare an urban nature plan.* Publications Office of the European Union. https://data.europa.eu/doi/10.2779/353044 [dostęp: 10.10.2025].

Elder, M., & Grünewald, S. (2025). Insights from Agenda 21 for enhancing the implementation of the SDGs and shaping the Post-2030 sustainable development agenda. *Earth System Governance*, *25*, 100262. https://doi.org/10.1016/j.esg.2025.100262

Falanga, R., Verheij, J., & Bina, O. (2021). Green (er) cities and their citizens: insights from the participatory budget of Lisbon. *Sustainability*, *13*(15), 8243. https://doi.org/10.3390/su13158243

Firehock, K., & Walker, R. A. (2015). *Strategic green infrastructure planning: a multi-scale approach*. Island Press.

Franzén, E. (2024). *Green cities: A comparative case study of urban greening in Sydney and Singapore* (MSc thesis). Linköpings universitet. http://www.diva-portal.org/smash/get/diva2:1911431/FULLTEXT01.pdf [dostęp: 12.12.2025].

Giedych, R. (2018). *Ochrona przyrody w polityce przestrzennej miast*. Komitet Przestrzennego Zagospodarowania Kraju PAN.

Grace, M., Smith, A., Mell, I., Houghton, J., & Neal, P. (2025). A menu of standards for green infrastructure in England: effective and equitable or a race to the bottom? *Frontiers in Environmental Science*, *12*, 1456519. https://doi.org/10.3389/fenvs.2024.1456519

Greater Manchester Environment Fund [GMEF]. (2022). *Guide for applicants*. The Greater Manchester Green Spaces Fund. https://gmet.org.uk/sites/default/files/2022-06/Green%20Spaces%20fund%20guidance%20for%20applicants.pdf [dostęp: 12.12.2025].

Hansen, R., & Pauleit, S. (2014). From multifunctionality to multiple ecosystem services? *AMBIO*, *43*(4), 516–529. https://doi.org/10.1007/s13280-014-0510-2

Jafrin, M., & Beza, B. B. (2018). Developing an open space standard in a densely populated city: a case study of Chittagong City. *Infrastructures*, *3*(3), 40. https://doi.org/10.3390/infrastructures3030040

Jim, C. Y., Hui, L. C., & Rupprecht, C. D. D. (2022). Public perceptions of green roofs and green walls in Tokyo, Japan: A call to heighten awareness. *Environmental Management*, *70*(1), 35–53. https://doi.org/10.1007/s00267-022-01625-8

Kuchcik, M., Łączyński, M., Cieszewska, A., Adamczyk-Jabłońska, J., Giedych, R., Maksymiuk, G., & Pusłowska-Tyszewska, D. (2024). Can the serious game serve as a tool for education in founding local adaptation solutions to climate change? *Geographia Polonica*, *97*(4), 485–498. https://doi.org/10.7163/GPol.0289

Land Use Consultants [LUC]. (2022). *Harlow and Gilston Garden Town Green Infrastructure Framework*. https://hggt.co.uk/wp-content/uploads/2023/12/GI-Framework.pdf [dostęp: 12.12.2025].

Lombardía, A., & Gomez-Villarino, M. T. (2023). Green infrastructure in cities for the achievement of the un sustainable development goals: A systematic review. *Urban Ecosystems*, *26*(6), 1693–1707. https://doi.org/10.1007/s11252-023-01401-4

Maksymiuk, G., Giedych, R., & Winiarska, A. (2019). Assessment of differentiation in natural green spaces provision in Warsaw using Accessible Natural Greenspace Standard (ANGSt). Acta Scientiarum Polonorum. *Architectura*, *18*(3), 45–53. https://doi.org/10.22630/ASPA.2019.18.3.34

Monteiro, R., Ferreira, J. C., & Antunes, P. (2020). Green infrastructure planning principles. *Land*, *9*(12), 525. https://doi.org/10.3390/land9120525

Natural England. (2023). *Green Infrastructure Principles.* https://designatedsites.naturalengland.org.uk/GreenInfrastructure/Home.aspx [dostęp: 20.11.2025].

Nesmachnow, S., & Callejo, L. H. (2025). The Urban Agenda. *Urban Science*, *9*(12), 500. https://doi.org/10.3390/urbansci9120500

Resolution adopted by the General Assembly on 25 September 2015. Transforming our world: The 2030 Agenda for Sustainable Development (A/RES/70/1). https://www.refworld.org/legal/resolution/unga/2015/en/111816 [dostęp: 10.10.2025].

Silva Freitas, J. da, Florit, L. F., Filho, M. C. F., Mathis, A., Kingo, A., Homma, O., & Carvalho Ferreira, J. F. de (2021). Adopt a Park: New Environmental Assistance in Conservation Units in the Amazon? *Journal of Sustainable Development*, *14*(5), 59–73. https://doi.org/10.5539/jsd.v14n5p59

Szulczewska, B. (2018). *Zielona infrastruktura – czy koniec historii?*. Komitet Przestrzennego Zagospodarowania Kraju PAN.

Titz, A., & Chiotha, S. S. (2019). Pathways for sustainable and inclusive cities in Southern and Eastern Africa through urban green infrastructure? *Sustainability*, *11*(10), 2729. https://doi.org/10.3390/su11102729

Tzoulas, K., Korpela, K., Venn, S., Ylipelkonen, V., Kazmierczak, A., Niemela, J., & James, P. (2007). Promoting ecosystem and human health in urban areas using Green Infrastructure: A literature review. *Landscape and Urban Planning*, *81*(3), 167–178. https://doi.org/10.1016/j.landurbplan.2007.02.001

United Nations. (2017). *New Urban Agenda* (A/RES/71/256). https://habitat3.org/wp-content/uploads/NUA-English.pdf [dostęp: 10.10.2025].

United Nations Human Settlements Programme [UN-Habitat]. (2018). *Developing Public Space and Land Values in Cities and Neighbourhoods* (Discussion Paper 23 July 2018). https://tinyurl.com/3shsjtkw [dostęp: 10.10.2025].

World Health Organization [WHO]. (2012). *Health Indicators of sustainable cities in the Context of the Rio+20 UN Conference on Sustainable Development* (WHO/HSE/PHE/7.6.2012f). https://tinyurl.com/c2489yzx [dostęp: 10.10.2025].

World Health Organization [WHO]. (2016). *Urban green spaces and health: a review of evidence* (WHO/EURO:2016-3352-43111-60341). WHO Regional Office for Europe. https://tinyurl.com/4ujt9pjv [dostęp: 10.10.2025].

Wyrzykowski, B., & Mościcka, A. (2024). Implementation of the 3-30-300 green city concept: Warsaw case study. *Applied Sciences*, *14*(22), 10566. https://doi.org/10.3390/app142210566

5. ZNACZENIE ZIELONEJ INFRASTRUKTURY DLA DOBROSTANU SPOŁECZNEGO, ODPORNOŚCI ŚRODOWISKA I ZRÓWNOWAŻONEGO ROZWOJU

O czym jest ten rozdział:
W rozdziale skupiono się na znaczeniu zielonej infrastruktury i określeniu, w jaki sposób parki, drzewa, rzeki i inne elementy przyrody przyczyniają się do zwiększania dobrobytu społecznego, odporności środowiska i zrównoważonego rozwoju. Omówiono liczne korzyści płynące z wykorzystania zielonej infrastruktury, w tym jej rolę w promowaniu zdrowia fizycznego i psychicznego, wspieraniu aktywności rekreacyjnej oraz poprawie jakości życia. Poruszono również kwestie planowania zielonej infrastruktury i zarządzania nią, pomagając czytelnikowi zrozumieć, jakie aspekty należy wziąć pod uwagę, aby stworzyć zdrowe, odporne i zrównoważone środowisko miejskie.

Czego się dowiesz:
- Jakie korzyści przynosi zielona infrastruktura.
- Jakie są związki pomiędzy usługami ekosystemowymi a dobrostanem człowieka.
- Jakie argumenty przemawiają za wdrażaniem zielonej infrastruktury

5.1. KORZYŚCI PŁYNĄCE Z WYKORZYSTANIA ZIELONEJ INFRASTRUKTURY

Ekosystemy i ich funkcje mają kluczowe znaczenie dla kształtowania środowiska życia człowieka poprzez wpływanie na naturalne procesy, takie jak oczyszczanie powietrza i wody, stabilizacja klimatu, utrzymanie żyzności gleby, obieg składników pokarmowych, zapylanie roślin, regulacja powodzi, magazynowanie węgla oraz tworzenie i utrzymanie siedlisk. Ponadto ekosystemy dostarczają zasobów, takich jak żywność, drewno i rośliny lecznicze, bezpośrednio wspierając źródła utrzymania człowieka. Oferują również możliwości rekreacji oraz doznania kulturowe i estetyczne.

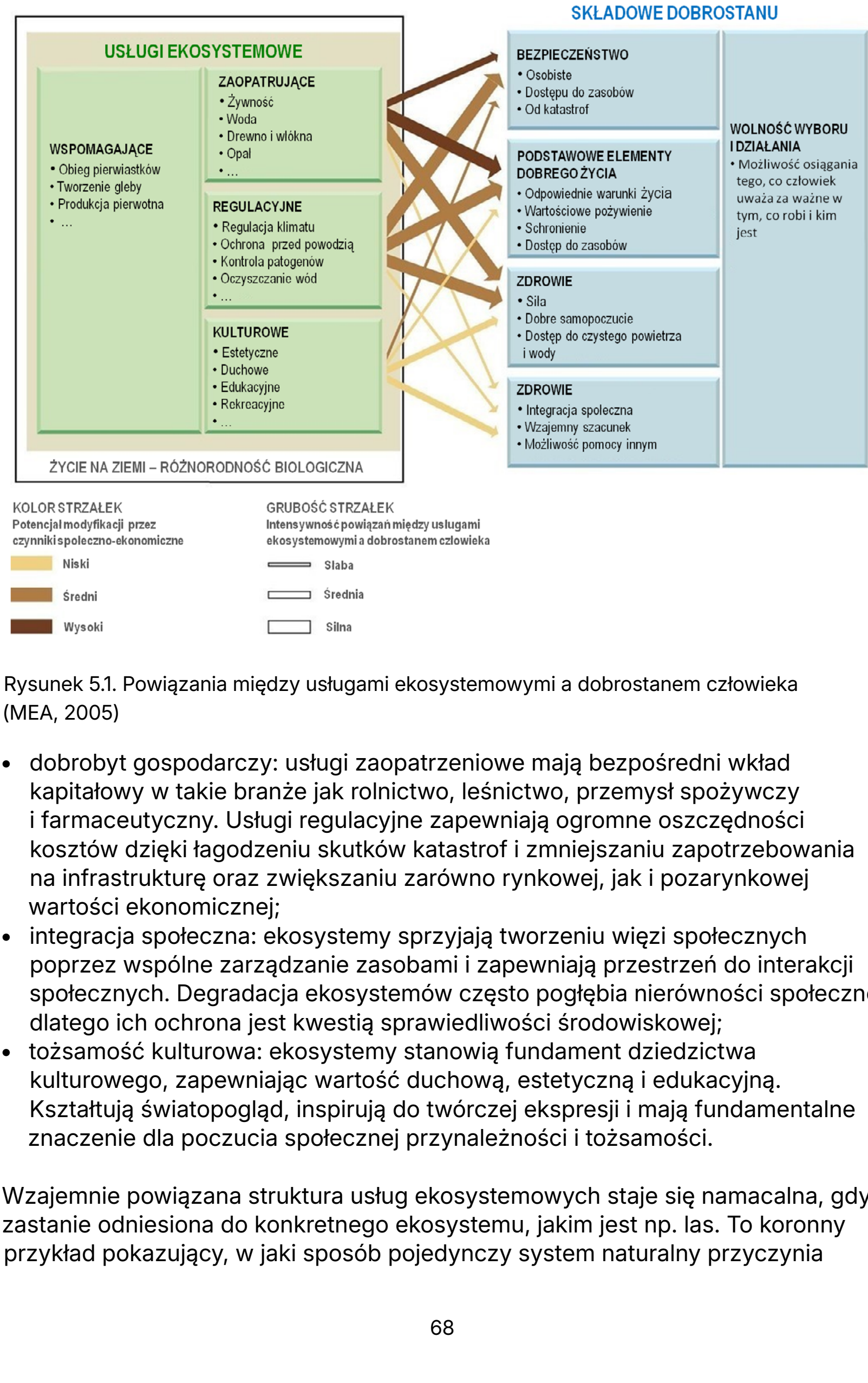
Funkcje ekosystemu stanowią podstawowy motor napędowy całego systemu ekologicznego. Są to złożone procesy biologiczne, geochemiczne i fizyczne, takie jak obieg składników pokarmowych, przepływ energii i tworzenie się gleby, które zachodzą w wyniku interakcji między gatunkami a ich środowiskiem w celu utrzymania struktury i funkcjonowania ekosystemu. Zasadniczo funkcje ekosystemu opisują sposób działania systemów naturalnych. Korzyści, jakie ludzkość czerpie z tych procesów, nazywane są usługami ekosystemowymi i stanowią namacalne i niematerialne dobra, takie jak żywność, czysta woda i regulacja klimatu, które ludzkość otrzymuje od natury. Relacja ta ma charakter bezpośredniej zależności. Usługi ekosystemowe są całkowicie uzależnione od ciągłego, niezakłóconego funkcjonowania podstawowych procesów ekologicznych. Każde zakłócenie podstawowej funkcji ekosystemu nieuchronnie prowadzi do degradacji usług, które wspiera.

Usługi ekosystemowe, definiowane szeroko jako korzyści, jakie ludzkość czerpie bezpośrednio i pośrednio z naturalnych ekosystemów i występującej w nich różnorodności biologicznej (Costanza i in., 1997; Millennium Ecosystem Assessment, 2005), często postrzegane są jako „wkład natury w życie ludzi". Usługi te nie są wytwarzane w izolacji, ale stanowią bezpośredni rezultat złożonych podstawowych procesów ekologicznych i funkcji wynikających z interakcji między gatunkami a ich środowiskiem fizycznym. W związku z tym koncepcja usług ekosystemowych stanowi kluczowe ramy dla zrozumienia wzajemnej zależności między dobrostanem ludzi a rozwojem gospodarczym i zdrowiem systemów naturalnych (Xue i in., 2019), tworząc istotny pomost między ekologią, społeczeństwem i gospodarką.

Na rysunku 5.1 przedstawiono silne, ale zmienne powiązania między usługami ekosystemowymi a dobrostanem ludzi, pokazując, w jaki sposób czynniki społeczno-ekonomiczne mogą czasami osłabiać te powiązania (np. zakup substytutów utraconych usług). Związki te są kontekstowo specyficzne i różnią się w zależności od regionu oraz rodzaju ekosystemu. Schemat obrazuje kluczową część większego, dynamicznego systemu, w którym dobrostan kształtowany jest także przez inne czynniki ekonomiczne, społeczne i technologiczne, a ekosystemy są jednocześnie poddawane wpływowi działalności człowieka.

Usługi ekosystemów mają zasadnicze znaczenie dla funkcjonowania człowieka, będąc podstawą czterech kluczowych wymiarów jego życia:

- dobrostan człowieka: usługi regulacyjne zapewniają czyste powietrze i wodę oraz stabilny klimat, które są niezbędne dla zdrowia fizycznego. Usługi zaopatrzeniowe odpowiadają za bezpieczeństwo żywnościowe i wodne, natomiast usługi kulturowe świadczone przez przestrzenie naturalne mają kluczowe znaczenie dla zdrowia psychicznego i dobrego samopoczucia;



Rysunek 5.1. Powiązania między usługami ekosystemowymi a dobrostanem człowieka (MEA, 2005)

- dobrobyt gospodarczy: usługi zaopatrzeniowe mają bezpośredni wkład kapitałowy w takie branże jak rolnictwo, leśnictwo, przemysł spożywczy i farmaceutyczny. Usługi regulacyjne zapewniają ogromne oszczędności kosztów dzięki łagodzeniu skutków katastrof i zmniejszaniu zapotrzebowania na infrastrukturę oraz zwiększaniu zarówno rynkowej, jak i pozarynkowej wartości ekonomicznej;
- integracja społeczna: ekosystemy sprzyjają tworzeniu więzi społecznych poprzez wspólne zarządzanie zasobami i zapewniają przestrzeń do interakcji społecznych. Degradacja ekosystemów często pogłębia nierówności społeczne, dlatego ich ochrona jest kwestią sprawiedliwości środowiskowej;
- tożsamość kulturowa: ekosystemy stanowią fundament dziedzictwa kulturowego, zapewniając wartość duchową, estetyczną i edukacyjną. Kształtują światopogląd, inspirują do twórczej ekspresji i mają fundamentalne znaczenie dla poczucia społecznej przynależności i tożsamości.

Wzajemnie powiązana struktura usług ekosystemowych staje się namacalna, gdy zastanie odniesiona do konkretnego ekosystemu, jakim jest np. las. To koronny przykład pokazujący, w jaki sposób pojedynczy system naturalny przyczynia

się jednocześnie do dobrego samopoczucia ludzi, dobrobytu gospodarczego, spójności społecznej i tożsamości kulturowej (tabela 5.1).

Tabela 5.1. Wpływ ekosystemu leśnego na usługi ekosystemowe i jakość życia (opracowanie własne)

Kategoria usług	Co zapewnia	Wpływ na jakość życia
Zaopatrujące i podtrzymujące	Drewno, produkty spożywcze. Drzewa i gleba są częścią globalnego obiegu składników pokarmowych i wody	• Zdrowie fizyczne: czystsze powietrze zmniejsza częstotliwość występowania astmy • Dobrostan psychiczny: możliwości rekreacji redukują stres i poprawiają nastrój • Dobrobyt gospodarczy: przemysł drzewny zapewnia miejsca pracy, czysta woda zmniejsza koszty oczyszczania ścieków komunalnych, turystyka generuje dochody • Integracja społeczna i tożsamość kulturowa: las może być dla społeczności miejscem symbolicznym, miejscem spotkań rodzinnych i częścią lokalnego dziedzictwa
Regulacyjne	Wychwytywanie dwutlenku węgla, oczyszczanie powietrza i wody, stabilizacja zboczy zapobiegająca erozji	
Kulturowe	Miejsce do uprawiania turystyki pieszej (rekreacji), odpoczynku czy prowadzenia badań naukowych	

Usługi ekosystemowe stanowią nieodzowne ogniwo łączące zdrowe systemy naturalne ze społecznością ludzką. Nie są one jedynie elementem „komfortu środowiskowego", ale mają fundamentalne znaczenie dla naszego przetrwania, zdrowia, stabilności gospodarczej i zaspakajania potrzeb kulturowych. Uznanie ich wartości jest pierwszym krokiem do podjęcia decyzji, które chronią i wzmacniają te istotne usługi, zapewniając w ten sposób długoterminowy dobrobyt i jakość życia ludzi. Jednak pojęcie usług ekosystemowych nie jest rozpowszechnione poza środowiskiem naukowym i często postrzegane jest jako złożone lub nadmiernie akademickie. W rezultacie wielu interesariuszy zaangażowanych w rozwój zielonej infrastruktury (takich jak planiści, inwestorzy, społeczności lokalne czy decydenci) może mieć trudności z odniesieniem się do tego podejścia. Przedstawianie usług ekosystemowych w kategoriach jasnych i praktycznych korzyści może ułatwić

ich zrozumienie, poprawić komunikację oraz pomóc w identyfikacji potrzeb i priorytetów inwestycyjnych w zakresie zielonej infrastruktury (John i in., 2019). Takie podejście ułatwi zrozumienie wielofunkcyjnej roli zielonej infrastruktury w zwiększaniu jakości środowiska, zaspokajaniu potrzeb społecznych oraz stymulowaniu rozwoju gospodarczego (rysunek 5.2), czyniąc ją kluczowym elementem zrównoważonego planowania i zarządzania krajobrazem.



Rysunek 5.2. Grupy korzyści płynących z wykorzystania zielonej infrastruktury (John i in., 2019)

5.2. WSPIERANIE ZDROWIA I DOBREGO SAMOPOCZUCIA PRZEZ ZIELONĄ INFRASTRUKTURĘ

Konwencjonalne planowanie urbanistyczne, często zdominowane przez infrastrukturę komunikacyjną ukierunkowaną na transport samochodowy, może prowadzić do kształtowania środowisk zniechęcających do podejmowania aktywności fizycznej, a siedzący tryb życia stanowi istotny czynnik ryzyka rozwoju chorób przewlekłych. W odpowiedzi na te wyzwania zielona infrastruktura, obejmująca parki, lasy miejskie oraz ciągi zieleni, jest coraz częściej uznawana za kluczowy instrument strategii zdrowia publicznego. W niniejszym rozdziale przeanalizowano mechanizmy, dzięki którym zielona infrastruktura przyczynia się do poprawy dobrostanu ludzi, w szczególności w jaki sposób dostępność

i atrakcyjność terenów zieleni sprzyjają regularnej aktywności fizycznej oraz jak kontakt z przyrodą redukuje stres, lęk i objawy depresji, wzmacniając tym samym zarówno odporność fizyczną, jak i psychiczną.

Strategiczne rozmieszczenie zielonej infrastruktury jest kluczowym działaniem w zakresie zdrowia publicznego i sprawiedliwości środowiskowej. Priorytetowe traktowanie parków, nasadzeń drzew przyulicznych i terenów zieleni w historycznie niedofinansowanych dzielnicach może zmniejszyć zanieczyszczenie powietrza i zachorowalność na astmę, wspierać zdrowie fizyczne i psychiczne oraz zapewniać cień, który łagodzi skutki upałów, szczególnie wśród społeczności najbardziej na nie narażonych (Di Marino i Lapintie, 2018; Grabowski i in., 2023).

Zielona infrastruktura sprzyja aktywności fizycznej poprzez tworzenie środowisk dostępnych, bezpiecznych i atrakcyjnych. Dostępność, osiągana poprzez lokalizowanie parków i ciągów zieleni w niewielkiej odległości pieszej, pozwala wyeliminować barierę niewygody. Bezpieczeństwo zapewniają rozwiązania projektowe umożliwiające bierną obserwację, separację od ruchu drogowego oraz odpowiednią konserwację. Kluczową rolę odgrywa także naturalna atrakcyjność środowiska przyrodniczego. Walory estetyczne, zróżnicowane ukształtowanie terenu oraz komfort zapewniany przez cienie drzew stanowią istotny bodziec do korzystania z tych przestrzeni. W istocie zielona infrastruktura przekształca środowisko zbudowane w sposób, który zachęca do spacerów, jazdy na rowerze i innych aktywności rekreacyjnych.

Zielona infrastruktura wspiera zdrowie psychiczne i dobrostan ludzi poprzez redukcję stresu, lęku i depresji w wyniku kontaktu ze środowiskiem naturalnym. Ten mechanizm ma charakter zarówno psychologiczny, jak i fizjologiczny, gdyż nawet bierna ekspozycja na przyrodę może działać leczniczo i regenerująco na umysł. Współczesne życie, zwłaszcza w miastach, jest pełne bodźców wymagających tzw. ukierunkowanej uwagi (np. ekrany, hałas uliczny, napięte terminy w pracy). Nieustanny wysiłek mentalny prowadzi do obniżenia uwagi, zwiększa stres, drażliwość i wyczerpanie psychiczne. Jest to istotny czynnik przyczyniający się do wysokiej częstotliwości występowania zaburzeń związanych ze stresem, lęku oraz depresji.

Kontakt ze środowiskiem naturalnym w ramach zielonej infrastruktury wspomaga regenerację psychiczną opartą na dwóch kluczowych ramach teoretycznych: teorii redukcji stresu (*stress reduction theory*; Ulrich, 1983) oraz teorii przywracania uwagi (*attention restoration theory*; Kaplan i Kaplan, 1989). Teoria redukcji stresu głosi, że środowiska naturalne wywołują wrodzoną pozytywną reakcję fizjologiczną prowadzącą do obniżenia poziomu hormonów stresu, redukcji ciśnienia krwi oraz rozluźnienia napięcia mięśniowego, skutecznie przenosząc organizm ze stanu „walki lub ucieczki" w stan „odpoczynku i trawienia" (Ulrich, 1983). Teoria

przywracania uwagi zakłada natomiast, że przyroda angażuje umysł poprzez tzw. łagodną fascynację, np. obserwowanie chmur lub płynącej wody. Tego rodzaju bezwysiłkowe zaangażowanie umożliwia mechanizmom ukierunkowanej uwagi mózgu regenerację, co redukuje zmęczenie psychiczne i przywraca koncentrację oraz zdolności poznawcze. W istocie zielona infrastruktura oferuje podwójny efekt regeneracyjny: łagodzi stres fizjologiczny i wspomaga regenerację psychiczną, stanowiąc istotne narzędzie przeciwdziałania lękowi, wypaleniu zawodowemu i wyczerpaniu poznawczemu (Kaplan i Kaplan, 1989).

Obie wspomniane teorie tłumaczą, w jaki sposób zielona infrastruktura wspiera zdrowie, zwracając uwagę na znaczenie kontaktu z terenami zieleni dla dobrego samopoczucia człowieka. Ten aspekt jest często poruszany w dokumentach polityki miejskiej, które choć rzadko posługują się terminem „usługi ekosystemowe", w praktyce wyraźnie doceniają korzyści płynące z miejskiej zieleni (Hansen i in., 2015). W tym ujęciu szczególnie wyraźnie widać znaczenie konkretnych elementów zielonej infrastruktury, takich jak parki, które pozwalają zmaterializować te korzyści w codziennym życiu mieszkańców.

Parki stanowią przestrzenie, w których elementy środowiskowe, społeczne i zdrowotne łączą się w spójną całość. Naturalne otoczenie sprzyja regeneracji i wyciszeniu, obecność innych ludzi wspiera budowanie relacji społecznych, a możliwość aktywności na świeżym powietrzu wzmacnia zdrowie fizyczne i psychiczne. Jak podkreślają Maller i in. (2009), parki są miejscami, w których różne wymiary dobrostanu wzajemnie się uzupełniają i wzmacniają (tabela 5.2).

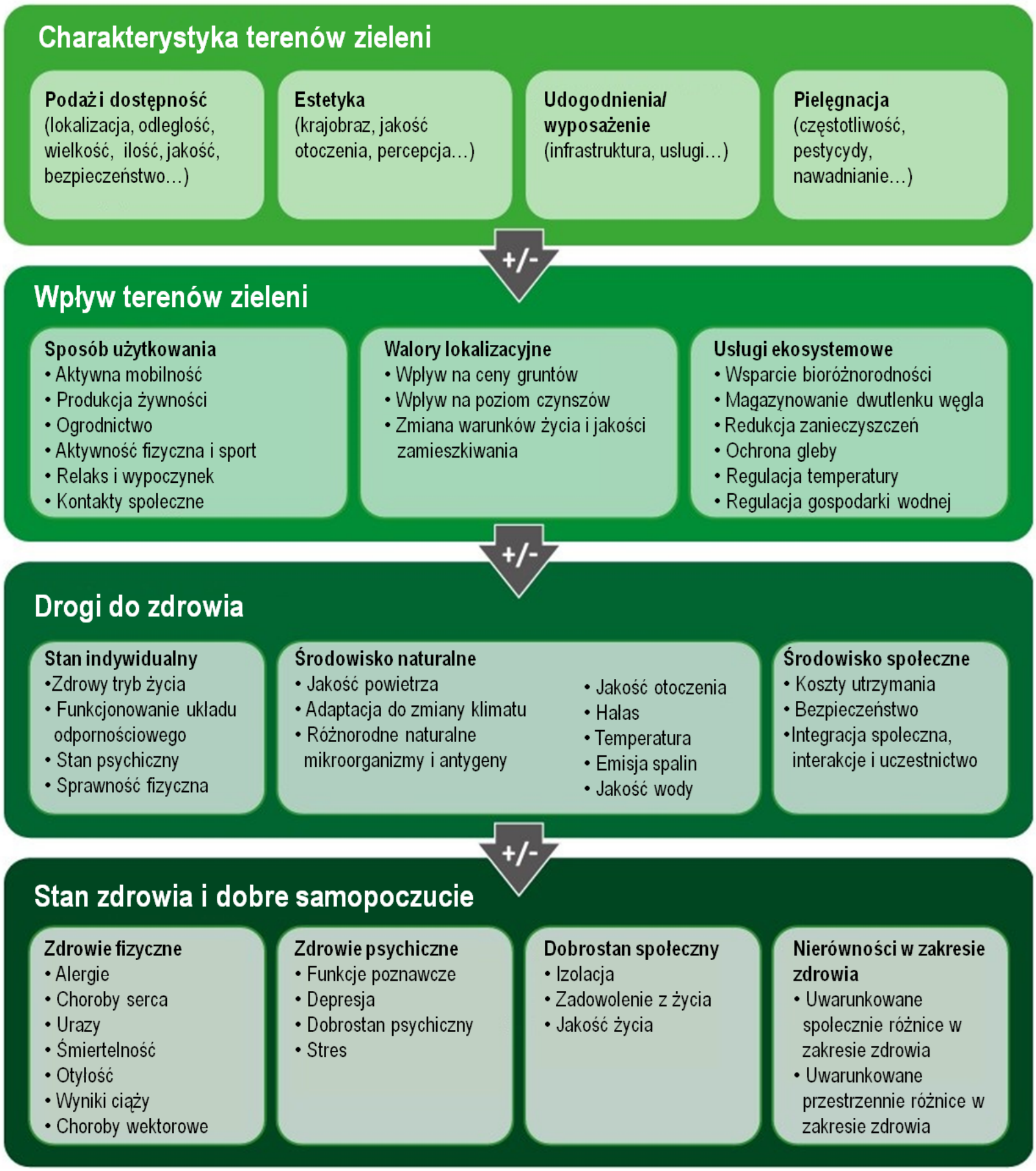
W raporcie Światowej Organizacji Zdrowia dotyczącym miejskich terenów zieleni oraz zdrowia (WHO, 2016) przedstawiono, w jaki sposób obszary zielone wpływają na dobrostan człowieka poprzez wiele wzajemnie powiązanych mechanizmów. Podkreślono, że podaż, dostępność oraz jakość terenów zieleni kształtują zarówno korzyści środowiskowe, takie jak czystsze powietrze, regulacja temperatury i wspieranie bioróżnorodności, jak i możliwości podejmowania aktywności fizycznej, interakcji społecznych oraz relaksu. Czynniki te oddziałują z kolei na zdrowie fizyczne, dobrostan psychiczny i spójność społeczną. Raport przedstawia kompleksową koncepcję pokazującą, w jaki sposób przemyślane planowanie i projektowanie miejskich terenów zieleni może sprzyjać tworzeniu zdrowszych i bardziej odpornych miast (rysunek 5.3).

Również niemiecki Federalny Urząd Ochrony Przyrody (Bundesamt für Naturschutz) w raporcie dotyczącym terenów zieleni i zdrowia podkreśla, że aby miejskie tereny zieleni przynosiły rzeczywiste korzyści mieszkańcom, muszą być zaprojektowane w taki sposób, by mogły spełniać kilka kluczowych wymagań. Przede wszystkim niezbędna jest dostępność i inkluzywność, aby wszystkie grupy – w tym osoby o ograniczonej mobilności czy niskich dochodach – mogły korzystać z danej przestrzeni bez przeszkód. Ważna jest także różnorodność funkcji i stref,

Tabela 5.2. Wkład parków w zdrowie i dobrostan człowieka (Maller i in., 2009)

Składniki zdrowia	Wkład parków
Fizyczne	Zapewniają różnorodne przestrzenie i infrastrukturę umożliwiające uprawianie sportu i rekreacji zarówno formalnej, jak i nieformalnej, dostosowanej do różnych poziomów umiejętności i sprawności fizycznej. Przykłady takich aktywności obejmują: piknikowanie, spacery, trening psów, bieganie, jazdę na rowerze, gry zespołowe, żeglarstwo, surfing, fotografowanie, obserwację ptaków, wędrówki po lesie, wspinaczkę skałkową oraz biwakowanie
Psychiczne	Umożliwiają korzystanie z przyrody w celu regeneracji po zmęczeniu psychicznym; zapewniają samotność i ciszę; stanowią inspirację i pozwalają na twórczą ekspresję artystyczną; umożliwiają rozszerzanie wiedzy (np. historia przyrodnicza i kulturowa)
Duchowe	Stanowią naturalne środowisko dla kontemplacji, refleksji i inspiracji; wywołują poczucie więzi z miejscem; pozwalającą doświadczyć przeżyć metafizycznych
Społeczne	Zapewniają tereny umożliwiające rozwijanie sieci społecznych i relacji międzyludzkich, zarówno dla par i rodzin, jak i klubów społecznych oraz organizacji o różnej wielkości, w postaci zarówno swobodnych pikników, jak i wydarzeń formalnych czy festiwali
Środowiskowe	Pozwalają zachować naturalne ekosystemy i bioróżnorodność; zapewniają czyste powietrze i wodę; utrzymują prawidłowe funkcjonowanie ekosystemów; wspierają zaangażowanie ludzi w ochronę środowiska naturalnego (np. poprzez grupy typu „przyjaciele parków" i podobne inicjatywy)

obejmująca obszary aktywności, ciszy, kontaktu z naturą i rekreacji, dzięki czemu teren zieleni odpowiada na zróżnicowane potrzeby użytkowników. Bliskość i łatwy dostęp pieszy sprawiają, że mieszkańcy mogą korzystać z parków na co dzień, a nie tylko okazjonalnie. Wreszcie, aby zieleń przynosiła realne korzyści zdrowotne i środowiskowe, projektowanie powinno uwzględniać naturalne efekty prozdrowotne, takie jak chłodzenie mikroklimatu czy oczyszczanie powietrza. Tylko przy spełnieniu tych kryteriów miejskie tereny zieleni mogą w pełni wykorzystywać swój potencjał i przyczyniać się do poprawy zdrowia i jakości życia mieszkańców (Rittel i in., 2014).



Rysunek 5.3. Model przyczynowy wpływu miejskich terenów zieleni na zdrowie i dobrostan mieszkańców (WHO, 2016)

Brytyjski Landscape Institute w stanowisku dotyczącym zdrowia publicznego i krajobrazu (Landscape Institute, 2013) podkreśla, że zdrowie publiczne można wspierać poprzez zintegrowane procesy planowania i projektowania, takie jak:

- włączanie ochrony zasobów naturalnych (powietrza, wody, gleby) w procesy zagospodarowania przestrzennego,

- uwzględnianie aspektów zdrowotnych w planach zagospodarowania przestrzennego i nowych projektach inwestycyjnych,
- projektowanie zielonej infrastruktury sprzyjającej aktywności fizycznej i aktywnym formom transportu (spacery i jazda na rowerze),
- tworzenie dostępnych i inkluzywnych przestrzeni publicznych wzmacniających spójność społeczną,
- kształtowanie terenów zieleni wspierających dobrostan fizyczny i psychiczny.

W dokumencie tym zapisano, że tworzenie zdrowych publicznych miejsc powinno opierać się na kilku kluczowych zasadach. Zgodnie z tym stanowiskiem, takie zdrowe miejsca poprawiają warunki środowiskowe, w tym jakość powietrza, wody i gleby, a także zawierają elementy, które pomagają społecznościom dostosować się do skutków zmian klimatycznych i je łagodzić. Pozwalają one niwelować nierówności w zakresie zdrowia i zachęcają do zdrowego stylu życia, jednocześnie promując spójność społeczną, zmniejszając stres, izolację i zachowania antyspołeczne. Ponadto przestrzenie te umożliwiają pracę, naukę i rozwój osobisty. To miejsca umożliwiające regenerację i podnoszące na duchu, wspierające zarówno zdrowie fizyczne, jak i psychiczne. Wszystkie te zasady podkreślają znaczenie krajobrazów zaprojektowanych w sposób przemyślany dla promowania dobrego samopoczucia i tworzenia środowisk, które umożliwiają powstawanie zdrowszych i bardziej odpornych społeczności.

Kontakt z naturą może wspierać zdrowie mieszkańców na wiele sposobów. Jego deficyt coraz częściej wiązany jest z nasilającymi się problemami zdrowia psychicznego, osłabieniem odporności i większą podatnością na choroby przewlekłe. Zielona infrastruktura pomaga łagodzić te negatywne skutki poprzez umożliwienie codziennej interakcji z naturą. Badania wykazują pozytywną korelację między ekspozycją na miejskie tereny zieleni i subiektywną oceną zdrowia mieszkańców (Takano, 2002). Zamieszkiwanie w rejonach z dostępem do terenów zieleni przyczynia się do zwiększenia długości życia osób starszych, niezależnie od takich czynników, jak wiek, płeć, stan cywilny, początkowy stan zdrowia czy status społeczno-ekonomiczny (Song i in., 2022). Ponadto aktywność fizyczna w miejskich terenach zieleni pomaga zapobiegać chorobom sercowo-naczyniowym u dorosłych (Matsunaga i in., 2011; Igarashi i in., 2015; Hoffman i in., 2018; Ng i in., 2018; Uijtdewilligen i in., 2019; Pratiwi i in., 2019, 2020). Kontakt z naturą wpływa także korzystnie na funkcjonowanie układu odpornościowego (Park i in., 2009, 2010; Lee i in., 2009, 2012; Ochiai i in., 2015; Miyazaki i in., 2015; Song i in., 2016).

Zielona infrastruktura nie tylko umożliwia codzienny kontakt z naturą, przynosząc liczne korzyści zdrowotne dla całej społeczności, ale może również pełnić funkcję przestrzeni terapeutycznych dla osób z już zdiagnozowanymi potrzebami zdrowotnymi. W odpowiedzi na rosnące zainteresowanie wpływem przyrody na

zdrowie w ostatnich latach opracowano różnorodne formy interwencji opartych na naturze, które wykorzystują środowisko naturalne jako narzędzie wspierające leczenie farmakologiczne, rehabilitację i ogólny dobrostan psychofizyczny (Shanahan i in., 2019).

Do najczęściej stosowanych metod należą m.in. sylwoterapia (kąpiele leśne), hortiterapia (ogrody terapeutyczne i zajęcia ogrodnicze), terapia przygodowa (programy outdoorowe i ekspedycje edukacyjne) oraz ekoterapia (medytacja i uważne przebywanie w przyrodzie). Zakładają one świadome i zorganizowane korzystanie z przyrody w postaci zaplanowanych, bezpiecznych terenów zieleni, które sprzyjają nawiązywaniu aktywnej interakcji z otoczeniem.

Celem tego typu terapii jest przede wszystkim redukcja stresu, poprawa nastroju, wzmocnienie funkcji poznawczych oraz zwiększenie jakości życia, dobrostanu psychicznego (Lee, 2025; Pratiwi i in., 2025) i fizycznego uczestników (Takano, 2002). Dodatkowo regularny kontakt z przyrodą w ramach takich interwencji sprzyja budowaniu więzi społecznych (He i in., 2025), zwiększa aktywność fizyczną i wspiera procesy adaptacyjne organizmu, co czyni je wartościowym uzupełnieniem tradycyjnych metod leczenia i rekonwalescencji.

5.3. ZIELONA INFRASTRUKTURA JAKO PODSTAWA ROZWOJU ZDROWYCH I ODPORNYCH MIAST

Włączenie zielonej infrastruktury i usług ekosystemowych do planowania przestrzennego i polityki rozwoju nie jest tylko „miłym dodatkiem środowiskowym". Jest to podstawowy warunek wstępny budowy odpornych, zrównoważonych i sprawiedliwych miast na miarę XXI wieku i przyszłości. Znaczenie tej integracji można zrozumieć, porównując stary paradygmat z nowym i analizując głębokie korzyści, jakie ona przynosi. Zmiana paradygmatu pokazuje, że miasta rozwijają się, przechodząc od podejścia reaktywnego, wykorzystującego rozwiązania inżynieryjne mające na celu naprawę problemów środowiskowych, w kierunku paradygmatu zintegrowanego z zielenią, który od samego początku włącza naturę do systemów miejskich, promując wielofunkcyjną, opłacalną i zrównoważoną infrastrukturę zwiększającą odporność i ogólną jakość życia w mieście (Ahern, 2007; Austin, 2014; Grabowski, 2023).

Uwzględnienie zielonej infrastruktury i usług ekosystemowych w miejskich strategiach i decyzjach planistycznych jest niezbędne, aby można było przejść od rozproszonych działań do spójnego, miejskiego systemu, który przynosi długofalowe korzyści dla środowiska, społeczeństwa i gospodarki, jednocześnie zwiększając odporność miasta i poprawiając jakość życia mieszkańców. W obliczu rosnących zagrożeń klimatycznych, takich jak fale upałów, powodzie czy susze, zielona infrastruktura staje się skuteczną strategią adaptacyjną.

Wprowadzenie odpowiednich strategii, np. obowiązku stosowania zielonych dachów, ochrony miejskich lasów czy tworzenia korytarzy ekologicznych, może pomóc w redukcji miejskiej wyspy ciepła, obniżeniu kosztów energii, zmniejszeniu liczby zgonów związanych z upałami oraz ograniczeniu ryzyka powodzi dzięki efektywnemu zarządzaniu wodami opadowymi (Di Marino i Lapintie, 2018; Monteiro i in., 2020).

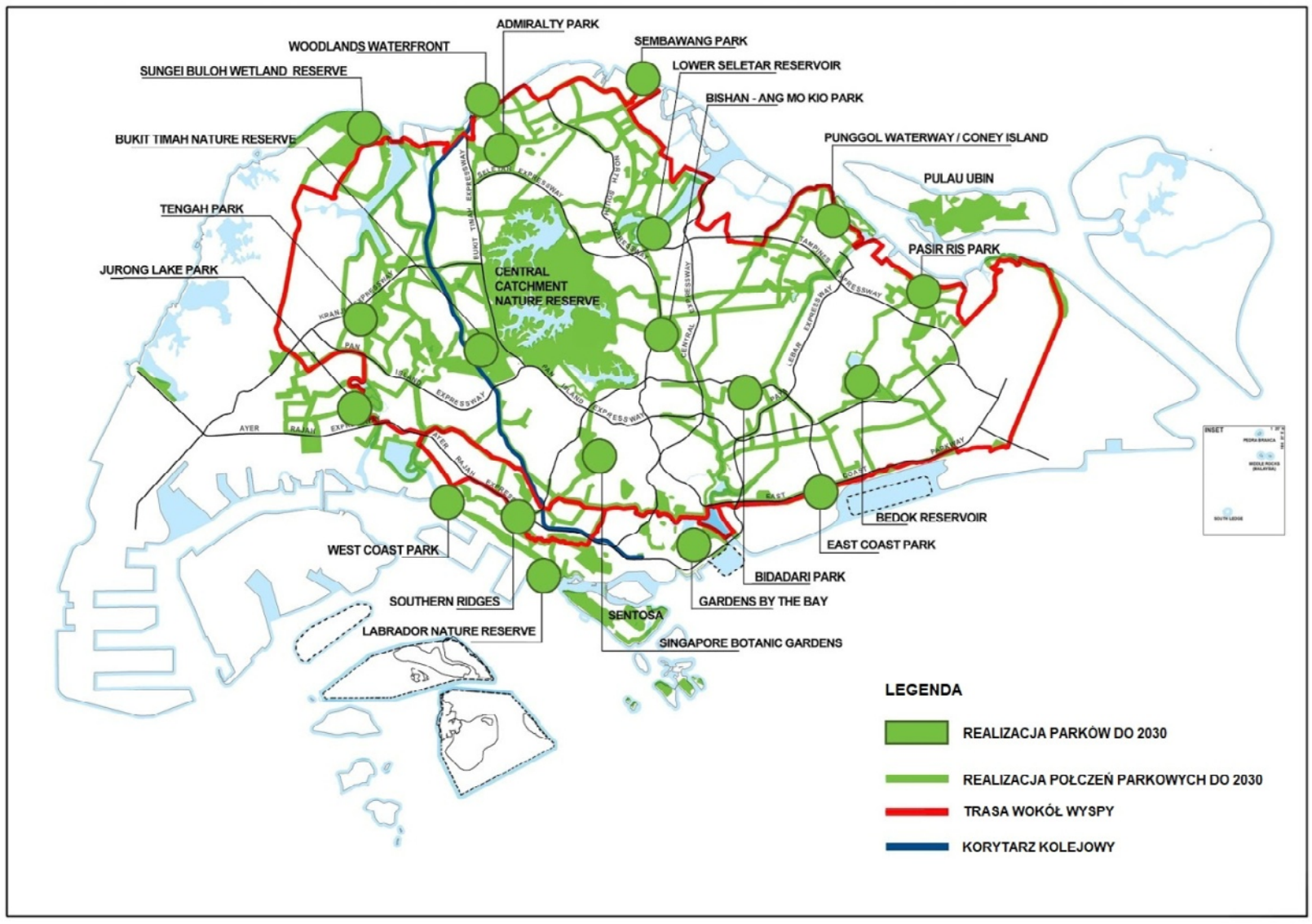
Miasta funkcjonują jak ekosystemy, a integracja w ich ramach zielonej infrastruktury sprzyja powstawaniu połączonych sieci siedlisk zamiast izolowanych terenów zieleni. Opracowanie planu miejskiego obejmującego parki, korytarze rzeczne i zielone ciągi komunikacyjne pozwala wesprzeć zapylacze, ptaki i inne dzikie zwierzęta, zwiększając bioróżnorodność i utrzymując kluczowe funkcje ekologiczne w środowisku miejskim (Ahern, 2007; Austin, 2014; Di Marino i Lapintie, 2018; Monteiro i in., 2020).

Przykładem takiego podejścia jest sieć połączeń parkowych w Singapurze, zaplanowana zgodnie z zasadami projektowania biofilicznego. Koncepcja ta zakłada łączenie terenów zieleni, głównych parków i rezerwatów przyrody w sieć ciągłych zielonych korytarzy (rysunek 5.4). Zapewnia ona szereg usług ekosystemowych: wspiera usługi zaopatrzeniowe, w szczególności dostarczanie wody słodkiej (co jest istotne w kontekście niedoboru wody w Singapurze) oraz pożywienia i surowców. Dodatkowo przyczynia się do realizacji usług regulacyjnych, w tym ochrony zlewni, regulacji klimatu oraz sekwestracji i magazynowania węgla. Ponadto sieć ta oferuje usługi kulturowe ekosystemów, umożliwiając edukację, rekreację i turystykę, a także wspierając korzyści niematerialne, takie jak docenianie estetyki, rozwijanie wartości duchowych oraz silniejsze poczucie przynależności i więzi z miejscem wśród mieszkańców (Friess, 2017; Sini, 2020).

Zielona infrastruktura to inteligentna inwestycja, która przynosi znaczną wartość ekonomiczną i oszczędności kosztów. Wykorzystując rozwiązania zielone zamiast szarych w celu spełnienia wymogów dotyczących zarządzania wodami opadowymi, miasta mogą uniknąć kosztownej rozbudowy infrastruktury, zwiększyć wartość nieruchomości i dochody z podatków, pobudzić turystykę, a w dłuższej perspektywie korzystać z niższych kosztów utrzymania (Monteiro i in., 2020).

Skuteczna realizacja zielonej infrastruktury zależy od wykazania jej wartości ekonomicznej. Analizy kosztów i korzyści pozwalają wzmocnić poparcie polityczne i finansowe dla jej rozwoju. Zachęty i narzędzia regulacyjne, takie jak bonusy za zagęszczenie zabudowy, niższe opłaty za korzystanie ze środowiska czy ulgi podatkowe, mogą sprzyjać szerszemu wdrażaniu zielonej infrastruktury. Projekty pilotażowe pozwalają przetestować wykonalność poszczególnych inicjatyw i zwiększyć poparcie dla nich. Ponieważ zielona infrastruktura rozwijana

jest zazwyczaj w konkretnych granicach administracyjnych, niezbędne jest skoordynowanie finansowania i zarządzania w ramach różnych jednostek (np. wydziały robót publicznych, parków, zdrowia i transportu) w celu osiągnięcia długoterminowego efektu jej wdrażania (Hickie, 2004; Austin, 2014; Monteiro i in., 2020).



Rysunek 5.4. Sieć połączeń parkowych w Singapurze (Books & People, 2017)

W Wielkiej Brytanii rośnie znaczenie wyceny kapitału naturalnego, czyli szacowania wartości, jaką przyroda wnosi do życia społecznego i gospodarki. Celem tego podejścia jest uwzględnienie kwestii środowiskowych w polityce publicznej i planowaniu inwestycji, tak aby decyzje dotyczące rozwoju miast, ochrony przyrody i infrastruktury odzwierciedlały rzeczywiste korzyści społeczne, zdrowotne i ekonomiczne wynikające z obecności zieleni. Administracja metropolitalna Londynu przygotowała w tym celu raport „Natural capital account for London" (Greater London Authority, National Trust & Heritage Lottery Fund, 2017), w którym oszacowała wartość ekonomiczną terenów zieleni, w tym parków, drzew, rzek i innych elementów przyrody miejskiej. Pokazuje on, że środowisko przyrodnicze przynosi mieszkańcom realne korzyści, takie jak poprawa zdrowia, możliwość rekreacji, regulacja klimatu, magazynowanie dwutlenku węgla czy wzrost wartości nieruchomości. Dokument stanowi praktyczne narzędzie dla planistów i decydentów, pozwalające uwzględniać wartość zielonej infrastruktury

w strategiach rozwoju miasta i inwestycjach publicznych, traktujące tereny zieleni jako istotny kapitał miejski, a nie jedynie koszt wiążący się z ich utrzymaniem. W raporcie przedstawiono szacunkową roczną wartość ekonomiczną różnych usług ekosystemowych dostarczanych przez publiczne tereny zieleni w Londynie.

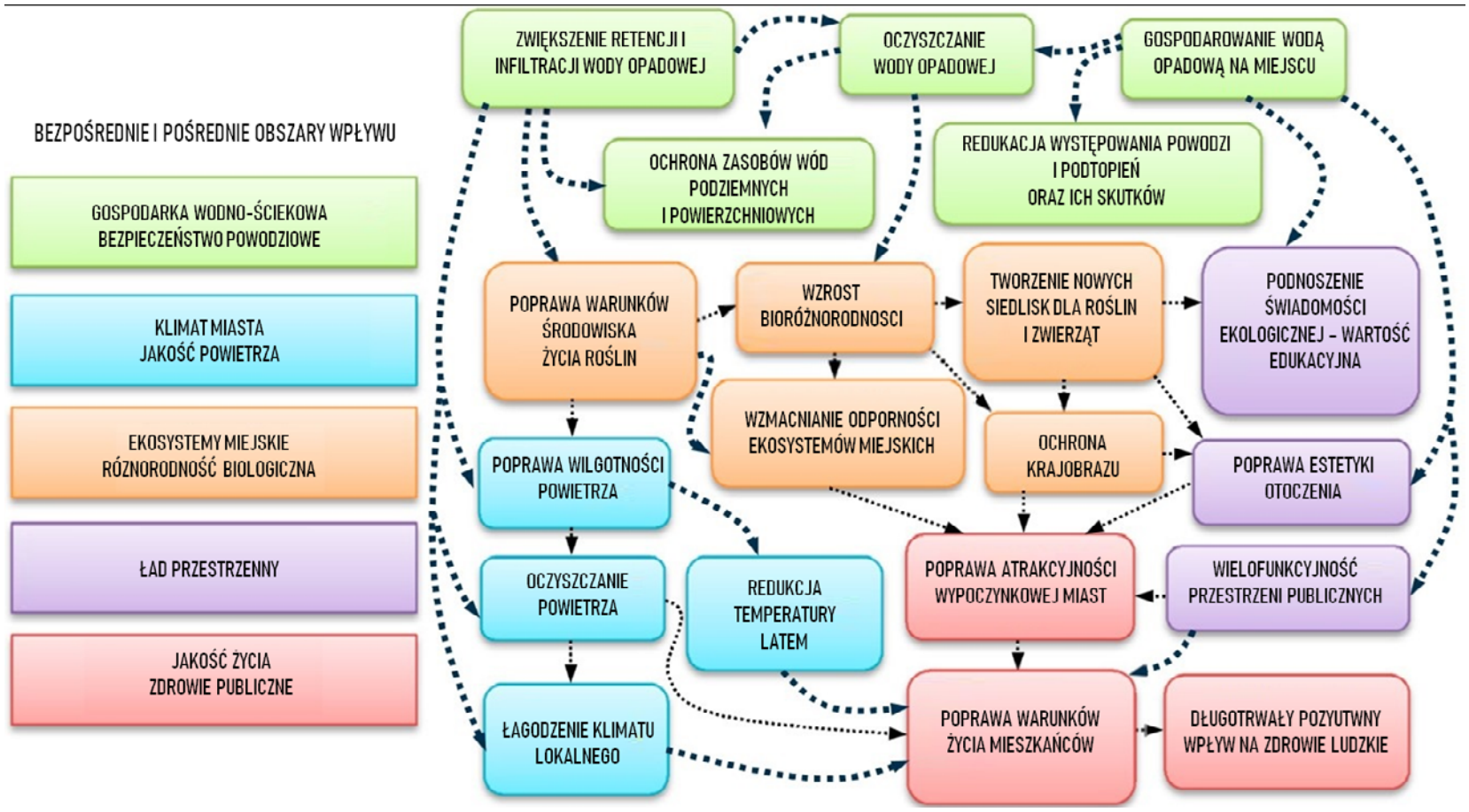
Zestawienie przedstawione w tabeli 5.3 pokazuje, jakie konkretne korzyści przynoszą londyńskie parki i inne tereny zieleni oraz jaką mają wartość finansową. Ujęto w nim m.in. wartość rekreacji i codziennego korzystania z zieleni przez mieszkańców, efekty zdrowotne wynikające z aktywności fizycznej i poprawy samopoczucia, wzrost wartości nieruchomości położonych w pobliżu parków, a także kluczowe funkcje środowiskowe, takie jak regulacja temperatury w mieście, pochłanianie dwutlenku węgla czy poprawa jakości powietrza. Dane te pokazują, że tereny zieleni generują znaczące korzyści ekonomiczne, które często przewyższają koszty ich utrzymania. Wyraźnie wskazują, że zieleń miejska powinna być postrzegana nie tylko jako element krajobrazu czy przestrzeń wypoczynkowa, lecz także jako istotny składnik kapitału naturalnego miasta, przynoszący wymierne korzyści społeczne, zdrowotne i gospodarcze.

Tabela 5.3. Główne korzyści wynikające z istnienia miejskich terenów zieleni i ich szacunkowa roczna wartość finansowa (Greater London Authority, National Trust & Heritage Lottery Fund, 2017)

Rodzaj korzyści związanych z parkami	Wartość [mld GBP]	[%]
Zdrowie fizyczne	11	12
Zdrowie psychiczne	7	7
Walory nieruchomości mieszkaniowych	56	61
Rekreacja	17	19
Inne	1	1
Wartość aktywów brutto	92	100

Wczesne uwzględnienie zielonej infrastruktury w planowaniu miejskim ma kluczowe znaczenie. Powinna być ona projektowana już na etapie wstępnym lub równolegle z rozwojem urbanistycznym, a nie traktowana jak uzupełnienie budowy, już po jej zakończeniu. Zaangażowanie mieszkańców i różnych grup interesariuszy sprzyja akceptacji społecznej oraz wspiera identyfikację rozwiązań o wielofunkcyjnym charakterze. Skuteczna realizacja zielonej infrastruktury wymaga także silnej koordynacji międzydyscyplinarnej, łączącej takie dziedziny, jak architektura krajobrazu, ekologia, inżynieria środowiskowa, urbanistyka i roboty publiczne, w celu zapewnienia spójnego i efektywnego procesu projektowego (Austin, 2014; Monteiro i in., 2020; Grabowski i in., 2023).

Zielona infrastruktura realizuje różnorodne funkcje, od retencji wody, przez poprawę klimatu i jakości powietrza, po wzmacnianie bioróżnorodności, które wpływają jednocześnie na zdrowie i komfort życia mieszkańców oraz odporność miasta. Kluczową rolę odgrywa tutaj efekt synergii (rysunek 5.5) – poszczególne procesy wzajemnie się wspierają, dzięki czemu łączna wartość ekologiczna, społeczna i zdrowotna systemu przewyższa sumę korzyści wynikających z pojedynczych działań.



Rysunek 5.5. Efekty synergii we wdrażaniu błękitno-zielonej infrastruktury (Bernaciak i in., 2025)

Decyzje podejmowane dziś będą kształtować odporność i jakość życia w miastach przez dziesięciolecia. Inwestowanie w zieloną infrastrukturę to inwestycja w sprawiedliwość międzypokoleniową. Aktualizacja przepisów planistycznych, standardów zabudowy oraz długoterminowych planów rozwojowych w celu uwzględnienia wymogów dotyczących rozwoju zielonej infrastruktury pozwoli zapewnić lepsze przygotowane miast do przyszłych wyzwań – z czystszym powietrzem, bardziej niezawodną gospodarką wodną i zdrowszym środowiskiem dla przyszłych pokoleń (Di Marino i Lapintie, 2018; Monteiro i in., 2020).

Brak integracji zielonej infrastruktury i usług ekosystemowych w rozwoju miejskim to zmarnowana szansa na ogromną skalę, prowadząca do wyższych kosztów, większej podatności na zagrożenia oraz gorszego stanu zdrowia publicznego. Wzmacnianie realizacji poprzez partnerstwa publiczno-prywatne może zachęcać deweloperów do uwzględniania w swoich przedsięwzięciach parków, zielonych ulic i terenów naturalnych jako wartościowych, wielofunkcyjnych udogodnień. Edukacja i rozwój kompetencji umożliwiają profesjonalistom projektowanie

i wdrażanie zielonej infrastruktury w sposób skuteczny. Świadome planowanie miast w harmonii z naturą aktywuje potężny, wielokierunkowo korzystny zestaw narzędzi, pozwalający tworzyć odporne, sprawiedliwe i dynamiczne gospodarczo środowiska miejskie dla przyszłych pokoleń.

Pytania sprawdzające:

1. W jaki sposób usługi ekosystemowe przyczyniają się do dobrostanu człowieka?
2. W jaki sposób usługi ekosystemowe przyczyniają się do dobrobytu gospodarczego?
3. Jakie znaczenie ma zielona infrastruktura dla ochrony przyrody i środowiska?
4. W jaki sposób usługi ekosystemowe przyczyniają się do osiągania spójności społecznej?
5. W jaki sposób usługi ekosystemowe przyczyniają się do kształtowania tożsamości kulturowej?
6. W jaki sposób zielona infrastruktura wspiera zdrowie fizyczne?
7. W jaki sposób zielona infrastruktura wspiera zdrowie psychiczne?

Bibliografia

Ahern, J. (2007). Green infrastructure for cities: The spatial dimension. W: V. Novotny & P. Brown (red.), *Cities of the future: Towards integrated sustainable water and landscape management* (s. 267–283). IWA Publishing

Austin, G. (2014). *Green Infrastructure for Landscape Planning: Integrating Human and Natural Systems*. Routledge.

Bernaciak, A., Bernaciak, A., & Fortuński, B. (2025). Blue-green infrastructure of a regenerative city. *Economics and Environment*, *91*(4), 978. https://doi.org/10.34659/eis.2024.91.4.978

Books & People. (2017). *360 km of park connectors* [rys.]. https://www.booksandpeople.com.sg/wp-content/uploads/2017/01/360km-of-park-connectors.jpg [dostęp: 10.10.2025].

Costanza, R., d'Arge, R., Groot, R. de, Farber, S., Grasso, M., Hannon, B., Limburg, K., Naeem, S., O'Neill, R.V., Paruelo, J., Raskin, R. G., Sutton, P., & Belt, M. van den (1997). The Value of the World's Ecosystem Services and Natural Capital. *Nature*, *387*, 253–260. https://doi.org/10.1038/387253a0

Di Marino, M. & Lapintie, K. (2018). Exploring the concept of green infrastructure in urban landscape. Experiences from Italy, Canada and Finland. *Landscape Research*, *43*(1), 139–149. https://doi.org/10.1080/01426397.2017.1300640

Friess, D. A. (2017). Singapore as a long-term case study for tropical urban ecosystem services. *Urban Ecosystems*, *20*, 277–291. https://doi.org/10.1007/s11252-016-0592-7

Giedych, R., Szulczewska, B., Legutko-Kobus, P., Wójcik-Gront, E., Adamczyk-Jabłońska, J., & Cieszewska, A. (2026). Green infrastructure benefits – medium and small-sized cities perspective derived from their programming and planning documents. *Cities*, *170*, 106725. https://doi.org/10.1016/j.cities.2025.106725

Grabowski, Z. J., McPhearson, T., & Pickett, S. T. (2023). Transforming US urban green infrastructure planning to address equity. *Landscape and Urban Planning*, *229*, 104591. https://doi.org/10.1016/j.landurbplan.2022.104591

Greater London Authority, National Trust, & Heritage Lottery Fund. (2017). *Natural Capital Accounts for public green spacer in London. Greater London Authority*. National Trust and Heritage Lottery Fund. https://www.london.gov.uk/sites/default/files/11015viv_natural_capital_account_for_london_v7_full_vis.pdf [dostęp: 10.10.2025].

Hansen, R., Rall, E. L., Pauleit, S. Czechowski, D., Hauck, T., & Hausladen, G. (2015). A Transatlantic Lens on Green Infrastructure Planning and Ecosystem Services: Assessing Implementation in Berlin and Seattle. W D. Czechowski, T. Hauck, G. Hausladen (red.), *Revising Green Infrastructure* (s. 247–266). CRC Press Taylor & Francis Group.

He, M., Hu, Y., Dong, X., Ma, J., & Wang, G. (2025). Research on Companion-Based Forest Therapy and Its Physiological and Psychological Benefits to College Students. *International Journal of Environmental Research and Public Health*, *22*(7), 1–19. https://doi.org/10.3390/ijerph22071026

Hickie, D. (2004). *Irish Hedgerows: Networks for Nature*. Networks for Nature.

Hofmann, M., Young, C., Binz, T. M., Baumgartner, M. R., & Bauer, N. (2018). Contact to nature benefits health: Mixed effectiveness of different mechanisms. *International Journal of Environmental Research and Public Health 15*(1), 31. https://doi.org/10.3390/ijerph15010031

Igarashi, M., Miwa, M., Ikei, H., Song, C., Takagaki, M., Miyazaki, Y. (2015). Physiological and psychological effects of viewing a kiwifruit (*Actinidia deliciosa* 'Hayward') orchard landscape in summer in Japan. *International Journal of Environmental Research and Public Health*, *12*(6), 6657–6668. https://doi.org/10.3390/ijerph120606657

John, H., Marrs, C., & Neubert, M. (red.). (2019). *Green Infrastructure Handbook – Conceptual and Theoretical Background, Terms and Definitions*. Interreg Central Europe Project MaGICLandscapes. Output O.T1.1. Dresden [z udziałem:

H. John, C. Marrs, M. Neubert, S. Alberico, G. Bovo, S. Ciadamidaro, F. Danzinger, M. Erlebach, D. Freudl, S. Grasso, A. Hahn, Z. Jała, I. Lasala, M. Minciardi, G.L. Rossi, H. Skokanová, T. Slach, K. Uhlemann, P. Vayr, D. Wojnarowicz, T. Wrbka]. https://programme2014-20.interreg-central.eu/Content.Node/MaGICLandscapes-Green-Infrastructure-Handbook.pdf [dostęp: 10.10.2025].

Kaplan, S., & Kaplan, R. (1989). *The Experience of Nature: A Psychological Perspective*. Cambridge University Press.

Landscape Institute. (2013). *Public Health and Landscape. Creating healthy spaces*. Landscape Institute Position Statement. https://landscapewpstorage01.blob.core.windows.net/www-landscapeinstitute-org/2013/11/Public-Health-and-Landscape_FINAL_single-page.pdf [dostęp: 10.10.2025].

Lee, J., Li, Q., Tyrvainen, L., Tsunetsugu, Y., Park, B. J., Kagawa, T., & Miyazaki, Y. (2012). *Nature therapy and preventive medicine.* W: J. Maddock (red.), *Public Health – Social and Behavioral Health* (s. 325–350). Intech.

Lee, J., Park, B. J., Tsunetsugu, Y., Kagawa, T., & Miyazaki, Y. (2009). Restorative effects of viewing real forest landscapes, based on a comparison with urban landscapes. *Scandinavian Journal of Forest Research, 24*(3), 227–234. https://doi.org/10.1080/02827580902903341

Lee, J., Park, B., Ohira, T., Kagawa, T., & Miyazaki, Y. (2015). Acute Effects of Exposure to a Traditional Rural Environment on Urban Dwellers: A Crossover Field Study in Terraced Farmland. *International Journal of Environmental Research and Public Health*, *12*(2), 1874–1893. https://doi.org/10.3390/ijerph120201874

Maller, C., Townsend, M., St Leger, L., Henderson-Wilson, C., Pryor, A., Prosser, L., & Moore, M. (2009). Healthy parks, healthy people: The health benefits of contact with nature in a park context. *The George Wright Forum*, *26*(2), 51–83. https://www.jstor.org/stable/43598108

Matsunaga, K., Park, B., Kobayashi, H., & Miyazaki, Y. (2011). Physiologically relaxing effect of a hospital rooftop forest on older women requiring care. *Journal of the American Geriatrics Society*, *59*(11), 2162–2163. https://doi.org/10.1111/j.1532-5415.2011.03651.x

Millennium Ecosystem Assessment (MEA]. (2005). *Ecosystems and Human Well-Being: Synthesis Report*. Island Press.

Miyazaki, Y., Song, C., & Ikei, H. (2015). Preventive medical effects of nature therapy and their individual differences. *Japanese Journal of Physiological Anthropology*, *20*(1), 19–32. https://doi.org/10.20718/jjpa.20.1_19

Monteiro, R., Ferreira, J. C., & Antunes, P. (2020). Green Infrastructure Planning Principles: An Integrated Literature Review. *Land*, *9*, 525. https://doi.org/10.3390/land9120525

Ng, K. S. T, Sia, A., Ng, M. K. W., Tan, C. T. Y., Chan, H. Y., Tan, C.H., Rawtaer, I., Feng, L., Mahendran, R., Larbi, A., Kua, E. H., & Ho, R. C. M. (2018). Effects of horticultural therapy on Asian older adults: a randomized controlled trial. *International Journal of Environmental Research and Public Health*, *15*(8), 1705. https://doi.org/10.3390/ijerph15081705

Ochiai, H., Ikei, H., Song, C., Kobayashi, M., Takamatsu, A., Miura, T., Kagawa, T., Li, Q., Kumeda, S., & Imai, M., & Miyazaki, Y. (2015). Physiological and psychological effects of forest therapy on middle-age males with high-normal blood pressure. *International Journal of Environmental Research and Public Health*, *12*(3), 2521–2531. https://doi.org/10.3390/ijerph120302532

Park, B. J., Tsunetsugu, Y., Kasetani, T., Kagawa, T., & Miyazaki, Y. (2010). The physiological effects of Shinrin-yoku (taking in the forest atmosphere or FB): Evidence from field experiments in 24 forests across Japan. *Environmental Health and Preventive Medicine*, *15*(1), 18–26. https://doi.org/10.1007/s12199-009-0086-9

Park, B. J., Tsunetsugu, Y., Kasetani, T., Morikawa, T., Kagawa, T., Miyazaki, Y. (2009). Physiological effects of forest recreation in a young conifer forest in Hinokage Town, Japan. *Silva Fennica*, *43*(2), 291–301. https://doi.org/10.14214/sf.213

Pratiwi, P. I., Xiang, Q., & Furuya, K. (2019). Physiological and psychological effects of viewing urban parks in different seasons in adults. *International Journal of Environmental Research and Public Health*, *16*(21), 4279. https://doi.org/10.3390/ijerph16214279

Pratiwi, P. I., Xiang, Q., & Furuya, K. (2020). Physiological and psychological effects of walking in urban parks and its imagery in different Seasons in middle-aged and older adults: evidence from Matsudo City, Japan. *Sustainability*, *12*(10), 4003. https://doi.org/10.3390/su12104003

Rittel, K., Bredow, L., Wanka, E. R., Hokema, D., Schuppe, G., Wilke, T., Nowak, D., & Heiland, S. (2014). *Grün, natürlich, gesund: Die Potenziale multifunktionaler städtischer Räume* (BfN Skript 371). Bundesamt für Naturschutz. https://www.bfn.de/sites/default/files/BfN/service/Dokumente/skripten/skript371.pdf [dostęp: 10.10.2025].

Shanahan, D. F., Astell-Burt, T., Barber, E. A., Brymer, E., Cox, D. T. C., Dean, J., Depledge, M., Fuller, R. A., Hartig, T., Irvine, K. N., Jones, A., Kikillus, H., Lovell, R., Mitchell, R., Niemelä, J., Nieuwenhuijsen, M., Pretty, J., Townsend, M., Heezik, Y. van, Warber, S., & Gaston, K. J. (2019). Nature-based interventions for improving health and wellbeing: The purpose, the people and the outcomes. *Sports*, *7*(6), 141. https://doi.org/10.3390/sports7060141

Sini, R. (2020). *Singapore's park system master planning: a nation building tool to construct narratives in post-colonial countries*. Springer.

Song, C., Ikei, H., & Miyazaki, Y. (2016). Physiological effects of nature therapy: a review of the research in Japan. *International Journal of Environmental Research and Public Health*, *13*(8), 781. https://doi.org/10.3390/ijerph13080781

Song, C., Ikei, H., Kobayashi, M., Miura, T., Li, Q., Kagawa, T., Kumeda, S., Imai, M., & Miyazaki, Y. (2017). Effect of viewing forest landscape on middle-aged hypertensive men. *Urban Forest. Urban Green*, *21*, 247–252. https://doi.org/10.1016/j.ufug.2016.12.010

Song, C., Ikei, H., Miyazaki, Y. (2022). Seasonal Differences in Physiological Responses to Walking in Urban Parks. *International Journal of Environmental Research and Public Health*, *19*(19), 12154. https://doi.org/10.3390/ijerph191912154

Takano, T., Nakamura, K., & Watanabe, M. (2002). Urban residential environments and senior citizens' longevity in megacity areas: The importance of walkable green spaces. *Journal of Epidemiology & Community Health*, *56*(12), 913–918. https://doi.org/10.1136/jech.56.12.913

Uijtdewilligen, L., Waters, C. N. H., Aw, S., Wong, M. L., Sia, A., Ramiah, A., Wong, M., & Riemenschneider, F. M. (2019). The Park Prescription Study: Development of a community-based physical activity intervention for a multi-ethnic Asian population. *PLoS ONE*, *14*(6), e0218247. https://doi.org/10.1371/journal.pone.0218247

Ulrich, R. S. (1983). Aesthetic and affective response to natural environment. W: I. Altman & J. F. Wohlwill red.), *Human behavior and environment: Advances in theory and research. Vol. 6. Behavior and the natural environment* (s. 85–125). Plenum Press.

World Health Organization [WHO]. (2016). *Urban green spaces and health* (WHO/EURO: 2016-3352-43111-60341). WHO Regional Office for Europe. https://www.who.int/europe/publications/i/item/WHO-EURO-2016-3352-43111-60341 [dostęp: 10.10.2025].

Xue, L., Zhu, B., Wu, Y., Wei, G., Liao, S., Yang, C., Wang, J., Zhang, H., Ren, L., & Han, Q. (2019). Dynamic Projection of Ecological Risk in the Manas River Basin Based on Terrain Gradients. *Science of The Total Environment*, *9*(653), 283–293. https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2018.10.382

6. SPECYFIKA ROZWOJU ZIELONEJ INFRASTRUKTURY W RÓŻNYCH SKALACH I KONTEKSTACH PRZESTRZENNYCH

O czym jest ten rozdział:
W pierwszej części rozdziału przedstawiono skale przestrzenne zielonej infrastruktury (ZI) i wyjaśniono, w jaki sposób funkcjonuje ona jako hierarchiczny i wzajemnie powiązany system – od poziomu pojedynczego miejsca po skalę kontynentalną. Omówiono podejście wieloskalowe (*multi-scale approach*) oraz znaczenie powiązań między skalami (*cross-scale connectivity*) dla zapewnienia ciągłości ekologicznej i skuteczności całego systemu. Zaprezentowano również różne modele klasyfikacji skal oraz wskazano, że definicje i typologie elementów zielonej infrastruktury mogą się różnić w zależności od tradycji planistycznych, uwarunkowań instytucjonalnych oraz przyjętej perspektywy analitycznej. Szczególną uwagę poświęcono funkcjonalnej roli poszczególnych poziomów przestrzennych, mechanizmom wdrażania ZI oraz wyzwaniom związanym z zarządzaniem na różnych poziomach.

W drugiej części rozdziału omówiono wyzwania związane z rozwojem zielonej infrastruktury w różnych kontekstach przestrzennych, z rozróżnieniem na obszary miejskie, podmiejskie i wiejskie. Analiza łączy specyficzne ograniczenia charakterystyczne dla każdego z tych kontekstów z odpowiednimi rozwiązaniami zielonej infrastruktury.

Czego się dowiesz:
- Na czym polega podejście wieloskalowe do planowania zielonej infrastruktury.
- W jaki sposób skala przestrzenna wpływa na dobór elementów zielonej infrastruktury.
- W jaki sposób ograniczenia przestrzenne, konkurowanie o użytkowanie terenu oraz dominacja infrastruktury szarej wpływają na planowanie ZI w miastach.
- Jaka jest specyfika kształtowania zielonej infrastruktury na terenach podmiejskich.
- Jakie są główne elementy i funkcje zielonej infrastruktury w krajobrazie rolniczym.

6.1. WIELOSKALOWOŚĆ ZIELONEJ INFRASTRUKTURY

Jedną z fundamentalnych cech zielonej infrastruktury jest jej hierarchiczna i sieciowa struktura, umożliwiająca funkcjonowanie w różnych skalach przestrzennych (Szulczewska, 2018). Definicja zielonej infrastruktury (ZI) jest złożona, ponieważ koncepcja ta stosowana jest w odmiennych celach i na różnych poziomach przestrzennych.

W największej skali Unia Europejska definiuje ZI jako element kontynentalnej (paneuropejskiej) sieci ekologicznej łączącej obszary Natura 2000, zapewniającej ciągłość siedlisk oraz możliwość migracji gatunków mających znaczenie dla Wspólnoty. W mniejszych skalach pojęcie to odnosi się do konkretnych rozwiązań technicznych, takich jak zielone dachy, zielone ściany czy systemy zarządzania wodami opadowymi (Tahvonen, 2018).

Zielona infrastruktura nie jest zbiorem pojedynczych terenów zieleni, lecz systemem elementów powiązanych przestrzennie i funkcjonalnie. Jej skuteczność zależy nie tylko od jakości rozwiązań w danej skali, lecz przede wszystkim od zachowania łączności. Łączność ta ma charakter podwójny: dotyczy zarówno relacji między elementami w obrębie tej samej skali, jak i powiązań między różnymi poziomami przestrzennymi. Takie podejście określane jest jako wieloskalowe (*multi-scale approach*) i zakłada funkcjonowanie ZI w sposób zintegrowany w wielu skalach jednocześnie (Hansen i Pauleit, 2014).

Planowanie ZI może obejmować system pojedynczych działek, jak również inicjatywy w skali regionalnej, krajowej (Benedict i McMahon, 2002) czy nawet kontynentalnej (Zulian i in., 2021). Podejście wieloskalowe oznacza, że rozwiązania wdrażane lokalnie powinny pozostawać w relacji z układem ponadlokalnym, a decyzje strategiczne na poziomie regionu tworzą ramy dla działań projektowych i inwestycyjnych w skali miejsca. W każdej skali zielona infrastruktura wpływa na kształtowanie procesów przyrodniczych oraz budowanie odporności środowiskowej i społecznej.

W analizach sieci ekologicznych podejście wieloskalowe pokazuje, że ten sam element przestrzeni może pełnić różne funkcje w zależności od poziomu odniesienia. Obszar, który w skali lokalnej stanowi płat siedliska, w skali regionalnej może być częścią korytarza ekologicznego łączącego większe płaty (obszary rdzeniowe sieci). Taka relatywność funkcji elementów krajobrazu jest szeroko opisywana w literaturze ekologii krajobrazu (Forman, 1995). Oznacza to, że interpretacja roli danego elementu ZI zależy od kontekstu przestrzennego, w którym jest on analizowany.

Wielofunkcyjność zielonej infrastruktury umożliwia również zastosowanie podejścia *cross-scale approach*, które łączy analizy przeprowadzane na różnych poziomach zarządzania z aktywnym udziałem interesariuszy. Badania prowadzone

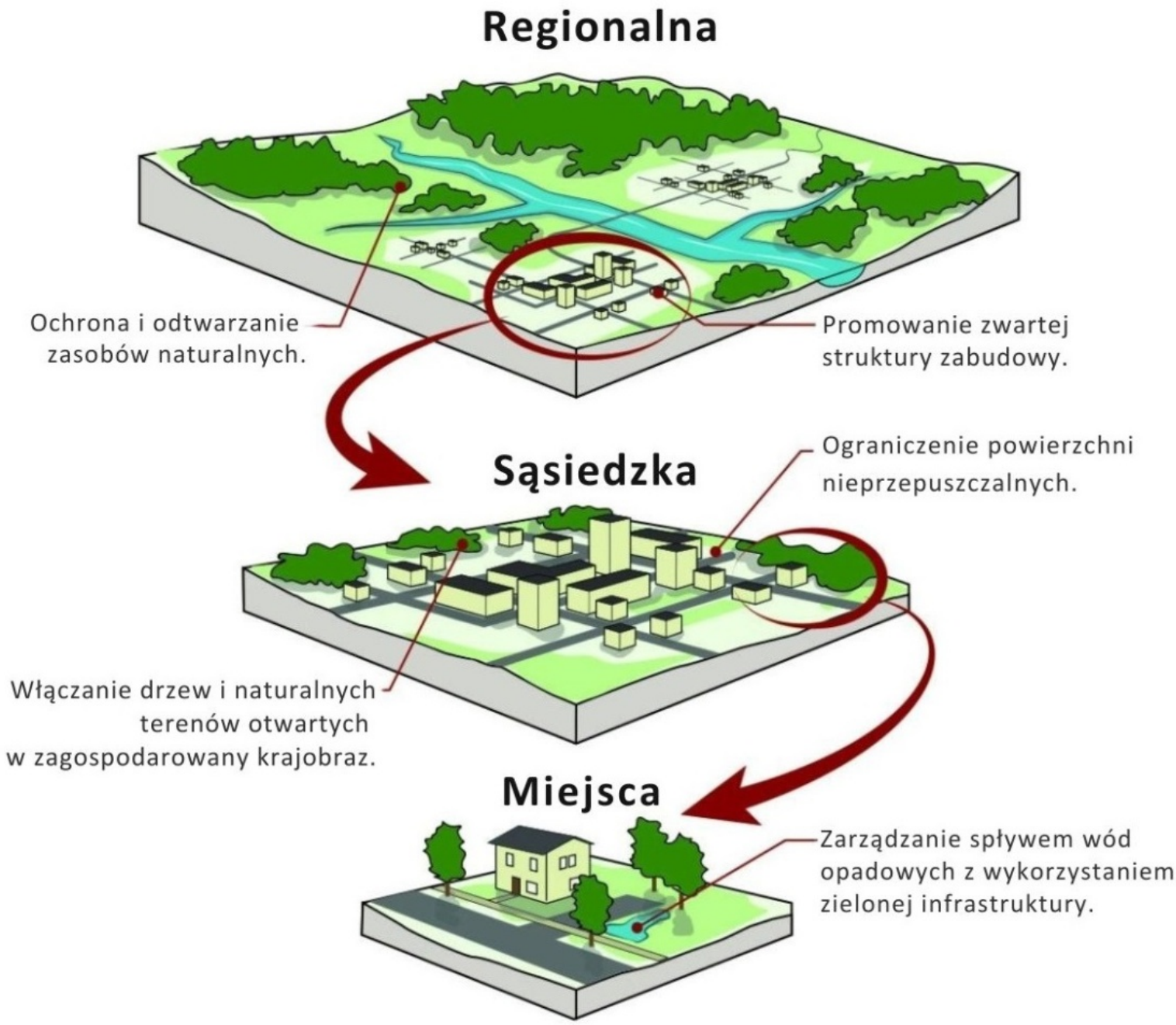
w ramach tej perspektywy pozwalają lepiej zrozumieć wielofunkcyjność ZI oraz jej znaczenie w różnych kontekstach przestrzennych (Zulian i in., 2021). Przykładem takiego podejścia jest wdrażanie koncepcji zielonej infrastruktury w regionie Lombardii, gdzie nawet silnie zurbanizowane obszary mogą pełnić funkcję elementów wspierających kontynentalną sieć ekologiczną.

Podział zielonej infrastruktury na określone poziomy przestrzenne nie ma charakteru uniwersalnego. Liczba i zakres wyróżnianych skal zależą od przyjętej definicji ZI, kontekstu instytucjonalnego oraz celu analizy. Jednocześnie sama definicja ZI może wynikać z zastosowanej skali (Tahvonen, 2018). W niektórych ujęciach definiowanie poziomów skal opiera się na podziałach administracyjnych, w innych na typach ekosystemów, a w jeszcze innych na funkcjonalnych powiązaniach krajobrazowych.

Model zaproponowany przez Amerykańską Agencję Ochrony Środowiska (U.S. Environmental Protection Agency; EPA) przedstawia hierarchiczne podejście do planowania i wdrażania zielonej infrastruktury, w ramach którego działania realizowane w mniejszych skalach wynikają z celów określonych na poziomie regionalnym (rysunek 6.1). W ujęciu tym społeczności lokalne mogą kształtować i wspierać rozwój sieci zielonej infrastruktury w skali regionu, aby chronić zasoby przyrodnicze, spełniać wymogi regulacyjne oraz realizować długofalowe cele środowiskowe i rozwojowe. Cele te są następnie przekładane na bardziej ukierunkowane interwencje w skali sąsiedzkiej i miejsca, gdzie działania koncentrują się na wdrażaniu konkretnych rozwiązań ZI w jasno określonych, mniejszych obszarach.

Analizy możliwości wykorzystania zielonej infrastruktury na danym obszarze pozostają w ścisłym związku z systemem planowania przestrzennego. Relacja ta wynika z dostępnych narzędzi prawnych, finansowych i organizacyjnych, które umożliwiają wdrażanie założeń ZI. Najbardziej operacyjne i bezpośrednie instrumenty identyfikowane są zazwyczaj w skalach bardziej szczegółowych, jednak to hierarchiczny system planowania przestrzennego zapewnia spójność celów oraz ciągłość przestrzenną całego systemu zielonej infrastruktury. Z tego względu uzasadnione jest odnoszenie się nie tylko do poziomu lokalnego i regionalnego, lecz także do skali krajowej, a nawet kontynentalnej.

Skala kontynentalna uwzględniana jest przede wszystkim w dokumentach strategicznych i raportach opracowywanych na zlecenie Komisji Europejskiej (Szulczewska, 2018). W Strategii UE na rzecz bioróżnorodności 2030 (Communication COM/2020/380) poziom ten traktowany jest jako narzędzie wspierające budowę spójnej, ponadnarodowej sieci ekologicznej obszarów chronionych oraz utrzymanie i odbudowę ekosystemów lądowych.

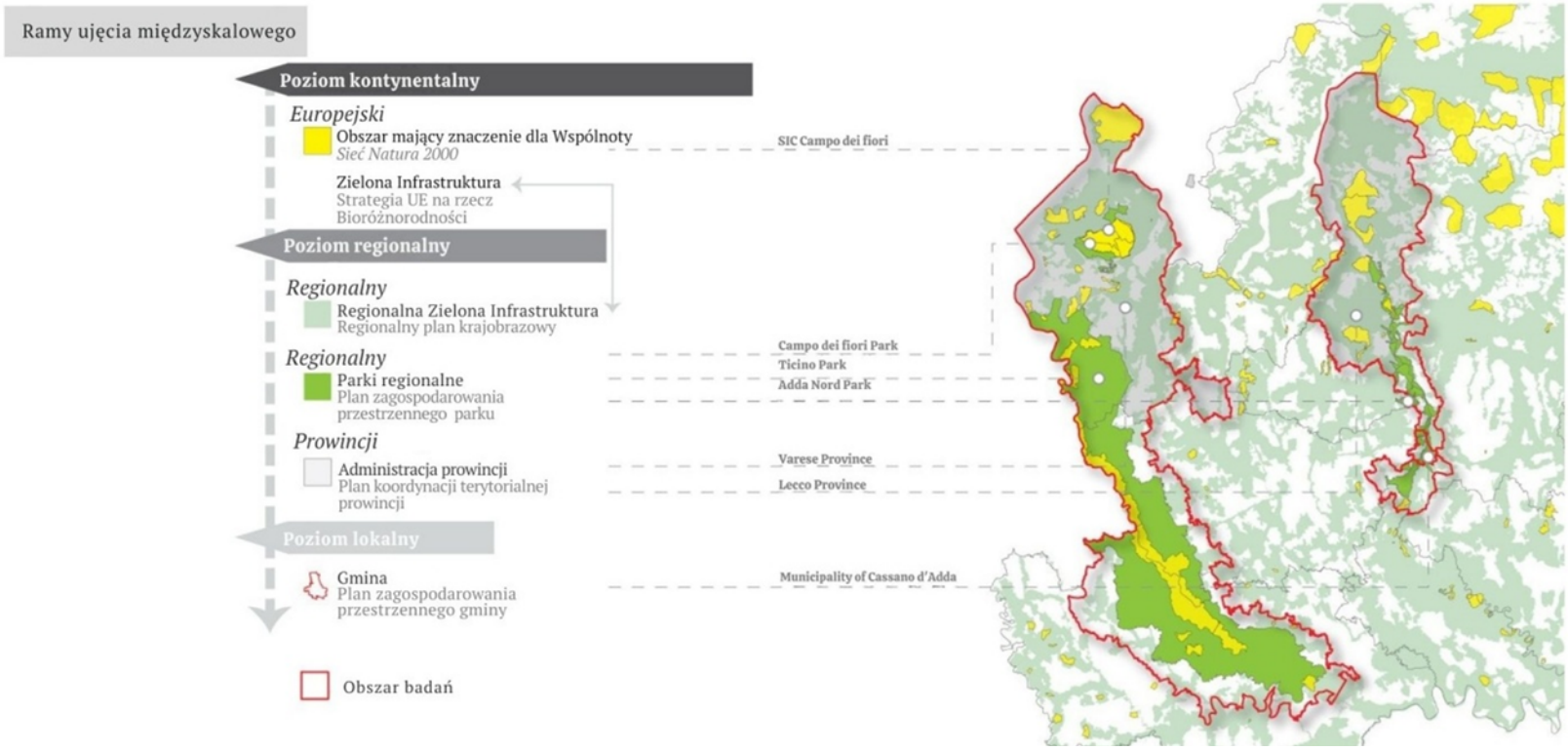


Rysunek 6.1. Zielona infrastruktura w różnych skalach (EPA, 2025)

Podejście kontynentalne zostało przetestowane m.in. we wspomnianym wcześniej regionie Lombardii (Zulian i in., 2021). Na rysunku 6.2 przedstawiono konfigurację trzech poziomów ZI i relacje między nimi w celu zilustrowania wzajemnych zależności w ramach włoskiego systemu planowania przestrzennego i wyjaśnienia powiązań między różnymi poziomami decyzyjnymi.

Inne przykłady zielonej infrastruktury w skali kontynentalnej przedstawiono w niniejszym podręczniku w sekcjach poświęconych korytarzowi ekologicznemu Mezoameryki (patrz rozdział 8.1.2) oraz Wielkiemu Zielonemu Murowi (patrz rozdział 8.1.4).

Inny, czterostopniowy model pozwala bardziej precyzyjne rozróżnić poziomy przestrzenne w obrębie struktury osadniczej. W tym ujęciu zielona infrastruktura analizowana jest w skali regionalnej, miejskiej, sąsiedzkiej oraz miejsca (Tauhid, 2019). Skala miejska została wyraźnie wyróżniona jako poziom pośredni między skalą regionalną a sąsiedzką.

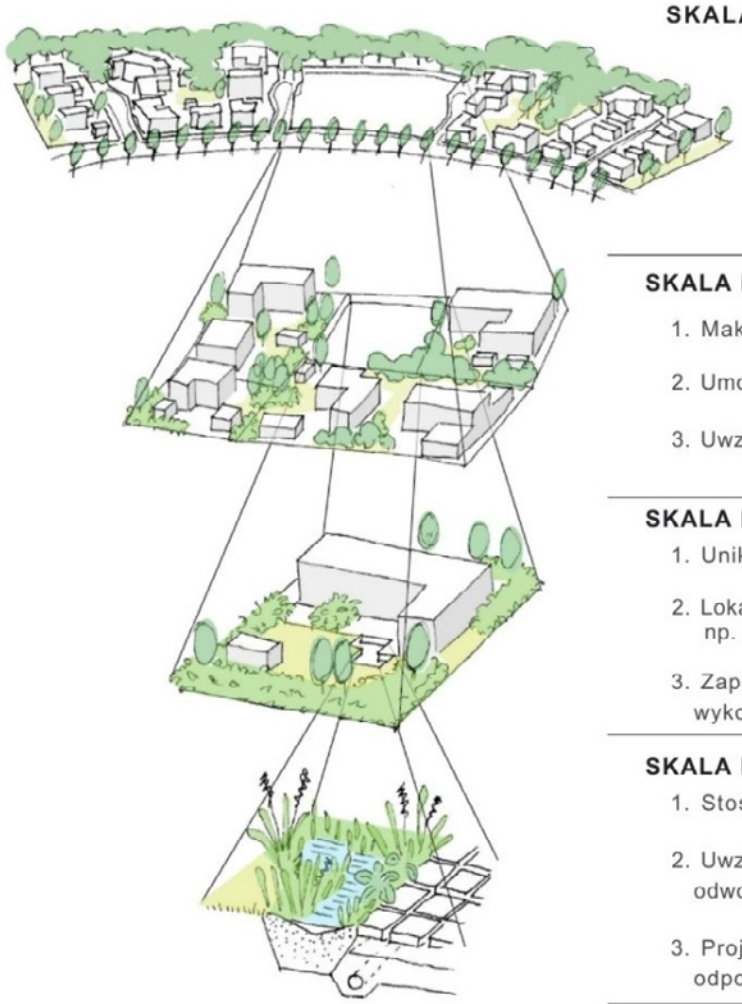


Rysunek 6.2. Ramy międzyskalowe (*cross-scale*) włoskiego systemu planowania zielonej infrastruktury oparte na trzech poziomach zarządzania (Zulian i in., 2021)

Model ten akcentuje funkcjonalne zróżnicowanie elementów zielonej infrastruktury w poszczególnych skalach, od systemów korytarzy ekologicznych w krajobrazie po rozwiązania retencyjne i infiltracyjne realizowane na poziomie pojedynczej działki. Niezależnie jednak od poziomu przestrzennego wszystkie te elementy mają wspólny cel, jakim jest utrzymanie naturalnych funkcji hydrologicznych poprzez absorpcję, infiltrację i retencję wód opadowych (Tauhid, 2019).

Zakres i szczegółowość wyróżnianych skal, a także liczba poziomów hierarchii oraz elementy budujące daną skalę zależą od celu analizy oraz specyfiki badanego obszaru. W zależności od przyjętej perspektywy badawczej hierarchia może zostać rozszerzona o poziomy bardziej szczegółowe niż klasyczna skala miejsca.

W niektórych ujęciach kolejne poziomy odnoszą się do skali sąsiedztwa (*neighborhood*), kwartału zabudowy (*block*), działki (*plot*), a nawet detalu konstrukcyjnego (rysunek 6.3). Takie rozróżnienie pozwala przeanalizować, w jaki sposób dobór i projektowanie rozwiązań ogrodowych oraz zieleni przydomowej wpływa na funkcjonowanie zielonej infrastruktury w skali kwartału i dzielnicy. Jednocześnie może ono stanowić podstawę do opracowania narzędzi praktycznych, takich jak listy kontrolne dla projektantów i urbanistów, wspierające prawidłowe gospodarowanie wodami opadowymi, efektywne wykorzystanie roślinności w celu zwiększenia różnorodności siedlisk na poziomie kwartału oraz wykorzystanie prywatnych działek do budowy lokalnej sieci ekologicznej (Tahvonen, 2018).



SKALA SĄSIEDZKA

1. Określenie struktury sieci ekologicznej oraz systemów wodnych
2. Określenie roli prywatnych nieruchomości w funkcjonowaniu systemów przestrzennych
3. Zapewnienie wystarczającej przestrzeni dla zdefiniowanych funkcji

SKALA KWARTAŁU

1. Maksymalizowanie ciągłych powierzchni terenów przepuszczalnych
2. Umożliwienie projektowania wspólnych strefa sadzenia roślin wzdłuż granic działek
3. Uwzględnienie suchych siedlisk w sąsiedztwie budynków

SKALA DZIAŁKI

1. Unikanie wąskich, pasmowych nasadzeń, w szczególności w środku nawierzchni
2. Lokalizowanie wielowarstwowych i wymagających podlewania nasadzenia np. w pobliżu miejsc odprowadzenia nadmiaru wody z nawierzchni uszczelnionych
3. Zapewnienie wieloetapowego systemu oczyszczania i retencji wód opadowych, wykorzystującego również większe powierzchnie pokryte roślinnością

SKALA DETALU

1. Stosowanie zrównoważonego systemu drenażu z wykorzystaniem roślinności
2. Uwzględnienie konstrukcji budynku, unikanie infiltracji wody w kierunku systemów odwodnienia budynku
3. Projektowanie zrównoważonego systemu drenażu tak, aby zapewniał odpowiednie warunki wzrostu dla wielowarstwowej roślinności

Rysunek 6.3. Proponowana lista kontrolna wspierająca projektowanie skalowalnej ZI w zabudowie o niskiej gęstości (Tahvonen, 2018)

W kontekście przedstawionych wcześniej modeli skal należy podkreślić, że wyodrębnianie poszczególnych poziomów przestrzennych nie jest jednoznaczne ani w pełni ustabilizowane terminologicznie. Definiowanie skal zależy zarówno od tradycji planistycznej, jak i od kontekstu instytucjonalnego.

Szczególne trudności pojawiają się w odniesieniu do skali regionalnej. Pojęcia „region" i „regionalny" mogą być interpretowane w różny sposób, odnosić się do całego kraju (zwłaszcza o niewielkiej powierzchni) albo do jego wydzielonej części administracyjnej lub funkcjonalnej. Podobna niejednoznaczność dotyczy skali lokalnej. Może ona oznaczać poziom administracyjny poniżej regionalnego, np. gminę, ale bywa również definiowana poprzez odniesienie do określonych typów obszarów, takich jak miasto, wieś, dzielnica czy osiedle (Szulczewska, 2018).

Zróżnicowanie to pokazuje, że klasyfikacja skal w zielonej infrastrukturze wymaga każdorazowego doprecyzowania przyjętego zakresu przestrzennego. Brak spójności między poszczególnymi poziomami planowania osłabia funkcjonowanie całego systemu zielonej infrastruktury, dlatego kluczowe jest zapewnienie ciągłości między skalą strategiczną a realizacyjną.

6.2. KLUCZOWE SKALE PRZESTRZENNE ZIELONEJ INFRASTRUKTURY

6.2.1. Skala regionalna (krajobrazowa)

W skali regionalnej zielona infrastruktura pełni funkcje strategiczną i systemową. Jej podstawowym celem jest zachowanie ciągłości procesów ekologicznych, zapewnienie łączności oraz ochrona zasobów przyrodniczych o znaczeniu ponadlokalnym. W tej skali ZI przeciwdziała fragmentacji krajobrazu, umożliwia migrację gatunków oraz stabilizuje obieg wody i warunki klimatyczne w skali makro.

Planowanie regionalne obejmuje wiele jednostek administracyjnych i ma charakter długoterminowy. Jego celem jest tworzenie polityk oraz ram regulacyjnych wspierających wdrażanie zielonej infrastruktury na obszarze gmin i/lub zlewni (serwis internetowy U.S. Environmental Protection Agency). Wdrażanie odbywa się poprzez strategie rozwoju regionalnego, plany zagospodarowania przestrzennego, plany gospodarowania wodami czy strategie adaptacji do zmian klimatu. Przykładem rozwiązania w tej skali jest koncepcja zielonego pierścienia (*green belt*; zob. rozdziały 6.4.2 i 8.1.1).

6.2.2. Skala gminy lub miasta

W tej skali zielona infrastruktura przyjmuje formę powiązanych sieci parków, dolin rzecznych, lasów miejskich, terenów otwartych oraz błękitno-zielonych korytarzy. Stanowi narzędzie zarządzania rozwojem przestrzennym, wspiera adaptację do zmian klimatu oraz integruje infrastrukturę techniczną z procesami przyrodniczymi.

Do kluczowych wyzwań na tym poziomie należą: fragmentacja przestrzeni, presja inwestycyjna oraz konieczność ochrony tzw. wąskich gardeł, decydujących o ciągłości sieci ekologicznych. W skali gminy lub miasta zielona infrastruktura oddziałuje systemowo poprzez ograniczanie efektu miejskiej wyspy ciepła, wspieranie gospodarowania wodami opadowymi, poprawę jakości środowiska życia oraz zwiększanie odporności na ekstremalne zjawiska pogodowe. Jednocześnie skala ta odgrywa kluczową rolę w łączeniu strategii regionalnych z ich lokalną realizacją.

Wdrażanie odbywa się poprzez dokumenty planistyczne, strategie rozwoju oraz standardy projektowania przestrzeni publicznych. Istotną rolę odgrywa aktywność mieszkańców i organizacji społecznych w procesach planistycznych. Przykładem rozwiązań realizowanych w skali miasta będzie chińska koncepcja miasta-gąbki (zob. rozdział 8.2.1).

6.2.3. Skala sąsiedzka (osiedlowa)

Skala ta obejmuje dzielnice, osiedla i niewielkie miejscowości. Integruje funkcje środowiskowe z funkcjami społecznymi oraz wzmacnia sprawiedliwość środowiskową poprzez zapewnienie dostępu do usług ekosystemowych.

Na tym poziomie wyzwania wiążą się z ograniczoną dostępnością terenów oraz konfliktami funkcjonalnymi wynikającymi z różnych potrzeb poszczególnych grup użytkowników. Zarządzanie małymi terenami zieleni również może być trudne, szczególnie gdy ich znaczenie jest mniej dostrzegalne niż w przypadku dużych parków miejskich. Mimo to parki kieszonkowe mogą odgrywać istotną rolę tam, gdzie wprowadzenie większych terenów zieleni nie jest możliwe.

Planowanie w tej skali koncentruje się na wdrażaniu zielonej infrastruktury na jasno określonych obszarach odpowiadających na potrzeby dzielnicy, takie jak zwiększenie pokrywy drzew i terenów zieleni, zmniejszenie powierzchni nieprzepuszczalnych, ograniczenie lokalnych powodzi czy wzmacnianie siedlisk gatunków rodzimych. Planowanie w skali sąsiedztwa powinno pozostawać spójne z celami planowania regionalnego (serwis internetowy U.S. Environmental Protection Agency).

Wdrażanie odbywa się przez planowanie lokalne (np. zapisy w planach miejscowych dotyczące zieleni i retencji), programy rewitalizacji, budżety partycypacyjne, standardy zieleni i ulic oraz przez modele współzarządzania (szczególnie w przypadku ogrodów społecznych). Skala ta stanowi naturalną przestrzeń dla partycypacji społecznej, co sprzyja trwałości wdrażanych rozwiązań. Świadomość społeczna odgrywa tu istotną rolę nie tylko w użytkowaniu przestrzeni, lecz także w procesach współdecydowania. Mieszkańcy rozumiejący funkcje zielonej infrastruktury mogą aktywnie uczestniczyć w konsultacjach społecznych, zgłaszać uwagi do dokumentów planistycznych oraz monitorować decyzje administracyjne, zapobiegając degradacji istniejących zasobów ZI.

6.2.4. Skala miejsca

Skala miejsca odnosi się do pojedynczego budynku, działki lub niewielkiej przestrzeni publicznej. Jest to poziom projektowy i realizacyjny, w ramach którego stosowane są konkretne rozwiązania techniczne, takie jak ogrody deszczowe, zielone dachy, zielone ściany czy systemy retencyjne.

Funkcjonowanie ZI w tej skali przekłada się na poprawę mikroklimatu, zwiększenie retencji, ograniczenie lokalnych podtopień oraz podniesienie jakości przestrzeni użytkowanej bezpośrednio przez mieszkańców. Planowanie ma zazwyczaj bardziej szczegółowy charakter i jest mniej programowe. Może obejmować identyfikację lokalizacji oraz analizę ich uwarunkowań fizycznych w celu określenia możliwości zastosowania odpowiednich elementów ZI. Decyzje strategiczne podejmowane na poziomie regionalnym lub miejskim stanowią wytyczne i ramy dla wyboru lokalizacji oraz realizacji projektów w tej skali (serwis internetowy U.S. Environmental Protection Agency).

Wdrażanie obejmuje interdyscyplinarne procesy projektowe, integrację zielonej infrastruktury z infrastrukturą techniczną oraz uruchamianie mechanizmów zachęcających prywatnych właścicieli do działań (np. standardów, wytycznych,

ulg podatkowych czy programów dofinansowań). Szczególnie istotne jest jednak to, że skala miejsca umożliwia wdrażanie rozwiązań przez właścicieli nieruchomości (zarówno prywatnych, jak i publicznych). Wspólnoty mieszkaniowe, administratorzy osiedli, właściciele zakładów usługowych czy przedsiębiorcy mogą samodzielnie wprowadzać elementy zielonej infrastruktury na swoich terenach. Koncepcja zielonej infrastruktury nie zakłada działań jedynie na publicznej własności. Grunty prywatne, szczególnie gospodarstwa rolne i lasy, mogą odgrywać kluczową rolę w takim systemie terenów zieleni (Benedict i McMahon, 2002).

Znaczenie tej skali polega na możliwości kumulacji efektów wielu niewielkich interwencji. Liczne rozproszone działania mogą generować skutki systemowe zgodnie z koncepcją miejskiej akupunktury środowiskowej (stworzoną przez architekta i urbanistę Manuela de Solà-Moralesa; Hemingway, 2024). Przykładem takiej kumulacji efektów ZI jest system zielonych ulic w Portland (rozdział 9.2.4). Skuteczność podejścia w skali miejsca zależy jednak od świadomości społecznej oraz zrozumienia, że dbałość o funkcjonowanie zielonej infrastruktury nie jest wyłącznie zadaniem administracji publicznej. Edukacja społeczeństwa jest zatem kluczowa dla pełnego wykorzystania potencjału tej skali.

6.3. TYPOLOGIE ELEMENTÓW ZIELONEJ INFRASTRUKTURY W ZALEŻNOŚCI OD SKALI

W opracowaniach dotyczących skal przestrzennych zielonej infrastruktury poszczególne poziomy są często definiowane poprzez zestaw elementów, z których są zbudowane. W takim ujęciu każda skala opisywana jest przez charakterystyczne typy obiektów i obszarów. Kwalifikowanie konkretnych terenów jako elementów zielonej infrastruktury nie jest jednak jednoznaczne i podlega zróżnicowanym interpretacjom. Jak wskazuje Szulczewska (2018), podejścia do typologii ZI są silnie zakorzenione w uwarunkowaniach przyrodniczych, instytucjonalnych i kulturowych danego kraju lub krajobrazu.

Wiele klasycznych typologii zostało opracowanych w Wielkiej Brytanii i Stanach Zjednoczonych, co sprawia, że odpowiadające im kategorie, szczególnie w skali regionalnej i lokalnej, odzwierciedlają specyfikę konkretnych systemów przestrzennych i tradycji planistycznych tych krajów.

Jednym z bardziej rozpoznawalnych podejść jest koncepcja przedstawiona przez brytyjski Landscape Institute w dokumencie „Green infrastructure: connected and multifunctional landscapes" (2009), która została następnie przywołana i rozwinięta w raporcie European Environment Agency pt. „Green infrastructure and territorial cohesion: the concept of green infrastructure and its integration into policies using monitoring systems" (EEA, 2011). Zestawienie przedstawione w tabeli 6.1 obejmuje potencjalne zasoby zielonej infrastruktury pogrupowane w ramach trzech kategorii skal i ilustruje sposób porządkowania elementów ZI w zależności od poziomu przestrzennego (EEA, 2011).

Tabela 6.1. Potencjalne elementy składające się na zieloną infrastrukturę pogrupowane w ramach trzech kategorii skal (EEA, 2011)

Skala lokalna, sąsiedzka i wsi	Skala miasta, dzielnicy i obszarów miejskich	Skala regionu miejskiego, regionalna i krajowa
• drzewa przyuliczne, pasy zieleni przydrożnej i żywopłoty • zielone dachy i zielone ściany • parki kieszonkowe • ogrody prywatne • place miejskie • zieleńce miejskie i wiejskie oraz tereny wspólnotowe • lokalne ciągi komunikacyjne (z prawem publicznego dostępu) • trasy piesze i rowerowe • cmentarze i tereny przykościelne • zieleń towarzysząca obiektom użyteczności publicznej • stawy i strumienie • niewielkie kompleksy leśne • place zabaw • lokalne rezerwaty przyrody • tereny szkolne • boiska sportowe • rowy infiltracyjne (*swales*), najlepiej porośnięte trawą • rowy melioracyjne • ogrody działkowe • tereny opuszczone i niezagospodarowane	• tereny inwestycyjne • parki miejskie/ dzielnicowe • kanały miejskie • miejskie tereny publiczne • parki leśne • parki krajobrazowe • nadbrzeża • place miejskie • jeziora • duże tereny rekreacyjne • rzeki i tereny zalewowe • tereny poprzemysłowe (*brownfield*) • lasy wspólnotowe • (dawne) miejsca wydobycia minerałów • tereny rolne • składowiska odpadów	• parki regionalne • rzeki i tereny zalewowe • linie brzegowe • strategiczne i długodystansowe szlaki • lasy, zadrzewienia i lasy wspólnotowe • zbiorniki wodne • sieci drogowe i kolejowe • wyznaczone zielone pierścienie i strategicznie pozostawione tereny otwarte • tereny rolne • parki narodowe • obszary krajobrazowe objęte ochroną na poziomie krajowym, regionalnym lub lokalnym • kanały • tereny wspólnotowe • wiejskie tereny otwarte

6.4. WYZWANIA ZWIĄZANE Z ROZWOJEM ZIELONEJ INFRASTRUKTURY W KONTEKŚCIE MIEJSKIM, PODMIEJSKIM I WIEJSKIM

6.4.1. Wyzwania związane z zieloną infrastrukturą na obszarach miejskich

Kształtowanie zielonej infrastruktury w środowisku miejskim jest szczególnie istotne z uwagi na jego specyfikę. Miasta charakteryzują się znacznym przekształcaniem środowiska naturalnego, wynikającym przede wszystkim z dużego udziału zabudowy oraz charakterystycznej geometrii, obejmującej m.in. liczne kaniony uliczne, które modyfikują warunki przewietrzania. Jednocześnie stosunkowo niski jest udział terenów pokrytych roślinnością oraz wodami powierzchniowymi, a duży udział nieprzepuszczalnych nawierzchni powoduje utrudnioną infiltrację i nadmierny odpływ powierzchniowy wód opadowych. W warunkach występowania ekstremalnych zjawisk pogodowych miasta borykają się z problemami błyskawicznych powodzi i lokalnych podtopień, a także z falami upałów, suszami oraz nasileniem zjawiska miejskiej wyspy ciepła.

Jak często się podkreśla, jednym z kluczowych sposobów przeciwdziałania tym problemom jest wdrażanie rozwiązań z zakresu zielonej oraz błękitno-zielonej infrastruktury. W niniejszym podrozdziale omówione zostaną wybrane rozwiązania zielonej infrastruktury dopasowane do lokalnych uwarunkowań środowiska miejskiego.

Jednym z podstawowych wyzwań w kształtowaniu zielonej infrastruktury w miastach jest ograniczona dostępność przestrzeni oraz silna konkurencja dotycząca gruntów związana z presją urbanizacyjną. Tereny miejskie charakteryzują się wysoką wartością rynkową i intensywną presją inwestycyjną, a różne funkcje – mieszkaniowe, transportowe, usługowe czy związane z infrastrukturą techniczną – konkurują o każdy fragment przestrzeni. W takich warunkach przeznaczenie terenów pod wielkoprzestrzenne rozwiązania zielonej infrastruktury, takie jak parki, korytarze ekologiczne czy zbiorniki retencyjne, jest często utrudnione w obliczu krótkoterminowych priorytetów ekonomicznych lub planów zabudowy.

Jednak zgodnie z założeniami zielonej infrastruktury jako systemu obiektów i obszarów planowanych strategicznie i realizowanych w różnych skalach istotne znaczenie zyskują także rozwiązania o niewielkiej powierzchni. W warunkach ograniczeń przestrzennych zielona infrastruktura w miastach często przybiera postać małych obiektów, które muszą zostać wkomponowane w istniejącą tkankę miejską. Mimo niewielkiej powierzchni interwencje takie mogą się istotnie przyczyniać do poprawy funkcjonowania przyrodniczego miasta, m.in. poprzez zwiększanie retencji wód opadowych, wspieranie różnorodności biologicznej oraz zapewnianie ciągłości siedlisk.

Na obszarach o wyjątkowo zwartej zabudowie szczególnego znaczenia nabierają niewielkie, punktowe interwencje zielonej infrastruktury, określane niekiedy mianem „zielonej akupunktury". Ich skuteczność nie wynika ze skali pojedynczego rozwiązania, lecz z efektu kumulacyjnego, powstającego w wyniku multiplikacji wielu drobnych działań w przestrzeni miasta. Zdolność do generowania skumulowanego oddziaływania stanowi jedną z kluczowych cech zielonej infrastruktury oraz rozwiązań opartych na naturze (NbS). W kontekście ograniczeń przestrzennych i dominacji infrastruktury szarej takie rozproszone, lecz systemowo powiązane interwencje mogą stanowić realistyczną i efektywną strategię wdrażania zielonej infrastruktury w miastach. Jednocześnie presja przestrzenna sprzyja wypracowywaniu innowacyjnych i wielofunkcyjnych rozwiązań, które mogą funkcjonować zarówno jako elementy systemu miejskiego, jak i wyposażenie większych obiektów, np. parków.

Kolejnym istotnym wyzwaniem związanym z wdrażaniem zielonej infrastruktury w miastach jest dominacja istniejącej infrastruktury szarej. Wiele miast charakteryzuje się rozbudowanymi sieciami dróg, budynków oraz infrastruktury podziemnej, zaprojektowanymi bez uwzględnienia procesów ekologicznych. Integracja zielonej infrastruktury z takimi systemami (tzw. *retrofitting*) bywa technicznie skomplikowana, kosztowna i uciążliwa w realizacji. Przykładowo instalacja niecek bioretencyjnych, rowów lub muld chłonnych czy nawierzchni przepuszczalnych może wymagać istotnych modyfikacji istniejących systemów odwodnienia i sieci transportowych, a także spełnienia wymogów formalnoprawnych, takich jak uzyskanie pozwolenia wodnoprawnego.

Szczególnie istotnym obszarem integracji zielonej infrastruktury w miastach są ulice i pasy drogowe. Szacuje się, że 30–35% powierzchni obszarów miejskich na świecie stanowią ulice i inne utwardzone nawierzchnie (UN-Habitat, 2013). Ulice zajmują również największą część przestrzeni publicznych w miastach, przewyższając pod tym względem parki i place, a znaczna część aktywności na świeżym powietrzu odbywa się właśnie wzdłuż ciągów komunikacyjnych. Ze względu na hierarchiczną i sieciową strukturę systemów transportowych przestrzenie te stwarzają wyjątkowe możliwości strategicznego włączania rozwiązań opartych na naturze w tkankę miejską (Maksymiuk i in., 2025).

Zazielenianie ulic – poprzez wprowadzanie alej drzewnych, ogrodów deszczowych, pasów bioretencyjnych, przepuszczalnych nawierzchni czy zielonych torowisk – może uzupełniać i wzmacniać usługi ekosystemowe świadczone przez inne elementy zielonej infrastruktury, takie jak parki. W przeciwieństwie do dużych terenów zieleni, które często są rozmieszczone nierównomiernie, interwencje w przestrzeni ulicznej umożliwiają bardziej równomierną dystrybucję korzyści środowiskowych i społecznych, szczególnie na obszarach o wysokiej intensywności ruchu i deficycie zieleni (Cox i in., 2017).

Roślinność uliczna odgrywa istotną rolę w ograniczaniu spływu powierzchniowego wód opadowych oraz redukcji zanieczyszczeń powietrza. Ponadto uporządkowany i powiązany układ „zielonych ulic" może pełnić funkcję korytarzy ekologicznych, umożliwiających przemieszczanie się gatunków w obrębie miasta oraz łączenie obszarów zurbanizowanych z terenami podmiejskimi i wiejskimi. W ten sposób nawet niewielkie, punktowe interwencje – jeśli są planowane w sposób sieciowy – mogą przyczyniać się do poprawy łączności terenów zieleni, ochrony ekosystemów miejskich oraz wzmacniania odporności ekologicznej miasta (Maksymiuk i in., 2025).

Projektując rozwiązania zielonej infrastruktury w miastach, należy uwzględnić nie tylko uwarunkowania przestrzenne, lecz także lokalne problemy, które chcemy zniwelować na danym obszarze. Poniżej omówiono przykładowe rozwiązania zielonej infrastruktury dopasowane do poszczególnych typów zagospodarowania miejskiego, zostały one także zebrane w tabeli 6.2.

Szukając rozwiązań zielonej infrastruktury dla ulic i ciągów komunikacyjnych, warto zastanowić się, jakie funkcje powinny spełniać te rozwiązania i jakie problemy rozwiązywać w pierwszej kolejności. Wśród najczęściej występujących niepożądanych zjawisk w otoczeniu ulic i ciągów komunikacyjnych wymieniane są: nadmierne nasłonecznienie, hałas, złe warunki mikroklimatyczne (w tym gorsza jakość powietrza atmosferycznego) oraz podtopienia w trakcie ulewnych deszczy. Wprowadzając liniowe nasadzenia drzew oraz krzewów, np. w formie żywopłotów, zapewnimy zacienienie, zwiększymy intercepcję oraz wilgotność powietrza i finalnie obniżymy temperaturę otoczenia, a tym samym wpłyniemy na dobrostan użytkowników. Dodatkowo pas roślinności może rozdzielać komunikację pieszą, rowerową i samochodową, a także zapewniać infrastrukturę wypoczynkową, taką jak siedziska. Ważną grupą rozwiązań, które z powodzeniem można stosować przy ulicach, są rozwiązania zbiorczo nazywane „zrównoważonymi systemami gospodarowania wodą opadową", redukującymi ryzyko podtopień. Zaliczamy do nich m.in. wszelkiego rodzaju ogrody deszczowe, niecki retencyjne, rowy i muldy chłonne. Przyuliczne ogrody deszczowe są popularnym rozwiązaniem zwłaszcza w miastach amerykańskich (np. Portland, Filadelfia, Nowy Jork, Waszyngton), gdzie oprócz funkcji retencyjnej stosowane są także jako spowalniacze ruchu drogowego przed skrzyżowaniami (nazywane wówczas *stormwater bump-out*). W zależności od zastosowanej konstrukcji i przekroju takie ogrody deszczowe bywają również nazywane „donicami deszczowymi", zwłaszcza jeśli lokalizowane są wzdłuż ciągów pieszych (*stormwater planter*), lub „rozciętymi krawężnikami" (*curb cut*), stosowanymi np. przy wjazdach na parkingi (rysunek 6.4).

Tabela 6.2. Rozwiązania zielonej infrastruktury dopasowane do różnych kontekstów przestrzennych miast (opracowanie własne na podstawie City of Philadelphia, 2014; Adamowski i in., 2017; NY DEP, 2022; Osipiuk i in., 2023)

Rozwiązanie	Zastosowanie						
	Ulice	Place miejskie i parkingi	Osiedla wielorodzinne	Osiedla jednorodzinne	Zwarta zabudowa	Budynki użyteczności publicznej	Parki
Powierzchnie przepuszczalne	☐	☐	☐	☐	☐	☐	☐
Korytka spływowe	☐	☐	☐	☐	☐	☐	☐
Muldy chłonne i rowy infiltracyjne		☐	☐			☐	☐
Ogrody deszczowe		☐	☐	☐	☐	☐	☐
Ogrody deszczowe typu: *stormwater bump-out*, *stormwater curb extension*, *curb cut*, *stormwater planter*	☐	☐			☐		
Niecki bioretencyjne			☐	☐		☐	☐
Powierzchniowe zbiorniki retencyjne			☐	☐		☐	☐
Podziemne zbiorniki retencyjne	☐	☐	☐	☐	☐	☐	☐
Skrzynie rozsączające	☐	☐	☐	☐	☐	☐	☐
Skrzynie korzeniowe	☐	☐			☐	☐	
Zielone i błękitne dachy			☐	☐	☐	☐	
Fontanny z retencją		☐	☐		☐	☐	☐
Place wodne		☐	☐			☐	☐
Studnie chłonne	☐	☐	☐		☐	☐	
Rowy chłonne z roślinnością			☐	☐	☐	☐	
Pnącza			☐	☐	☐	☐	
Zielone ściany			☐			☐	
Drzewa przyuliczne	☐	☐					
Drzewa „burzowe”/drzewa „burzowe” w zagłębieniach	☐	☐			☐	☐	



Rysunek 6.4. Ogród deszczowy typu *bump-out*, Portland, OR, Stany Zjednoczone (fot. Gabriela Maksymiuk, 2025)

Wprowadzanie roślinności w wąskich przestrzeniach o dużym natężeniu ruchu pieszego lub samochodowego stanowi często wyzwanie dla wzrostu roślin. Trudne warunki terenowe można poprawić poprzez zastosowanie strukturalnych komórek glebowych i specjalnie opracowanych mieszanek glebowych. W warunkach kanionów ulicznych z ciągłymi fasadami budynków można również zastosować skrzynki infiltracyjne zbierające wodę spływającą z dachów. Dodatkowo starannie dobrane gatunki roślin mogą znacznie poprawić estetykę otoczenia.

Najbardziej charakterystyczną cechą parkingów i placów miejskich jest utwardzona nawierzchnia. W zależności od stopnia natężenia ruchu pieszego oraz specyfiki, jaką dana przestrzeń pełni w mieście (np. jako miejsce organizacji imprez masowych), na placach miejskich należy wprowadzać nasadzenia roślinne (rysunek 6.5). Spośród rozwiązań dotyczących sposobu sadzenia drzew podobnie jak w przypadku ulic polecane są mieszanka kamienno-glebowa oraz skrzynie korzeniowe. Dodatkowo na placach miejskich można wprowadzać elementy wodne w postaci fontann, np. także z funkcją retencyjną. W miarę możliwości należy rozważyć stosowanie nawierzchni przepuszczalnych oraz podziemnych zbiorników retencyjnych.



Rysunek 6.5. Ogród deszczowy z zastosowaniem otworu w krawężniku (*curb-cut*) przy parkingu w Portland, OR, Stany Zjednoczone (fot. Gabriela Maksymiuk, 2025)

Zwarta zabudowa stanowi podobne wyzwanie dla wprowadzania obiektów zielonej infrastruktury jak tereny przyuliczne właśnie ze względu na ograniczoną przestrzeń, a także istniejącą podziemną infrastrukturę. Polecane są w tym wypadku nasadzenia pojedynczych drzew lub szpalerów z wykorzystaniem skrzyni korzeniowych i mieszanki kamienno-glebowej, stosowanie nawierzchni przepuszczalnych na ciągach komunikacji pieszej (np. na dziedzińcu wewnątrz kwartału zabudowy) oraz stosowanie zielonych i błękitnych dachów (co należy rozważyć zwłaszcza w przypadku nowych budynków).

Osiedla wielorodzinne z reguły dysponują większą przestrzenią, na której można realizować zieloną infrastrukturę, niż obszary zwartej zabudowy kwartałowej, dlatego wachlarz proponowanych rozwiązań jest tu dużo większy i obejmuje wszelkiego rodzaju powierzchniowe obiekty retencjonujące wodę opadową, takie jak stawy retencyjne, niecki bioretencyjne, rowy i muldy chłonne oraz ogrody deszczowe w formie obniżonych rabat z roślinnością ozdobną. Dodatkowo nowo realizowane budynki można z powodzeniem wyposażać w zielone lub błękitne dachy, co również zwiększa udział powierzchni biologicznie czynnej na osiedlu. Ważnym aspektem jest także projektowanie

na osiedlach stref zacienionych poprzez wprowadzanie nasadzeń drzew wysokich oraz krzewów i żywopłotów, które będą kształtować miejsca wypoczynkowe dla różnych grup użytkowników. Osiedlowe tereny zabaw dziecięcych powinny mieć zarówno strefy nasłonecznione, jak i zacienione. Wprowadzanie ogrodów sąsiedzkich sprzyja z kolei integracji mieszkańców i umożliwia podejmowanie działań hobbistycznych.

Tereny zabudowy jednorodzinnej są w najmniejszym stopniu narażone na wyzwania dotyczące realizacji zielonej infrastruktury, związane z istniejącą szarą infrastrukturą czy ograniczoną przestrzenią. Dobrze sprawdzi się na nich zbieranie deszczówki, która może być wykorzystywana do nawadniania roślin ogrodowych, oraz realizacja obiektów małej retencji w formie ozdobnych ogrodów (rysunek 6.6).



Rysunek 6.6. Ogród deszczowy typu *bump-out* jako uspokajacz ruchu drogowego w zabudowie jednorodzinnej, Portland, OR, Stany Zjednoczone (fot. Gabriela Maksymiuk, 2025)

Budynki użyteczności publicznej – takie jak szkoły, uniwersytety, szpitale, urzędy, biblioteki czy obiekty sportowe – stwarzają szczególnie korzystne warunki do wdrażania zielonej infrastruktury. Są one często własnością publiczną, obsługują dużą liczbę użytkowników oraz zajmują działki zlokalizowane strategicznie w strukturze miasta. Z tych względów mogą pełnić zarówno funkcję praktycznych elementów miejskiego systemu zielonej infrastruktury, jak i demonstracyjnych przykładów zrównoważonego projektowania.

Jednym z najczęściej stosowanych rozwiązań zielonej infrastruktury w budynkach publicznych jest zastosowanie zielonych dachów. Umożliwia to wprowadzenie roślinności bez konieczności zajmowania dodatkowej powierzchni terenu. Zielone dachy poprawiają izolację termiczną budynków, zmniejszają zużycie energii na ogrzewanie i chłodzenie, retencjonują część spływu wód opadowych oraz ograniczają efekt miejskiej wyspy ciepła. W gęsto zabudowanych obszarach miejskich dodatkowym wsparciem dla gospodarowania wodami opadowymi mogą być dachy retencyjne (tzw. niebieskie dachy), zaprojektowane do czasowego magazynowania wody deszczowej przed jej kontrolowanym odprowadzeniem. Rozwiązania dachowe mogą być także łączone z instalacjami fotowoltaicznymi, co zwiększa wielofunkcyjność budynku.

Na poziomie terenu otoczenie budynków publicznych stwarza możliwości wprowadzania ogrodów deszczowych, niecek bioretencyjnych, nawierzchni przepuszczalnych oraz systemów infiltracyjnych. Elementy te umożliwiają zagospodarowanie wód opadowych na miejscu poprzez zwiększenie infiltracji i retencji oraz naturalnych procesów oczyszczania. Przykładowo parkingi oraz place wejściowe mogą być projektowane z zastosowaniem nawierzchni przepuszczalnych i pasów zieleni, które ograniczają odpływ powierzchniowy przy zachowaniu ich podstawowej funkcji użytkowej (rysunek 6.7).

Budynki publiczne generują często znaczne ilości spływu z dachów, który może być gromadzony w podziemnych zbiornikach retencyjnych i ponownie wykorzystywany do celów niekonsumpcyjnych, takich jak podlewanie zieleni czy spłukiwanie toalet. Rozwiązanie to przyczynia się do bardziej efektywnego gospodarowania zasobami wodnymi (rysunek 6.7).

Dodatkową zaletą wdrażania zielonej infrastruktury w budynkach publicznych jest jej wartość edukacyjna. W szkołach i na uniwersytetach zielone dachy, ogrody deszczowe czy niewielkie zbiorniki retencyjne mogą pełnić funkcję praktycznych narzędzi dydaktycznych, pomagając uczniom i studentom zrozumieć procesy ekologiczne oraz działania związane z adaptacją do zmian klimatu. W ten sposób budynki publiczne nie tylko poprawiają swoje parametry środowiskowe, lecz także zwiększają świadomość ekologiczną i promują zrównoważone postawy.

Parki miejskie stanowią podstawowe elementy systemów zielonej infrastruktury. W przeciwieństwie do niewielkich rozproszonych interwencji parki oferują często wystarczającą przestrzeń do wdrażania większych i bardziej złożonych rozwiązań. Pełnią zatem funkcję kluczowych węzłów w miejskiej sieci ekologicznej.

Jedną z głównych ról zielonej infrastruktury w parkach jest gospodarowanie wodami opadowymi. Parki mogą obejmować zbiorniki retencyjne, tereny podmokłe, rowy i muldy chłonne oraz inne powierzchniowe systemy zarządzania wodą. Elementy te czasowo magazynują nadmiar wód opadowych podczas intensywnych opadów, zmniejszając ryzyko powodzi w innych częściach miasta. W niektórych przypadkach parki są celowo projektowane jako obszary zalewowe, zdolne do bezpiecznego retencjonowania wody w trakcie ekstremalnych zjawisk pogodowych.



Rysunek 6.7. Instalacje artystyczne z wykorzystaniem zielonych ścian, Portland, OR, Stany Zjednoczone (fot. Gabriela Maksymiuk, 2025)

Parki odgrywają również kluczową rolę w regulacji mikroklimatu. Rozległy drzewostan zapewnia cień, obniża temperaturę powierzchni i powietrza oraz poprawia komfort termiczny w okresach upałów. Zróżnicowana struktura roślinności – obejmująca drzewa, krzewy, łąki i rośliny wodne – sprzyja zwiększeniu bioróżnorodności oraz tworzeniu siedlisk dla różnych gatunków. Wspiera to stabilność i odporność ekologiczną środowiska miejskiego.

Kolejną istotną funkcją parków jest zapewnienie łączności ekologicznej w obrębie miasta. W powiązaniu z korytarzami zieleni, dolinami rzecznymi czy zazielenionymi ulicami parki pełnią funkcję węzłów umożliwiających przemieszczanie się gatunków w przestrzeni miejskiej. Taka łączność jest niezbędna dla utrzymania zdrowych ekosystemów miejskich.

Jednocześnie parki realizują ważne funkcje społeczne i prozdrowotne. Odpowiednio zaprojektowane tereny zieleni sprzyjają aktywności fizycznej, integracji społecznej oraz dobrostanowi psychicznemu. Wprowadzanie elementów wodnych, zacienionych alejek czy naturalnych placów zabaw zwiększa atrakcyjność i funkcjonalność parków przy jednoczesnym zachowaniu ich walorów ekologicznych.

Podsumowując, parki to tereny wielofunkcyjne łączące korzyści środowiskowe, hydrologiczne i społeczne. Ich rola w szerszej sieci zielonej infrastruktury czyni je nieodzownymi elementami zrównoważonego rozwoju miast oraz strategii adaptacji do zmian klimatu.

W środowisku miejskim, w warunkach deficytu przestrzeni, szczególnego znaczenia nabierają rozwiązania zielonej infrastruktury przeznaczone dla małych powierzchni, takie jak:

- zielone dachy i ściany umożliwiające wprowadzenie roślinności bez zajmowania dodatkowego terenu, poprawiające izolację budynków oraz ograniczające efekt miejskiej wyspy ciepła,
- ogrody deszczowe i niecki bioretencyjne lokalizowane wzdłuż ulic, na dziedzińcach lub w obrębie parkingów, wspomagające infiltrację i oczyszczanie wód opadowych,
- zielone przystanki komunikacji publicznej oraz zazielenione wiaty i pergole,
- parki kieszonkowe tworzone na niewielkich, dotąd niezagospodarowanych działkach lub w miejscach po zlikwidowanej infrastrukturze drogowej,
- nawierzchnie przepuszczalne stosowane na chodnikach, placach i parkingach, umożliwiające zwiększenie retencji przy zachowaniu funkcji użytkowych,
- zielone torowiska tramwajowe oraz pasy zieleni wzdłuż ciągów komunikacyjnych.

Rozwiązania te mają charakter wielofunkcyjny – zapewniają retencję wód opadowych, poprawę mikroklimatu, zwiększenie bioróżnorodności oraz jakości przestrzeni publicznej. W warunkach silnej presji przestrzennej kluczowe staje się zatem integrowanie zielonej infrastruktury z istniejącymi funkcjami miejskimi oraz projektowanie jej jako elementu komplementarnego względem infrastruktury technicznej, a nie konkurencyjnego.

6.4.2. Wyzwania związane z zieloną infrastrukturą na obszarach podmiejskich

Obszary podmiejskie stanowią strefę przejściową między zwartymi centrami miast a krajobrazem wiejskim, a ich forma przestrzenna generuje specyficzne wyzwania dla rozwoju zielonej infrastruktury. Tereny te są często kształtowane przez zabudowę o niskiej intensywności oraz procesy rozlewania się miast (*urban sprawl*), co może osłabiać efektywność i spójność systemów zielonej infrastruktury.

Kluczowym problemem jest fragmentacja krajobrazu. Układy przestrzenne obszarów podmiejskich obejmują zazwyczaj rozproszone strefy mieszkaniowe, centra handlowe oraz korytarze transportowe, co prowadzi do powstawania niepowiązanych ze sobą terenów zieleni. Taka fragmentacja ogranicza funkcjonalność ekologiczną, zmniejsza korzyści dla bioróżnorodności oraz osłabia zdolność zielonej infrastruktury do zarządzania wodami opadowymi czy regulacji klimatu w skali ponadlokalnej.

Rozlewanie się miast zwiększa również zależność wdrażania zielonej infrastruktury od właścicieli gruntów prywatnych. W przeciwieństwie do centrów miast, gdzie znaczący udział mają tereny publiczne, krajobraz podmiejski składa się w dużej mierze z działek prywatnych. Utrudnia to skoordynowane planowanie i wymaga współpracy z wieloma właścicielami gruntów, którzy mają odmienne priorytety i możliwości działania. W rezultacie inicjatywy związane z zieloną infrastrukturą są często realizowane nierównomiernie lub mają charakter dobrowolny, a nie systemowy.

Obszary podmiejskie skupiają problemy rozwojowe niczym w soczewce. Przykładem może być plan zagospodarowania przestrzennego jednej z niewielkich gmin położonych w pobliżu Warszawy, liczącej ok. 6 tys. mieszkańców, w którym zaproponowano przeznaczenie wszystkich terenów niezurbanizowanych pod zabudowę. W przypadku realizacji zwartej zabudowy oznaczałoby to możliwość zamieszkania na tym obszarze nawet ok. 200 tys. osób.

Jako autonomiczna decyzja władz gminy plan taki nie musi być koordynowany z gminami sąsiednimi, mimo że jego konsekwencje wykraczają poza granice administracyjne i wpływają na uwarunkowania gospodarcze, społeczne oraz środowiskowe większego obszaru. W praktyce sytuacja ta prowadzi najczęściej do nieefektywnego wykorzystania gruntów. Nowa zabudowa powstaje zazwyczaj w sposób chaotyczny i rozproszony, przez co jest ona:

- bardzo kosztowna w utrzymaniu (ze względu na konieczność budowy nadmiernie długich dróg dojazdowych, rozbudowy sieci infrastrukturalnych, dowozu dzieci do szkół oraz rosnące koszty energii);
- niekorzystna dla środowiska (utrudnia gospodarowanie zasobami wodnymi i ochronę przeciwpowodziową, ogranicza wymianę i regenerację powietrza oraz prowadzi do fragmentacji i izolacji obszarów cennych przyrodniczo);

- niekorzystna dla rolnictwa (fragmentacja terenów produkcji rolnej utrudnia prowadzenie działalności rolniczej i zwiększa odległości do uprawianych gruntów);
- powiązana z dodatkowymi kosztami społecznymi, takimi jak wzrost wydatków na opiekę zdrowotną wynikający z zanieczyszczenia powietrza.

W wielu krajach koszty chaosu przestrzennego są szacowane nie tylko w skali regionalnej, lecz także na poziomie poszczególnych samorządów lokalnych. W Polsce roczne koszty nieładu przestrzennego szacuje się na 84,3 mld zł (Śleszyński i Kukołowicz, 2021) – ponoszą je zarówno mieszkańcy, jak i władze lokalne.

Brak koordynacji rozwoju przestrzennego w skali całej aglomeracji prowadzi do zwiększania się powierzchni terenów zagospodarowanych w sposób chaotyczny. Generuje to konflikty i liczne problemy, pogarsza jakość życia mieszkańców oraz utrudnia zachowanie walorów środowiska przyrodniczego.

Jedną z odpowiedzi na wyzwania związane z niekontrolowanym rozlewaniem się miast jest koncepcja zielonych pierścieni miast (*urban green belts*), czyli zachowania wokół miast otwartych terenów pokrytych roślinnością i wodami z minimalnym udziałem zabudowy (mniejszym niż 10%). Obszary zielonych pierścieni miast obejmują zazwyczaj: lasy, wody powierzchniowe, tereny podmokłe (torfowiska i bagna), a także grunty rolne, w tym łąki, pastwiska, pola uprawne i sady.

Zielone pierścienie funkcjonują w wielu krajach i można je znaleźć niemal na wszystkich kontynentach, choć nie zawsze mają one formę ciągłego pierścienia otaczającego miasto (Amati, 2008). W Europie, poza Wielką Brytanią, występują m.in. w Danii (Kopenhaga), Szwecji (Sztokholm), Francji (Paryż) oraz Niemczech (Berlin). Istnieją również w Azji (Hongkong, Seul, Pekin), Australii (Sydney, Melbourne) oraz Ameryce Północnej (Ottawa, Toronto, Portland, San Francisco). Jeden z przykładów – zielony pierścień wokół Toronto, czyli Ontario's Greenbelt – został przedstawiony w rozdziale 8.1.1.

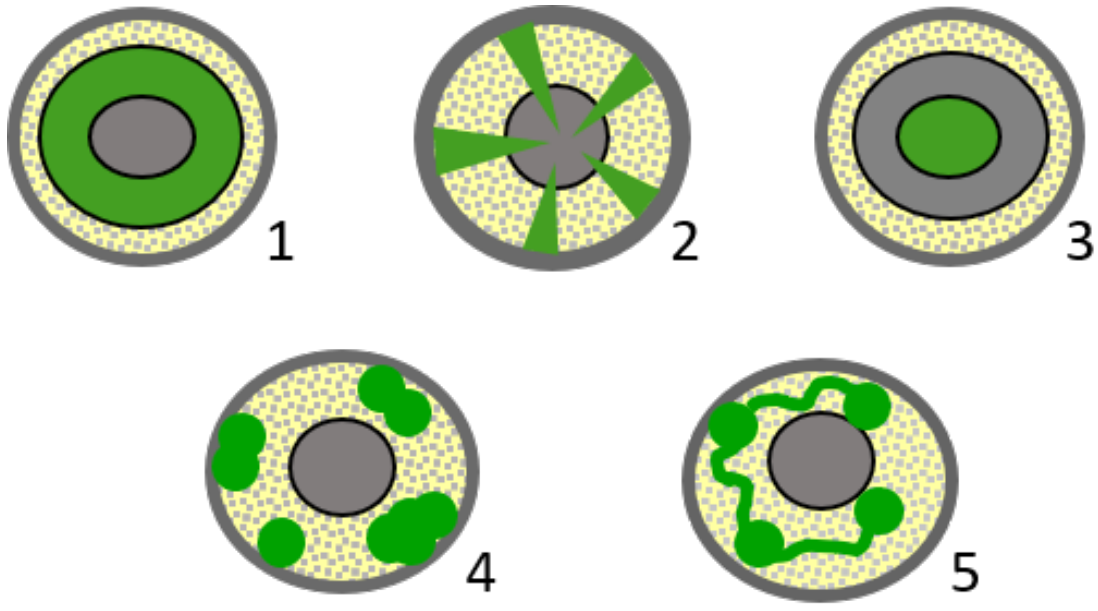
Pierwsze miejskie zielone pierścienie powstały w XX wieku, chociaż próby ograniczania rozlewania się miast podejmowano już wcześniej. Formalnie pierwsze zielone pierścienie wprowadzono w Wielkiej Brytanii na mocy Green Belt Act z 1938 roku, którego celem była ochrona obrzeży Londynu przed szybko postępującą zabudową. W 1945 roku przedstawiono Plan Wielkiego Londynu, który uwzględniał istnienie zielonego pierścienia otaczającego miasto (Abercrombie, 1945).

Zielone pierścienie mogą przyjmować różne struktury i formy (Cieszewska, 2019; rysunek 6.8):

- ciągłego pierścienia otaczającego miasto (np. w Londynie, Paryżu, Pekinie, Hongkongu czy Toronto),

- klinów terenów otwartych wnikających do miasta z otaczających je obszarów (np. w Kopenhadze, Sztokholmie, Melbourne),
- wysp terenów niezabudowanych, tworzących często system obszarów chronionych (głównie parków regionalnych) otaczających miasto (m.in. w Berlinie i Wiedniu),
- sieci obszarów cennych przyrodniczo połączonych korytarzami ekologicznymi wokół miasta (np. we Frankfurcie oraz w Rzymie),
- zielonego, niezabudowanego obszaru w silnie zurbanizowanym regionie obejmującym wiele miast (tzw. Zielone Serce Holandii – konurbacja Randstad między Amsterdamem, Rotterdamem i Arnhem).

Zielone pierścienie obejmują zazwyczaj pas terenu o szerokości ok. 20 km otaczający miasto (Amati, 2008). Mogą jednak mieć bardzo zróżnicowaną powierzchnię, od stosunkowo niewielkich obszarów liczących kilkaset hektarów w pobliżu małych miast (np. 720 hektarów wokół Burton upon Trent w Anglii) po setki tysięcy hektarów wokół dużych metropolii, takich jak Londyn czy Paryż (ponad 450 tys. hektarów).



Rysunek 6.8. Typy zielonych pierścieni: 1 – ciągły, 2 – zielone kliny, 3 – zielone serce, 4 – system obszarów chronionych, 5 – zielona sieć (Cieszewska, 2019)

Zielone pierścienie pełnią liczne funkcje środowiskowe, gospodarcze i społeczne. Wspierają cyrkulację i regenerację powietrza poprzez ochładzanie obszarów miejskich, ograniczanie efektu miejskiej wyspy ciepła oraz poprawę jakości powietrza. Wspomagają także gospodarowanie wodą dzięki umożliwianiu infiltracji wód opadowych, spowalnianiu spływu powierzchniowego oraz uzupełnianiu zasobów wodnych. Ponadto zielone pierścienie pomagają ograniczać ryzyko powodzi.

Niezabudowane tereny rolnicze, takie jak łąki i pola, szczególnie położone w dolinach rzecznych i na terenach zalewowych, mogą pełnić funkcję polderów powodziowych (suchych zbiorników retencyjnych), które podczas wezbrań wód

tymczasowo magazynują nadmiar wody, ograniczając w ten sposób straty na terenach zabudowanych.

Zielone pierścienie wzmacniają również łączność ekologiczną, tworząc sieci korytarzy ekologicznych sprzyjających zachowaniu bioróżnorodności oraz zmniejszających ryzyko związane z migracją zwierząt. Odgrywają także ważną rolę w ochronie obszarów cennych przyrodniczo, które są narażone na silną presję urbanizacyjną.

Z ekonomicznego punktu widzenia zielone pierścienie dostarczają miastom wielu zasobów i usług ekosystemowych, takich jak produkcja żywności (istotna dla bezpieczeństwa żywnościowego), drewno i inne produkty leśne, tereny przeznaczone pod eksploatację surowców mineralnych, miejsca do gospodarowania i składowania odpadów oraz przestrzeń umożliwiająca wytwarzanie energii odnawialnej.

W wymiarze społecznym zapewniają możliwości rekreacji i wypoczynku, tworzą przestrzeń do uprawiania sportu i aktywności na świeżym powietrzu, sprzyjają integracji społecznej jako miejsca spotkań mieszkańców oraz pełnią funkcję obszaru edukacji ekologicznej (Cieszewska, 2019).

Zarządzanie zielonymi pierścieniami może przyjmować różne formy instytucjonalne, zależnie od kraju i kontekstu administracyjnego. Mogą one być zarządzane przez odrębną jednostkę samorządu terytorialnego lub region administracyjny, jak ma to miejsce w Wielkiej Brytanii i Kanadzie (zob. rozdział 8.1.1). W innych przypadkach nadzór sprawuje dobrowolne stowarzyszenie jednostek samorządu lokalnego albo struktura metropolitalna, jak w Niemczech i Holandii.

W dużych miastach o jednolitej strukturze administracyjnej odpowiedzialność za zielony pierścień może spoczywać na centralnych władzach miejskich, czego przykładem są Frankfurt i Kopenhaga. Alternatywnie zadania związane z zielonym pierścieniem mogą być realizowane w ramach istniejących struktur administracyjnych na poziomie metropolitalnym, jak ma to miejsce w Stanach Zjednoczonych. Podobne podejście stosuje się w Polsce, gdzie plany dotyczące miejskich obszarów funkcjonalnych są opracowywane i uchwalane przez samorządy województw (Cieszewska 2019).

Wspólną cechą wszystkich modeli zarządzania jest kontrola i ograniczanie chaotycznej zabudowy. Gminy położone w obrębie zielonego pierścienia rygorystycznie dbają o to, aby nowa zabudowa powstawała wyłącznie we wskazanych strefach rozwoju. We wszystkich przypadkach zielone pasy stanowią wyznaczone obszary wokół miast, na których wprowadzono ograniczenia dotyczące zakresu zabudowy. Lokalne plany zagospodarowania

przestrzennego określają dopuszczalne sposoby użytkowania i funkcje terenów w ich granicach. W niektórych przypadkach przepisy lokalne przewidują również zasady rekompensat dla właścicieli gruntów z tytułu ograniczeń w zmianie przeznaczenia terenu.

6.4.3. Wyzwania związane z zieloną infrastrukturą na obszarach wiejskich

Obszary wiejskie są często postrzegane jako z natury „zielone", co może zacierać specyficzne wyzwania związane z rozwojem zielonej infrastruktury na tych terenach. Choć krajobrazy wiejskie oferują obfitość naturalnej przestrzeni, napotykają także bariery strukturalne i społeczno-ekonomiczne utrudniające skoordynowaną realizację zielonej infrastruktury.

Jednym z istotnych wyzwań jest rozproszona zabudowa i mała gęstość zaludnienia. Niska liczba mieszkańców może ograniczać zainteresowanie polityczne oraz inwestycje finansowe w projekty zielonej infrastruktury, zwłaszcza gdy korzyści są postrzegane jako pośrednie lub długoterminowe. Ograniczone budżety gminne oraz niedostateczne możliwości techniczne dodatkowo utrudniają planowanie i utrzymanie systemów ZI przez władze lokalne.

Kolejnym poważnym problemem jest fragmentacja własności gruntów. Obszary wiejskie składają się często z wielu prywatnych działek rolnych lub leśnych. Koordynacja działań w zakresie zielonej infrastruktury na takich terenach wymaga współpracy licznych interesariuszy, w tym rolników, właścicieli gruntów oraz władz regionalnych. Różnice w celach użytkowania terenu – np. produkcja rolnicza versus rekultywacja ekologiczna – mogą prowadzić do konfliktów i spowalniać wdrażanie projektów.

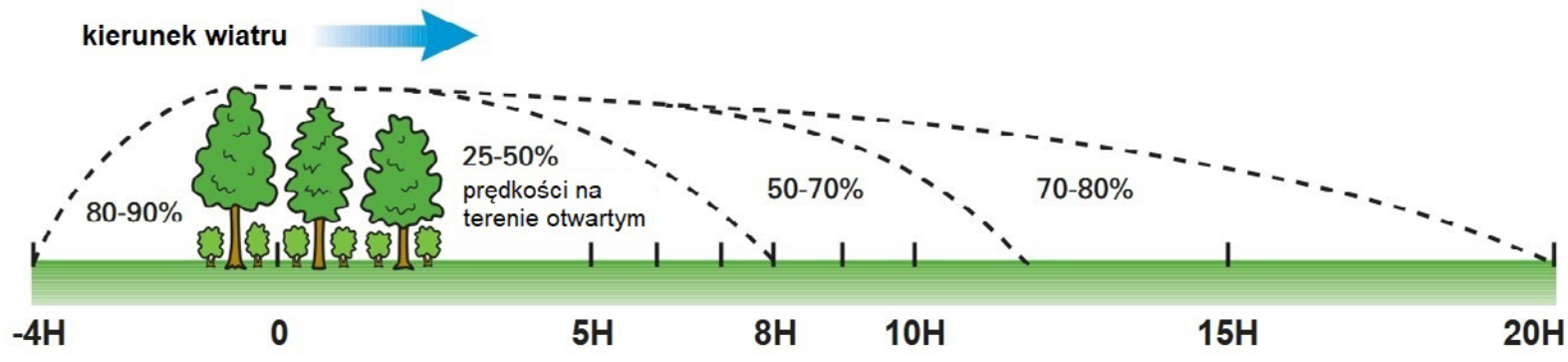
Ponadto rozwiązania zielonej infrastruktury na terenach wiejskich mogą napotykać ograniczone wsparcie instytucjonalne i brak integracji w ramach polityk planistycznych. Ramy planistyczne często priorytetowo traktują użytkowanie rolnicze lub eksploatacyjne, przez co zielona infrastruktura nie jest wystarczająco reprezentowana w strategiach rozwoju. W efekcie rozwój ZI w kontekście wiejskim bywa fragmentaryczny i w dużej mierze zależy od dobrowolnego udziału lokalnych podmiotów lub zewnętrznych programów finansowania.

Na obszarach wiejskich zielona infrastruktura pełni inną funkcję niż w miastach. Jej podstawowym zadaniem jest wspieranie i ochrona procesów przyrodniczych zachodzących w otwartym krajobrazie, który kształtowany jest często przez rolnictwo oraz inne formy działalności człowieka. W tym kontekście zielona infrastruktura nie tylko pomaga utrzymywać równowagę ekologiczną, lecz także pełni funkcje klimatyczne, hydrologiczne, geodynamiczne i biologiczne, ograniczając negatywne skutki działalności człowieka, takie jak erozja gleb, degradacja siedlisk czy utrata bioróżnorodności. Dlatego planowanie

i projektowanie zielonej infrastruktury na obszarach wiejskich wymaga starannego uwzględnienia zarówno cech krajobrazu, jak i naturalnych procesów zachodzących w jego obrębie.

W odniesieniu do procesów klimatycznych istotne jest zapewnienie cyrkulacji i regeneracji powietrza poprzez tworzenie obszarów jego odnowy w postaci zadrzewień śródpolnych, grup drzew, pasów wysokiej roślinności czy większych kompleksów leśnych. Na terenach rolniczych ważne jest również ograniczanie nadmiernego przewietrzania wynikającego z braku naturalnych barier wiatrowych (rysunek 6.9). Silny wiatr przyczynia się do przesuszania gleby oraz nasila erozję eoliczną warstwy próchnicznej. Pasy wiatrochronne i zadrzewienia śródpolne pełnią funkcję ochronną, spowalniając prędkość wiatru (Mize i in., 2008).

Procesy hydrologiczne na obszarach rolniczych zostały zmodyfikowane poprzez przyspieszone odprowadzanie wód opadowych, co prowadzi do niedoborów wody dla roślin oraz niewystarczającego odnawiania zasobów wodnych. Usuwanie roślinności nadrzecznej wzdłuż cieków i zbiorników wodnych dodatkowo ogranicza naturalną filtrację zanieczyszczeń spływających z pól. Kluczowe jest również pozostawienie przestrzeni dla rzek poprzez zachowanie terenów zalewowych, które mogą absorbować nadmiar wody w czasie wezbrań, a tym samym zmniejszać ryzyko powodzi.



Rysunek 6.9. Strefy obniżonej prędkości wiatru po zawietrznej stronie przykładowej bariery jako procent prędkości wiatru na otwartym terenie (niezachowana skala pionowa) (Wray i in., 1997)

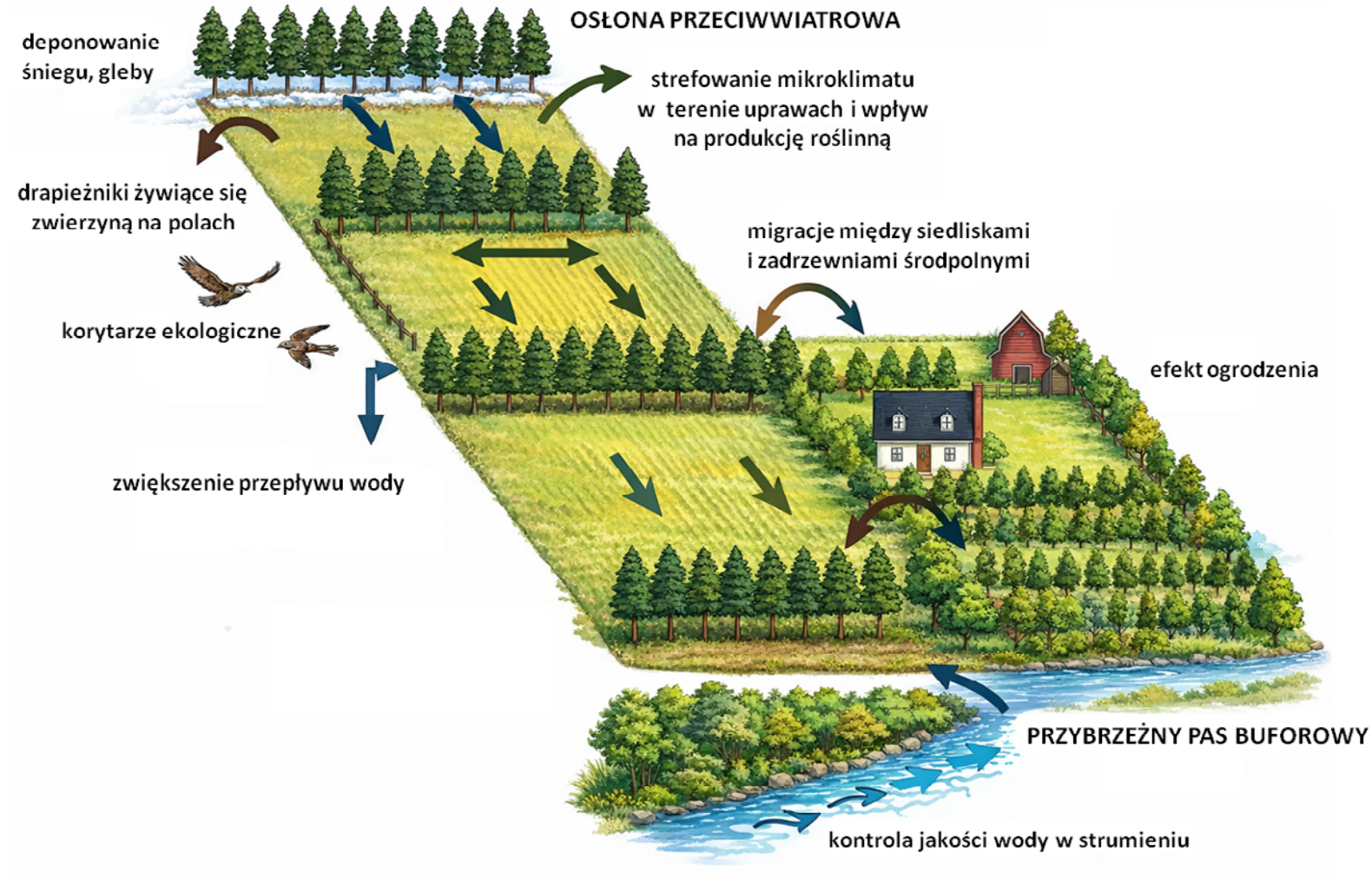
Procesy geodynamiczne w krajobrazie rolniczym są przede wszystkim związane ze wzrostem erozji wodnej i eolicznej, szczególnie na stokach. Intensywność tych procesów zwiększa się wraz ze zwiększeniem nachylenia terenu oraz podatności gleb na erozję, zwłaszcza w przypadku gleb pylastych.

W odniesieniu do procesów biologicznych głównymi problemami są: spadek bioróżnorodności, zakłócenie łączności ekologicznej oraz izolacja cennych obszarów przyrodniczych. Zrozumienie tych wyzwań biologicznych stanowi

podstawę do omówienia roli zielonej infrastruktury na obszarach wiejskich, w tym znaczenia zadrzewień śródpolnych jako elementów wspierających procesy ekologiczne i krajobrazowe.

Wielofunkcyjne znaczenie zadrzewień znajduje odzwierciedlenie w języku angielskim poprzez stosowanie różnych, często używanych zamiennie określeń opisujących pasy drzew lub krzewów, takich jak *shelterbelts*, *windbreaks* czy *riparian buffer strips*, podkreślających ich różnorodne funkcje. Ta wielofunkcyjność została przedstawiona na rysunku 6.10.

Opierając się na tych procesach przyrodniczych, zielona infrastruktura na obszarach rolniczych pełni funkcję systemu wielofunkcyjnego. Poza rolą ochronną wobec klimatu, wód, gleby i siedlisk przyczynia się do łączności krajobrazowej, wspiera zapylacze i inne pożyteczne gatunki oraz pomaga w utrzymaniu odporności ekosystemów w warunkach zmieniającego się środowiska. Jednocześnie dobrze zarządzane tereny zielone poprawiają jakość życia lokalnych społeczności, oferując możliwości rekreacji, edukacji przyrodniczej oraz estetycznego odbioru krajobrazu, łącząc korzyści ekologiczne z wartościami społecznymi i kulturowymi.



Rysunek 6.10. Integracja pasów wiatrochronnych z innymi systemami korytarzy ekologicznych w celu realizacji potrzeb właścicieli gruntów oraz społeczności lokalnych (opracowanie własne na podstawie Mize i in., 2008)

Elementy zielonej infrastruktury w krajobrazach otwartych obejmują lasy, zbiorniki wodne, łąki, pastwiska, a także zadrzewienia śródpolne i grupy drzew. W obrębie rozległych pól uprawnych szczególne znaczenie mają kępy drzew, zadrzewienia lub gaje, niewielkie, często izolowane obszary leśne otoczone gruntami rolnymi. Stanowią one schronienie dla rodzimych gatunków flory i fauny i są połączone korytarzami ekologicznymi tworzonymi przez liniowe zadrzewienia. Korytarze te mogą przyjmować formę drzew w pasach śródpolnych lub roślinności towarzyszącej ciekom wodnym, łącząc poszczególne fragmenty siedlisk. Takie elementy tworzą składniki sieci ekologicznych, odnosząc się do modelu płatów i korytarzy (*patch-corridor-matrix)* opracowanego przez Formana i Godrona (zob. rozdział 2.2).

Sieć ekologiczna może być interpretowana na dwa sposoby: z perspektywy gatunkowej lub krajobrazowej. W podejściu gatunkowym sieć projektuje się z myślą o konkretnym, szczególnie ważnym gatunku chronionym, na przykład o dużych drapieżnikach, których populacje znacznie zmalały w ciągu ostatniego stulecia. Jej głównym celem jest połączenie siedlisk w obrębie naturalnych ostoi, aby można było utrzymać trasy migracji wybranego gatunku. Podejście to przeciwdziała izolacji populacji i stanowi podstawę współczesnej ochrony przyrody, zapewniając łączność ekologiczną między cennymi obszarami przyrodniczymi, takimi jak parki narodowe czy regionalne obszary ochrony przyrody. Jednak projektowanie takiej sieci wymaga szczegółowej wiedzy na temat wymagań migracyjnych danej grupy gatunków. Na przykład ochrona tygrysa bengalskiego wymaga zachowania ciągłych korytarzy ekologicznych łączących obszary chronione – dla tego gatunku szczególnie istotne są korytarze tworzone przez siedliska wilgotnych lasów liściastych tropikalnych z dominacją drzew sal (*Shorea robusta*) oraz mokradła. Dzięki ochronie takich korytarzy ekologicznych populacja tygrysów w Indiach podwoiła się od 2006 roku (Biswas i in., 2022).

W podejściu krajobrazowym sieć ekologiczna ma na celu zapewnienie ogólnego prawidłowego funkcjonowania środowiska przyrodniczego, bez koncentracji na pojedynczym gatunku. Jej celem jest umożliwienie migracji różnym grupom organizmów, zarówno roślin, jak i zwierząt (w tym owadów, płazów, gadów, ptaków i drobnych ssaków), w krajobrazie znacznie przekształconym przez działalność człowieka. Obejmuje to łączenie stosunkowo mało zmienionych przez człowieka siedlisk i tworzenie korytarzy ekologicznych, które pozwalają gatunkom unikać barier, takich jak drogi czy rozległe pola uprawne. Celem jest całościowa ochrona środowiska poprzez zachowanie ciągłości ekologicznej między obszarami o wyższej wartości przyrodniczej.

Takie podejście stosowane jest na przykład przy wyznaczaniu lokalnych sieci ekologicznych na poziomie gminnym, jak i regionalnym. W przypadku pojedynczej gminy zazwyczaj nie są dostępne szczegółowe informacje dotyczące występowania i migracji gatunków zwierząt. Dlatego przy wyznaczaniu sieci

ekologicznej celem nie jest ochrona konkretnego gatunku, lecz zachowanie łączności ekologicznej w krajobrazach ulegających przekształceniom, np. na obszarach o szybkiej urbanizacji lub w związku z budową nowych dróg. W takich kontekstach sieć ekologiczna składa się z lasów, łąk, pastwisk, terenów podmokłych i nadrzecznych, czyli wszystkich obszarów stosunkowo mało przekształconych przez człowieka. W przypadku nowych inwestycji infrastrukturalnych ważnym elementem tych powiązań są przejścia dla dzikiej fauny nad drogami (kładki) lub pod nimi (przepusty), tworzące trasy migracyjne eliminujące bariery ekologiczne.

Sieci łączności ekologicznej mają również znaczną wartość rekreacyjną. Wzdłuż korytarzy ekologicznych rozwija się często sieć ścieżek edukacyjnych, tras pieszych i rowerowych. Takie szlaki łączące funkcje rekreacyjne i ekologiczne określa się mianem zielonych szlaków (*greenways*) (Ahern, 2002).

Podsumowując, w krajobrazach otwartych zielona infrastruktura składa się z obszarów stosunkowo mało przekształconych przez człowieka (lasy, łąki, pastwiska, zbiorniki wodne) połączonych systemami korytarzy ekologicznych. Sieci te mogą być projektowane zarówno w celu ochrony wybranych, szczególnie cennych gatunków, jak i z perspektywy całościowej w celu zapewnienia migracji i możliwości przetrwania różnym grupom organizmów rodzimych. Należy podkreślić, że oprócz funkcji biologicznych sieci ekologiczne pełnią również funkcje klimatyczne, hydrologiczne, przeciwerozyjne oraz społeczno-kulturowe, w tym rekreacyjne i edukacyjne.

Jednak w przeważnie rolniczych regionach zielona infrastruktura nie może ograniczać się wyłącznie do obszarów stosunkowo naturalnych lub półnaturalnych – powinna obejmować również grunty rolne zarządzane w sposób wzmacniający procesy ekologiczne i łączność krajobrazową. W tym sensie różnorodne praktyki rolnicze stają się narzędziami wdrażania zielonej infrastruktury, gdy wpływają na zwiększenie usług ekosystemowych przy jednoczesnym utrzymaniu funkcji produkcyjnych. Przykładami są systemy rolno-leśne łączące drzewa z uprawami lub hodowlą zwierząt, pasma roślinności nadrzecznej, miedze i zadrzewienia śródpolne ograniczające spływ składników odżywczych i tworzące siedliska, okrywowe rośliny polowe chroniące i poprawiające strukturę gleby oraz zróżnicowane płodozmiany wspierające żyzność gleby i bioróżnorodność (tabela 6.3).

Typowe elementy krajobrazu rolnego bezpośrednio związane z użytkowaniem gruntów rolnych, takie jak pasy drzew w środkowej części pól, pasy ochronne, strefy buforowe wzdłuż cieków wodnych, obrzeża pól zarządzane z myślą o różnorodności biologicznej, stawy retencyjne i małe tereny podmokłe położone na terenach rolniczych, uzupełniają większe obszary naturalne i korytarze

ekologiczne. Wspólnie poprawiają one retencję wody, ograniczają erozję, wspierają zapylacze i inne gatunki oraz przyczyniają się do regulacji klimatu w krajobrazach użytkowanych rolniczo (Ogwu i Kosoe, 2025).

Tabela 6.3. Praktyki rolnicze w zakresie zielonej infrastruktury i ich funkcje ekologiczne (opracowanie własne na podstawie Kujawa i Kujawa, 2018; Ogwu i Kosoe, 2025)

Praktyka	Cecha	Podstawowa funkcja
Międzyplony	Rośliny uprawiane między sezonami uprawnymi	Ochrona gleby i obieg składników odżywczych
Strefy przybrzeżne	Strefy porośnięte roślinnością wzdłuż cieków wodnych	Filtracja wody i kontrola erozji
Systemy rolno-leśne	Integracja drzew z uprawami lub hodowlą zwierząt	Zwiększanie różnorodności biologicznej i regulacja mikroklimatu
Uprawa tarasowa	Kształtowanie terenów nachylonych w postaci tarasów	Kontrola erozji i retencja wody
Trawiaste kanały odwadniające	Płytkie liniowe struktury porośnięte trawą służące do odprowadzania wody	Kontrola spływu wody i wychwytywanie osadów
Mokradła	Sztuczne lub naturalne zagłębienia z roślinnością tolerującą wodę	Magazynowanie wody i wspieranie różnorodności biologicznej
Zadrzewienia śródpolne/ wiatrochrony/ pasy ochronne	Liniowe nasadzenia krzewów lub drzew wzdłuż krawędzi pól	Ograniczanie erozji wietrznej, poprawa mikroklimatu, zwiększanie różnorodności biologicznej, ograniczenie spływu zanieczyszczeń z pól
Miedze	Nienaruszone pasy stałej roślinności wzdłuż pól uprawnych	Ochrona zapylaczy i stabilizacja gleby

6.4.4. Wnioski z przeprowadzonego porównania i rekomendacje planistyczne

W kontekstach miejskich, podmiejskich i wiejskich wyzwania związane z rozwojem zielonej infrastruktury kształtowane są przez formę przestrzenną, struktury zarządzania oraz uwarunkowania społeczno-ekonomiczne. Podczas gdy obszary miejskie zmagają się z ograniczeniami przestrzeni i istniejącą infrastrukturą szarą,

regiony podmiejskie borykają się z fragmentacją i problemami koordynacyjnymi, a obszary wiejskie – z rozproszoną populacją i złożoną własnością gruntów.

Różnice te sugerują, że uniwersalne podejścia do zielonej infrastruktury rzadko okazują się skuteczne. Konieczne są strategie planistyczne uwzględniające kontekst – od wielofunkcyjnych i wertykalnych rozwiązań ZI w gęsto zabudowanych miastach, przez podejścia skupione na łączności przestrzeni w krajobrazach podmiejskich, po inicjatywy współpracujące na skalę krajobrazową na obszarach wiejskich. Rozpoznanie i uwzględnienie tych odmiennych wyzwań to podstawowy krok w kierunku pełnego wykorzystania potencjału zielonej infrastruktury w zróżnicowanych warunkach przestrzennych.

Zielona infrastruktura jest kluczową strategią wspierającą odporność miast na zmianę klimatu i wpływającą na dobrostan człowieka. Jednak skuteczne planowanie, wdrażanie i utrzymanie zielonej infrastruktury różnią się znacząco w zależności od kontekstu przestrzennego. Środowisko miejskie, tereny podmiejskie czy obszary wiejskie charakteryzują się odmiennymi uwarunkowaniami przestrzennymi, społecznymi oraz instytucjonalno-zarządczymi, które wpływają na sposób kształtowania i trwałość rozwiązań z zakresu zielonej infrastruktury. Zrozumienie specyficznych dla danego miejsca ograniczeń jest niezbędne, jeśli chcemy projektować skuteczne i sprawiedliwe rozwiązania zielonej infrastruktury.

Pytania sprawdzające:

1. Co oznacza podejście wieloskalowe w planowaniu zielonej infrastruktury i dlaczego jest ono kluczowe dla skutecznego funkcjonowania systemów ZI?
2. W jaki sposób role i funkcje zielonej infrastruktury różnią się w zależności od skali: regionalnej, miejskiej, sąsiedzkiej i miejsca?
3. Dlaczego łączność jest istotna nie tylko w obrębie jednej skali, lecz także pomiędzy różnymi poziomami przestrzennymi?
4. W jaki sposób liczne interwencje realizowane w małej skali mogą wspólnie generować efekty systemowe w skali miasta lub regionu?
5. Jakie typy elementów mogą tworzyć zieloną infrastrukturę w różnych skalach przestrzennych?
6. Jakie są główne ograniczenia przestrzenne i infrastrukturalne utrudniające wdrażanie zielonej infrastruktury w gęsto zabudowanych środowiskach miejskich oraz w jaki sposób rozwiązania w małej skali mogą pomagać w przezwyciężaniu tych ograniczeń?
7. Jakie są główne struktury przestrzenne i funkcje zielonych pierścieni?
8. Które funkcje zadrzewień śródpolnych są istotne z perspektywy planowania środowiskowego obszarów wiejskich?

Bibliografia

Abercrombie, P. (1945). *Greater London Plan 1944*. Her Majesty's Stationery Office.

Adamowski, D., Zalewski J., Paluch P., & Gixelli T. (2017). *Katalog zielono-niebieskiej infrastruktury. Część II. Wytyczne i rozwiązania.* MWiK w Bydgoszczy.

Ahern, J. F. (2002). *Greenways as Strategic Landscape Planning: Theory and Application* (doctoral thesis). Wageningen University.

Amati, M. (red.). (2008). *Urban Green Belts in the Twenty-first Century*. Ashgate Publishing. https://doi.org/10.4324/9781315548838

Benedict, M. A., & McMahon, E. T. (2002). Green infrastructure: Smart conservation for the 21st century. *Renewable Resources Journal*, *20*(3), 12–17.

Biswas, S., Bhatt, S., Sarkar, D., Talukdar, G., Pandav, B., & Mondol, S. (2022). Assessing tiger corridor functionality with landscape genetics and modelling across Terai-Arc landscape, India. *Conservation Genetics*, *23*, 1–18. https://doi.org/10.1007/s10592-022-01460-8

Cieszewska, A. (2019). *Green belts [Zielone pierścienie wielkich miast]*. Wydawnictwo Akademickie SEDNO. https://doi.org/10.26343/9788379630868

City of Philadelphia. (2014). *Green Streets Design Manual.* Philadelphia Deputy Mayor for Transportation and Utilities. City of Philadelphia. (2014). Green Streets Design Manual. https://www.phila.gov/documents/green-streets-design-manual/ [dostęp: 19.01.2025]

Communication from the Commission to the European Parliament, the Council, the European Economic and social Committee and the Committee of the Regions. EU Biodiversity Strategy for 2030. Bringing nature back into our lives (COM/2020/380 final). https://eur-lex.europa.eu/legal-content/EN/TXT/PDF/?uri=CELEX:52020DC0380 [dostęp: 19.01.2025].

Cox, D. T. C., Hudson, H. L., Shanahan, D. F., Fuller, R. A., & Gaston, K. J. (2017). The rarity of direct experiences of nature in an urban population. *Landscape and Urban Planning*, *160*, 79–84. https://doi.org/10.1016/j.landurbplan.2016.12.006

European Environment Agency. [EEA]. (2011). *Green infrastructure and territorial cohesion: The concept of green infrastructure and its integration into policies using monitoring systems* (EEA Technical Report 18/2011). Publications Office of the European Union. https://www.eea.europa.eu/publications/green-infrastructure-and-territorial-cohesion [dostęp: 19.01.2025].

Forman, R. T. T. (1995). *Land Mosaics. The ecology of landscapes and regions*. Cambridge University Press.

Hansen, R., & Pauleit, S. (2014). From multifunctionality to multiple ecosystem services? *AMBIO*, *43*(4), 516–529. https://doi.org/10.1007/s13280-014-0510-2

Hemingway, J. M. (2024). Urban environmental acupuncture as a tool to support nature-based solution implementation: does it deliver what it promises? *Urban Transformations*, *6*(1), 10. https://doi.org/10.1186/s42854-024-00067-1

Kujawa, A., & Kujawa, K. (red.). (2018). *Zadrzewienia na obszarach wiejskich – dobre praktyki i rekomendacje*. Fundacja EkoRozwoju.

Landscape Institute. (2009). *Green infrastructure: connected and multifunctional landscapes*. https://landscapewpstorage01.blob.core.windows.net/www-landscapeinstitute-org/2016/03/GreenInfrastructurepositionstatement13May09.pdf [dostęp: 19.01.2025].

Maksymiuk, G., Adamczyk, J., Giedych, R., Pusłowska-Tyszewska, D., Kuchcik, M., & Cieszewska, A. (2025). Harnessing Street Canyons for Comprehensive Nature-Based Solutions. *Land*, *14*(3), 531. https://doi.org/10.3390/land14030531

Miejskie Wodociągi i Kanalizacja w Bydgoszczy (2020). *Katalog zielono-niebieskiej infrastruktury. Część II. Wytyczne i rozwiązania*. Bydgoszcz.

Mize, C. W., Brandle, J. R., Schoeneberger, M. M., & Bentrup, G. (2008). *Ecological Development and Function of Shelterbelts in Temperate North America*. W: J. R. Brandle (red.), Agroforestry Systems and Environmental Quality (ss. 41–54). Springer. https://doi.org/10.1007/978-1-4020-6572-9_3

New York City Department of Environmental Protection [NY DEP]. (2022). *Standard design and guidelines for green infrastructure practices*. https://www.nyc.gov/assets/dep/downloads/pdf/water/stormwater/green-infrastructure/green-infrastructure-standard-designs.pdf [dostęp: 19.01.2025].

Ogwu, M. C., & Kosoe, E. A. (2025). Integrating Green Infrastructure into Sustainable Agriculture to Enhance Soil Health, Biodiversity, and Microclimate Resilience. *Sustainability*, *17*(9), 3838. https://doi.org/10.3390/su17093838

Osipiuk, A., Dymek, D., Bogdańska-Głuchowska, K., Dziubała, A., Ciećkiewicz, M., & Madajczyk, N. (2023). *Rozwiązania wspierające przyrodę w mieście. Przewodnik i inspiracje*. Urząd Miasta Poznania, Connecting Nature 2023. https://www.poznan.pl/mim/main/przewodnik-po-rozwiazaniach-wspierajacych-przyrode,p,46898,64677.html [dostęp: 19.01.2025].

Śleszyński, P., & Kukołowicz, P. (2021). *Społeczno-gospodarcze skutki chaosu przestrzennego.* Polski Instytut Ekonomiczny.

Szulczewska, B. (2018). *Zielona infrastruktura – czy koniec historii?.* Komitet Przestrzennego Zagospodarowania Kraju PAN.

Tahvonen, O. (2018). Scalable green infrastructure – the case of domestic private gardens in Vuores, Finland. *Sustainability*, *10*(12), 4571. https://doi.org/10.3390/su10124571

Tauhid, F. A. (2019). Urban Green Infrastructure Framework for Housing Climate Resilience. *KnE Social Sciences*, *3*(21), 256–269. https://doi.org/10.18502/kss.v3i21.4973

U.S. Environmental Protection Agency [EPA]. *Homepage*. https://www.epa.gov/ [dostęp: 20.02.2026].

UN-Habitat. (2013). *Streets as Public Spaces and Drivers of Urban Prosperity*. https://unhabitat.org/sites/default/files/2020/08/streets_as_public_spaces_and_drivers_of_urban_prosperity.pdf [dostęp: 19.01.2025].

Wray, P., Sternweis, L., & Lenahan, J. (1997). *Farmstead Windbreak: Planning. Iowa State University, University Extension.* https://naturalresources.extension.iastate.edu/files/inline-files/farmstead_windbreaks_planning.pdf [dostęp: 19.01.2025].

Zulian, G., Ronchi, S., La Notte, A., Vallecillo, S., & Maes, J. (2021). Adopting a cross-scale approach for the deployment of a green infrastructure. *One Ecosystem*, *6*, e65578. https://doi.org/10.3897/oneeco.6.e65578

7. SPECYFIKA ROZWOJU ZIELONEJ INFRASTRUKTURY W RÓŻNYCH STREFACH KLIMATYCZNYCH

O czym jest ten rozdział:
Specyfika zielonej infrastruktury zależy w dużym stopniu od warunków klimatycznych i podobnie jak klimaty jest zróżnicowana w skali globu. W rozdziale omówiono klasyfikację klimatów Ziemi opracowaną przez Wladimira Köppena, opartą na średnich temperaturach powietrza atmosferycznego oraz wielkości i rozkładzie opadów w ciągu roku. Omówiono również największe wyzwania i problemy, z jakimi mierzą się projektanci terenów zieleni w zależności od strefy klimatycznej.

Z rozdziału dowiesz się, jaki klimat występuje w różnych miejscach na Ziemi oraz czym charakteryzuje się stosowana w nich zielona infrastruktura. Poznasz na konkretnych przykładach sposoby adaptacji zielonej infrastruktury do lokalnych warunków klimatycznych oraz wyzwania i zagrożenia, z jakimi należy się mierzyć, projektując ZI.

Czego się dowiesz:
- Jakie są specyficzne warunki klimatyczne na świecie według klasyfikacji klimatu Köppena.
- Jak warunki klimatyczne wpływają na rodzaje zielonej infrastruktury.
- Jak warunki klimatyczne wpływają na proces projektowania krajobrazu.

7.1. HISTORIA I GŁÓWNE ZAŁOŻENIA KLASYFIKACJI KLIMATÓW ZIEMI WEDŁUG KÖPPENA

Najbardziej rozpowszechnioną klasyfikacją klimatów Ziemi jest system opracowany przez rosyjsko-niemieckiego geografa i botanika Wladimira Köppena (1846–1940). W 1884 roku opublikowana została pierwsza mapa obrazująca zasięg stref klimatycznych Ziemi, a pierwszą pełną wersję klasyfikacji klimatów Köppen zaprezentował w 1900 roku w wydawanym przez siebie czasopiśmie *Meteorologische Zeitschrift*. W latach pięćdziesiątych i sześćdziesiątych XX wieku niemiecki klimatolog Rudolf Geiger (1894–1981), który przez lata współpracował z W. Köppenem, wprowadził kolejne zmiany do tej klasyfikacji, dlatego

w niektórych opracowaniach podział Ziemi na strefy klimatyczne określa się mianem klasyfikacji Köppena–Geigera.

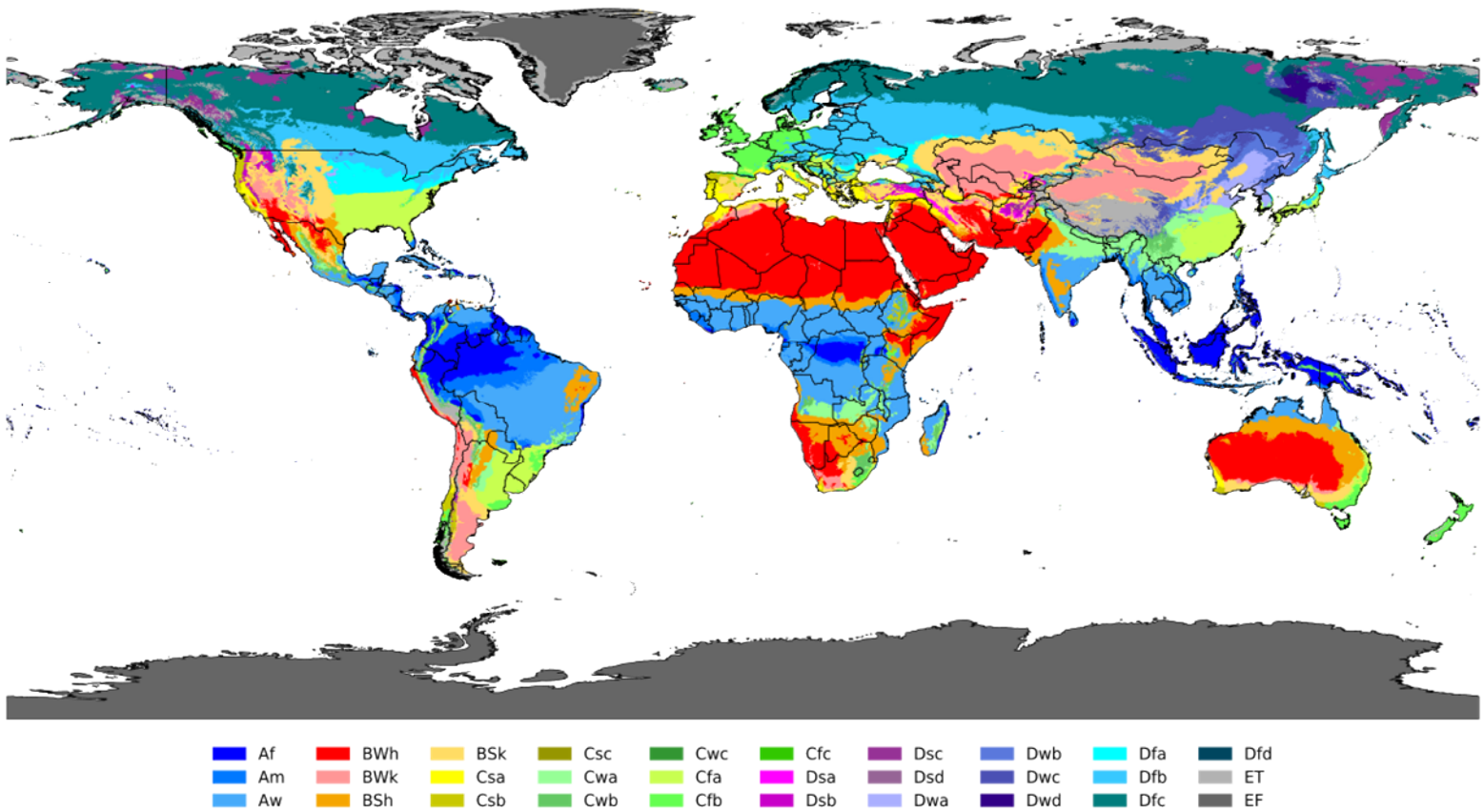
W latach późniejszych również inni klimatolodzy modyfikowali poszczególne elementy klasyfikacji Köppena, przede wszystkim na podstawie dokładniejszych pomiarów klimatologicznych pochodzących z różnych rejonów świata, ale jej najważniejsze założenia pozostały niezmienne do dziś.

Podstawowym założeniem podziału kuli ziemskiej na różne strefy klimatyczne wg Köppena jest wyznaczenie granic klimatycznych (czyli konkretnych wartości średniej miesięcznej temperatury powietrza oraz wielkości i rozkładu opadów atmosferycznych w ciągu roku), które będą odpowiadały granicom występującej roślinności (biomy). Köppen dokonał podziału kuli ziemskiej na strefy klimatyczne, które odpowiadają określonemu typowi roślinności, uzyskując tym samym istotne zależności pomiędzy parametrami klimatycznymi a światem żywym. Z tego względu analiza zachodzących zmian klimatu pozwala przewidzieć przekształcenia roślinności, co powinno stanowić istotny element analiz w procesie projektowania krajobrazu danej strefy klimatycznej.

7.2. PODZIAŁ ZIEMI NA STREFY KLIMATYCZNE

Klasyfikacja klimatów Köppena dzieli kulę ziemską na pięć głównych stref, są to: klimaty tropikalne (A), klimaty suche (B), klimaty umiarkowane ciepłe (C), klimaty kontynentalne (D) oraz klimaty polarne (E) (Kottek i in., 2006). Każda z tych stref poza klimatami suchymi (B) została wydzielona na podstawie kryteriów temperaturowych. W przypadku klimatów suchych (B) czynnikiem determinującym rozwój roślinności w danej strefie jest suchość, definiowana jako stosunek dostawy wilgoci do gleby oraz strat wynikających z parowania. Ponieważ Köppen nie dysponował danymi dotyczącymi parowania, wyznaczał je na podstawie temperatury, zakładając, że to ona jest odpowiedzialna za parowanie. W 1966 roku do systemu włączono szóstą strefę klimatów wysokogórskich (H) obejmującą obszary wznoszące się ponad 1500 m n.p.m. – modyfikację tę zaproponował amerykański klimatolog Glenn Thomas Trewartha.

Każda strefa klimatyczna podzielona jest na jednostki drugiego i trzeciego rzędu, typy i podtypy klimatu opisuje się tradycyjnie za pomocą małych liter alfabetu łacińskiego (rysunek 7.1) (Lohmann i in., 1993). Typy klimatu wyznaczane są na podstawie zróżnicowania opadów atmosferycznych w ciągu roku, a podtypy na podstawie zróżnicowania temperatury powietrza. Wyjątkami są strefa klimatów tropikalnych (A) i strefa klimatów polarnych (E), w obrębie których nie zostały wyznaczone podtypy (Peel i in., 2007).



Rysunek 7.1. Klasyfikacja klimatów kuli ziemskiej wg Köppena–Geigera (Beck i in., 2023)

7.3. CHARAKTERYSTYKA TYPÓW KLIMATU TROPIKALNEGO (A)

Strefa klimatów tropikalnych rozciąga się na północ i na południe od równika, do szerokości geograficznej ok. 15°–25° N i S. Z tego względu określana jest często jako strefa równikowa. Wyróżnikiem tych klimatów jest występowanie średniej miesięcznej temperatury powietrza powyżej 18°C przy rocznej sumie opadów atmosferycznych przekraczającej 1500 mm. Strefa ta podzielona jest na trzy typy w zależności od rozkładu opadów atmosferycznych w ciągu roku (tabela 7.1).

Typ klimatów tropikalnych lasów deszczowych (Af) występuje zwykle najbliżej równika, na szerokości geograficznej do 5–10°. W niektórych miejscach, szczególnie na wschodnim wybrzeżu obu Ameryk, może występować do 25° szerokości geograficznej. W tym typie klimatu opad atmosferyczny pojawia się przez cały rok. Miesięczne zróżnicowanie temperatury powietrza nie jest zbyt duże, wynosi najczęściej mniej niż 3°C. Większe są natomiast różnice temperatur w ciągu doby. W dzień temperatura może wzrastać do 32°C, a nocą obniżać się do ok. 22°C. Ponieważ dostawa promieniowania słonecznego jest przez cały rok bardzo duża, powierzchnia terenu bardzo silnie się nagrzewa, co w połączeniu z wysokim poziomem opadów atmosferycznych w tej strefie wpływa na dużą wilgotność powietrza (75–90%). Wznoszenie się silnie nagrzanego powietrza (konwekcja) powoduje rozwój chmur piętra niskiego, głównie cumulusów i cumulonimbusów. Wzrost zachmurzenia następuje w ciągu dnia.

Tabela 7.1. Typy klimatów występujących w strefie klimatów tropikalnych (opracowanie własne na podstawie Peel i in., 2007; Beck i in., 2023; Arnfield, 2026)

Symbol	Typ	Cechy	Przykładowe występowanie
Af	Tropikalny lasów deszczowych	Brak pory suchej. W najsuchszym miesiącu opady przekraczają 60 mm. Opady deszczu rozłożone równomiernie w ciągu roku	Północno-wschodnie wybrzeże Pacyfiku w Ameryce Południowej i Środkowej (Ekwador, Kostaryka, Kolumbia), Amazonia (Brazylia), Kotlina Konga (Kongo), Singapur, Malezja, Indonezja
Am	Tropikalny monsunowy	Występowanie wyraźnej pory deszczowej. Krótka pora sucha. Występuje min. jeden miesiąc z opadami poniżej 60 mm. Najwyższa temperatura powietrza występuje tuż przed porą deszczową	Floryda (USA), Gujana, Surinam, wybrzeże Zatoki Gwinejskiej (Gwinea, Kamerun, Niger), południowa Tajlandia, południowa Birma, Indonezja (wyspa Jawa)
Aw lub As (zima lub lato)	Sawann	Letnia lub zimowa pora sucha (zależna od półkuli). Występują min. dwa miesiące z opadami atmosferycznymi poniżej 60 mm (latem lub zimą)	Centralna część Brazylii, Mali, Sudan Południowy, Azja Południowo-Wschodnia (Wietnam, Kambodża, Laos), północno-wschodnie wybrzeże Australii

Klimat tropikalny monsunowy (Am) występuje w strefie wpływów wiatrów sezonowych nazywanych monsunami, czyli głównie na wybrzeżu Zatoki Gwinejskiej, w Azji Południowo-Wschodniej czy też na wybrzeżu Oceanu Spokojnego zarówno w Ameryce Południowej, jak i Australii. Monsuny zmieniają kierunek wiania w ciągu roku, w porze letniej wiatr wieje znad morza w kierunku lądu, przynosząc wilgoć, natomiast w porze zimowej (suchej) od lądu w kierunku morza. Suma opadów atmosferycznych w ciągu roku jest większa niż w klimacie tropikalnym lasów deszczowych, ale opady występują najczęściej w ciągu 7–9 miesięcy w roku, a w pozostałych miesiącach ich wartość jest bardzo niska. Taka dysproporcja w rocznym rozkładzie opadów atmosferycznych, jak i sama wartość opadu, przekraczająca nierzadko 2000 mm w ciągu roku, prowadzi do częstego występowania podtopień oraz powodzi.

Typ klimatów tropikalnych sawann (Aw lub As) występuje bliżej zwrotników Raka i Koziorożca, zazwyczaj na szerokości geograficznej 15–25°, czyli głównie w Afryce, Azji Południowej, północnej Australii czy środkowej Brazylii. Charakteryzuje się wydłużoną porą suchą oraz wyraźnie niższą roczną sumą opadów w porównaniu do klimatu lasów deszczowych i klimatu monsunowego. W klimacie sawann wyróżnia się dwie pory roku: suchą i deszczową.

W warunkach klimatu tropikalnego (A) rozwinęły się dwa główne typy roślinności: tropikalne lasy deszczowe (rysunek 7.2) oraz sawanna, formacja roślinna z dominacją gatunków trawiastych oraz występowaniem pojedynczych drzew.



Rysunek 7.2. Tropikalny las deszczowy Daintree w Queensland, Australia (fot. Agnieszka Sosnowska, 2025)

Tropikalne lasy deszczowe są bardzo zróżnicowane nie tylko w skali świata, ale nawet jednego regionu. Do tej formacji roślinnej zalicza się: tropikalne lasy suche, tropikalne lasy nizinne, tropikalne lasy wilgotne górskie, tropikalne lasy zalewowe i bagienne oraz lasy namorzynowe (lasy mangrowe). Na swoisty charakter tych lasów największy wpływ ma oczywiście klimat, ale w dalszej kolejności również wysokość nad poziomem morza, cechy pokrywy glebowej oraz głębokość wód gruntowych. Lasy te odznaczają się dominacją drzew liściastych, mających często duże liście, zimozielonych lub częściowo zimozielonych (w porze suchej mogących ulegać przebarwieniu albo wręcz tracących liście). Ich bogactwo gatunkowe jest ogromne, a sam biom uważany jest za najbardziej różnorodny na świecie. W drzewostanie dominują mahoniowce, hebanowce, kauczukowce, figowce oraz palmy.

W lesie deszczowym można wyróżnić pięć warstw. Najwyższą stanowią drzewa wyrastające ponad pozostałe, mające bezpośredni dostęp do światła. Jest to warstwa z największymi i najszerszymi drzewami, których wysokość dochodzi do 50 m. Poniżej znajduje się środkowa warstwa drzew, osiągających 30–40 m wysokości. Roślinność ta jest stosunkowo zwarta, drzewa konkurują o światło, więc są zazwyczaj smukłe. Najniższą warstwę drzew stanowią młode osobniki, które rosną w bardzo dużym zwarciu i osiągają zwykle 5–10 m. Czwarta warstwa to młode drzewa i krzewy, które rosną pod koronami drzew. Najniższą warstwę stanowią rośliny zielne – jest to tak zwane dno lasu, które ze względu na ograniczoną ilość promieniowania słonecznego miejscami pozbawione jest roślinności. Tam, gdzie roślinność występuje, rosną głównie mchy, widłaki i paprocie. W lasach deszczowych poza drzewami występują licznie również epifity oraz liany, które rosną bardzo szybko, a długość ich pędów nierzadko przekracza 100 m. Epifity zasiedlają konary, rozwidlenia pni i spękania kory, zalicza się do nich bromeliowate i storczykowate, ale również gatunki porostów, glonów czy mszaków.

Szczególnym i bardzo istotnym zbiorowiskiem w obrębie lasów tropikalnych są lasy namorzynowe (rysunek 7.3), które występują na wybrzeżu lub w estuariach rzek. Tworzą je gatunki drzew i krzewów liściastych o różnych wysokościach i różnym zwarciu. Rośliny te mają szczudłowate korzenie przybyszowe pełniące funkcję stabilizującą oraz korzenie oddechowe (pneumatofory). Lasy namorzynowe występują w strefie pływów i pełnią funkcję ochronną dla wybrzeża, na przykład przed wysokimi falami wywołanymi przez tsunami lub huragany. Rola ta została szczególnie uwypuklona w trakcie tsunami na Ocenie Indyjskim w 2004 roku. Lasy zadziałały jak bariera, pochłaniając energię fali i ograniczając dzięki temu zniszczenia oraz ofiary śmiertelne. Niestety tempo ich zaniku jest nadal bardzo duże, co wynika z intensywnego zagospodarowywania wybrzeży, tworzenia farm krewetkowych i plantacji palm olejowych. Lasy namorzynowe zajmują na świecie niespełna 150 tys. km^2, głównie w Indonezji, Brazylii czy Australii, ale szacuje się, że w ciągu ostatnich 30 lat ubyło ich ponad 35 tys. km^2.

Do głównych zagrożeń dla tropikalnych lasów deszczowych zalicza się wylesianie, pożary oraz zmiany klimatu. Wylesianie spowodowane jest przede wszystkim rozwojem rolnictwa i potrzebą pozyskiwania nowych terenów pod uprawę, w dużej mierze palm olejowych, oraz wypas zwierząt. Inną przyczyną jest rozwój przemysłu, głównie wydobywczego, oraz rozwój infrastruktury. Pożary występujące w lasach deszczowych stosunkowo często wywoływane są celowo, ponieważ pozwalają szybko oczyścić powierzchnię, np. pod wypas. Zmiany klimatu objawiają się przede wszystkim wyższymi temperaturami powietrza oraz zmienionym rozkładem opadów w ciągu roku. W wielu miejscach odnotowuje się niższe niż wcześniej sumy rocznych opadów atmosferycznych, co wpływa na występowanie susz i tym samym pogarsza kondycję lasów.

Skutkiem jest m.in. utrata bioróżnorodności, dotyczy to szczególnie wielu gatunków endemicznych, zamieszkujących tylko obszary lasów tropikalnych. Wycinka lasów ma również negatywny wpływ na cykl wodny, przede wszystkim poprzez przyśpieszenie infiltracji i odpływu wody z powierzchni gleby. Biorąc pod uwagę fakt, że lasy te wykształciły się na ubogich, kwaśnych i nasyconych wodą glebach laterytowych, pozbawienie ich naturalnej osłony wpływa na wzrost intensywności ługowania gleb z substancji mineralnych oraz intensyfikuje procesy erozji wodnej. Istotnym skutkiem wycinania lasów deszczowych jest również wzrost emisji dwutlenku węgla, który prowadzi do zwiększania efektu cieplarnianego i dalszych zmian klimatu.



Rysunek 7.3. Lasy namorzynowe w Darwin, Australia (fot. Agnieszka Sosnowska, 2025)

W klimacie sawann dominują zbiorowiska trawiaste z udziałem drzew i krzewów, które rosną w dużych odstępach. Korony drzew nie tworzą dzięki temu zwartej kopuły i do powierzchni ziemi dociera wystarczająca ilość światła przyczyniająca się do rozwoju nieprzerwanej warstwy roślinności zielnej, głównie traw. Formacja ta nazywana jest sawanną (rysunek 7.4).

Wyróżnia się najczęściej trzy rodzaje sawann: drzewiastą, z rozrzuconymi drzewami i krzewami; krzewiastą z rozproszonymi krzewami oraz trawiastą, gdzie drzewa i krzewy praktycznie nie są obecne i dominują trawy, np. afrykańska

trawa słoniowa. Podział ten jest konsekwencją różnicy długości trwania pory suchej – im dłuższa, tym mniejszy udział drzew i krzewów, a większy traw. Ze względu na trwanie pory suchej, w czasie której w zasadzie nie występują opady atmosferyczne, ten typ zbiorowiska roślinnego w dużej mierze porastają pirofity, czyli gatunki odporne na działanie ognia. Do gatunków występujących na sawannie zalicza się baobaby, akacje i drzewa butelkowe (pachiry i brachychitony) mające zdolność gromadzenia wody w pniu, dzięki czemu mogą bez problemu przetrwać porę suchą. W wielu miejscach świata sawanny wykorzystywane są jako naturalne pastwiska. Jest to też miejsce życia dużych roślinożernych ssaków, które przemierzają sawannę stadami (zebry, żyrafy, antylopy).



Rysunek 7.4. Sawanna w parku narodowym Horton Plains na Sri Lance
(fot. Agnieszka Sosnowska, 2020)

Do głównych zagrożeń sawann zalicza się zmiany klimatyczne, przede wszystkim wzrost średnich temperatur powietrza przyczyniający się do wydłużania pory suchej, pożary, które bardzo często są wzniecane przez ludzi i w niekontrolowany sposób rozprzestrzeniają się na dużych obszarach, ekspansję inwazyjnych gatunków wprowadzanych przez człowieka, głównie traw, które mają zwiększyć wydajność produkcyjną pastwisk, oraz taką działalność ludzi jak rozwój rolnictwa, urbanizacja oraz przemysł, głównie wydobywczy.

Projektując zieloną infrastrukturę w strefach klimatu tropikalnego, należy wziąć pod uwagę następujące czynniki:

- wysokie temperatury powietrza przez cały rok,
- wysokie opady atmosferyczne i ich zmienność w ciągu roku,
- ochronę przeciwpowodziową,
- ochładzanie powierzchni,
- ochronę wybitnej różnorodności biologicznej.

7.4. CHARAKTERYSTYKA TYPÓW KLIMATU SUCHEGO (B)

Strefa klimatu suchego występuje na szerokości geograficznej od 20 do 35°, zarówno na północ, jak i południe od równika. Dodatkowo rozciąga się na znacznych obszarach położonych w głębi kontynentów (np. Azji czy Ameryki Północnej), gdzie nie docierają wilgotne masy powietrza. Podstawowymi cechami klimatu w tej strefie jest przewaga potencjalnego parowania i transpiracji nad opadami atmosferycznymi oraz występowanie średniej rocznej temperatury powietrza powyżej 18°C. Strefę tę dzieli się na cztery typy klimatów w zależności od rozkładu temperatury powietrza w ciągu roku (tabela 7.2).

Gorący klimat pustynny (BWh) występuje zazwyczaj w niższych szerokościach geograficznych, pomiędzy 20° a 33° szerokości geograficznej północnej i południowej. W okolicach zwrotników Raka i Koziorożca następuje stabilne opadanie powietrza atmosferycznego, a wraz z nim tworzenie się stałych wyżowych ośrodków barycznych. Wpływa to na powstawanie gorących i suchych warunków klimatycznych z intensywnym nasłonecznieniem. Z tego względu gorący klimat pustynny występuje na wszystkich kontynentach z wyjątkiem Antarktydy. W okresie letnim bardzo wysokie nasłonecznie wpływa na wysokie temperatury, wynoszące zazwyczaj 29–35°C, a w południe sięgające często 43–46°C. Rekordowe temperatur na Ziemi przekraczają 50°C, a za najgorętsze miejsce na świecie uznaje się Dolinę Śmierci w Kalifornii, gdzie odnotowano rekordowe 56,7°C. W chłodniejszych porach roku temperatury powietrza mogą spaść w nocy do 0°C lub nawet mniej, przyczyną tego zjawiska jest wyjątkowo wysoka utrata promieniowania pod bezchmurnym niebem.

Zimny klimat pustynny (BWk) występuje zazwyczaj w strefach umiarkowanych na szerokości geograficznej 30–40°C. Odznacza się gorącymi (w niektórych przypadkach ciepłymi) i suchymi latami oraz zazwyczaj mroźnymi i suchymi zimami. Na obszarach o tym klimacie śnieg pada bardzo rzadko. Zimny klimat pustynny występuje zazwyczaj na wyższych szerokościach geograficznych niż gorący klimat pustynny i jest on zazwyczaj bardziej suchy, co jest konsekwencją położenia w cieniu opadowym.

Tabela 7.2. Typy klimatów występujących w strefie klimatów suchych (opracowanie własne na podstawie Peel i in., 2007; Beck i in., 2023; Arnfield, 2026)

Symbol	Typ	Cechy	Przykładowe występowanie
BWh	Gorący klimat pustynny	Klimat suchy, średnie parowanie przewyższa opady, ale jest mniejsze niż połowa potencjalnego parowania. Średnia temperatura wynosi ponad 18°C. Mróz nie występuje lub występuje bardzo rzadko	Niskie szerokości geograficzne: północny Meksyk, Sahara, Półwysep Somalijski, Namibia, Półwysep Arabski, południowy Iran, południowy Pakistan, środkowa Australia
BWk	Zimny klimat pustynny	Klimat suchy, średnie parowanie przewyższa opady, ale jest mniejsze niż połowa potencjalnego parowania. Średnia temperatura wynosi poniżej 18°C. Zimą temperatury powietrza spadają poniżej 0°C	Średnie szerokości geograficzne: południowa Argentyna, płaskowyże w obrębie Kordylierów w Ameryce Płn., środkowy i południowy Kazachstan, Uzbekistan, południowa Mongolia, północno-zachodnie Chiny
BSh	Ciepły klimat stepów	Klimat suchy, średnie parowanie przewyższa opady, ale jest mniejsze niż parowanie potencjalne. Średnia temperatura wynosi ponad 18°C	Niska szerokość geograficzna: północno-wschodnia Australia, północno-wschodni Meksyk, północna Argentyna, Botswana, Zimbabwe, środkowa część Indii
BSk	Zimny klimat stepów	Klimat suchy, średnie parowanie przewyższa opady, ale jest mniejsze niż parowanie potencjalne. Średnia temperatura wynosi poniżej 18°C	Średnie szerokości geograficzne: środkowa część Stanów Zjednoczonych, środkowa Hiszpania, środkowa Turcja, południowa Ukraina, północny Kazachstan, południowa Australia

Ze względu na bardzo niskie sumy opadów atmosferycznych w strefie klimatów suchych rozwinęła się roślinność pozbawiona drzew. Są to najczęściej niskie, kolczaste lub krzaczaste zbiorowiska roślinne z dominacją trawy lub krzewów.

Znaczne powierzchnie są zupełnie pozbawione pokrywy roślinnej. W warunkach suchych klimatów stepów rozwinęła się formacja roślinna nazywana step, natomiast w warunkach suchych klimatów pustynnych – pustynie i półpustynie.

Step jest wielogatunkową formacją roślinną, w której największą rolę odgrywają trawy. Wyróżnia się trzy typy stepów w zależności od dominujących gatunków: łąkowe, ostnicowe i piołunowe. Stepy łąkowe są najbogatsze pod względem gatunkowym, rosną w nich najczęściej wysokie trawy, dochodzące nawet do 120 cm. Pod taką roślinnością utworzyły się najżyźniejsze gleby świata, czyli czarnoziemy, które charakteryzują się miąższym poziomem próchniczym (nierzadko przekraczającym 1 m). Ze względu na żyzność gleb są to tereny głównie rolnicze, na których zachowało się niewiele naturalnych fragmentów stepów łąkowych. Drugim typem, uboższym gatunkowo, są stepy ostnicowe (rysunek 7.5) występujące w miejscach suchszych niż stepy łąkowe. Ponieważ pod tym zbiorowiskiem roślinnym wykształciły się gleby mniej żyzne, są one najczęściej wykorzystywane jako pastwiska. Trzecim typem jest step piołunowy, najuboższy gatunkowo. Gleby występujące w podłożu nie nadają się do użytkowania rolniczego, są ubogie i często zasolone. Step piołunowy odznacza się także najmniejszym zwarciem roślinności. Trawy i byliny rozwijają się wczesną wiosną, kwitnienie na półkuli północnej przypada na kwiecień–maj, a w okresie letnim (lipiec–sierpień) roślinny zaczynają żółknąć i wysychają, co jest konsekwencją małej ilości opadów atmosferycznych oraz wysokich temperatur powietrza. W miejscach wilgotniejszych trawy są gęste i wysokie (niekiedy na ponad 2 m), znaczny udział mają rośliny zielne, a w wąwozach czy też dolinach rzek występują rosnące w niewielkim zwarciu drzewa. Na terenach suchszych trawy są niższe i rosną kępami.



Rysunek 7.5. Step ostnicowy we wschodniej Turcji (fot. Agnieszka Sosnowska, 2023)

Formacja roślinna pustyń (rysunek 7.6) jest zdominowana przez organizmy kseromorficzne (przystosowane do warunków skrajnie suchych), przede wszystkim sukulenty, suchorośla lub kserofityczne trawy. Miejscami występują również efemerydy, które kwitną w momencie wystąpienia opadów atmosferycznych lub wilgoci pochodzącej z mgły. Zwartość roślinności na terenach pustynnych jest nieduża, dochodzi do 60%. Gatunki roślin występujące w warunkach suchego klimatu pustyń dostosowane są do wysokich temperatur powietrza oraz niskich opadów atmosferycznych (bądź ich braku) głównie dzięki wykształceniu niewielkiej powierzchni transpiracyjnej, często o funkcjach ochronnych. Z tego względu roślinność jest stosunkowo niska, ma niewielkie liście, zdrewniałe łodygi i gałęzie zakończone kolcami.

Ze względu na często występujące żyzne gleby użytkowane rolniczo stepy, podobnie jak obszary pustynne, są w dużym stopniu zagrożone erozją wodną i wiatrową. Pozbawiona zwartej pokrywy roślinnej oraz wilgoci gleba, szczególnie lessowa bądź gliniasta, jest dosyć łatwo wywiewana. Prowadzi to do jej zubożenia, szczególnie powstawania próchnicy lub całkowitego usunięcia cienkiej warstwy gleby pustynnej. Istotnym problemem są burze pyłowe, które występują zarówno na pustyni, jak i na pozbawionym roślinności stepie.

W latach trzydziestych XX wieku na obszarze Wielkich Równin w Stanach Zjednoczonych Ameryki Płn. wystąpiła wieloletnia susza, poprzedzona intensywnym rozwojem rolnictwa na terenach prerii (stepy północnoamerykańskie), która doprowadziła do katastrofy ekologicznej polegającej przede wszystkim na erozji gleb oraz przemieszczaniu się w powietrzu dużej ilości uniesionego materiału pyłowego. Katastrofa ta nazwana została Dust Bowl, od tzw. dusterów – burz pyłowych, których dziesiątki przemieszczały się nad Wielkimi Równinami. Wywołał ją przede wszystkim szybki wzrost powierzchni pozbawionej naturalnej ochrony w postaci roślinności trawiastej. Głęboka orka, brak płodozmianu oraz intensywny wypas zwierząt poprzedzony długotrwałą suszą doprowadziły do wywiania wierzchniej żyznej warstwy gleby z powierzchni ponad 100 mln ha. Apogeum nastąpiło w tzw. Czarną Niedzielę, 14 kwietnia 1935 r., kiedy chmura pyłów przemieszczała się z prędkością 100 km/h i dotarła aż do Kanady oraz na wybrzeże Oceanu Atlantyckiego. Władze Stanów Zjednoczonych wprowadziły wówczas ustawę o ochronie ziemi oraz zorganizowały szereg szkoleń dla rolników. Dust Bowl zbiegł się dodatkowo z wielkim kryzysem ekonomicznym, co wywołało ogromny exodus ludności z terenów objętych katastrofą. Dopiero w 1938 roku rozpoczęły się intensywne opady deszczów, które zakończyły erę burz pyłowych, ale znaczne powierzchnie Wielkich Równin nadal pozbawione są zwartej roślinności stepowej.

Zmieniający się klimat prowadzi również do wzrostu częstotliwości krótkotrwałych opadów nawalnych, które występują punktowo w strefie klimatów suchych. Duża ilość wody docierająca na powierzchnię odsłoniętej gleby intensyfikuje erozję

wodną, w wyniku czego materiał skalny jest przenoszony grawitacyjnie zgodnie ze spadkiem terenu i może prowadzić do uruchomienia wielkoskalowych ruchów masowych, takich jak osuwiska czy spływy gruzowo-błotne.



Rysunek 7.6. Pustynia Wadi Rum w Jordanii (fot. Agnieszka Sosnowska, 2023)

Projektując zieloną infrastrukturę w strefach klimatu suchego, należy wziąć pod uwagę następujące czynniki:

- ograniczoną dostępność wody,
- odporność na suszę,
- zapewnienie cienia,
- ograniczanie erozji (wzmożonego pylenia z gruntu).

7.5. CHARAKTERYSTYKA TYPÓW KLIMATU UMIARKOWANEGO CIEPŁEGO (C)

Strefa klimatów umiarkowanych ciepłych (C) rozciąga się pomiędzy 30 a 50° szerokości geograficznej północnej i południowej. Występuje głównie w zachodnich i wschodnich częściach większości kontynentów. Klimat tej strefy cechują ciepłe i wilgotne lata oraz łagodne zimy. Dominującym zjawiskiem pogodowym w okresie zimowym są cyklony średnich szerokości geograficznych, natomiast w miesiącach letnich dominują burze konwekcyjne.

Cechą charakterystyczną tej strefy jest występowanie w najzimniejszym miesiącu średniej temperatury powyżej −3°C (lub 0°C), ale poniżej 18°C. Z kolei w najcieplejszym miesiącu średnia temperatura powietrza wynosi powyżej 10°C.

Strefa klimatów umiarkowanych ciepłych (C) jest bardzo zróżnicowana pod względem warunków temperaturowych oraz opadów atmosferycznych, z tego względu dzieli się ją na osiem typów (tabela 7.3).

W wilgotnym klimacie subtropikalnym (Cfa) lata są zazwyczaj długie, gorące i bardzo wilgotne. W okresie znacznego nasłonecznienia dominuje prąd powietrza tropikalnego, który przynosi praktycznie codziennie intensywne, ale krótkotrwałe opady konwekcyjne. Średnie miesięczne temperatury w zimie są zazwyczaj łagodne. Opady atmosferyczne osiągają szczyt latem, występują wówczas często burze, co wynika z intensywnego nagrzewania się powierzchni. W tym typie klimatu występują również cyklony tropikalne. Zima jest zazwyczaj porą bardziej suchą.

Tabela 7.3. Typy klimatów występujących w strefie umiarkowanej ciepłej (opracowanie własne na podstawie Peel i in., 2007; Beck i in., 2023; Arnfield, 2026)

Symbol	Typ	Cechy	Przykładowe występowanie
Cfa	Wilgotny subtropikalny	Najzimniejszy miesiąc ze średnią temperaturą powyżej 0°C lub −3°C. Co najmniej jeden miesiąc ze średnią temperaturą powyżej 22°C i co najmniej cztery miesiące ze średnią temperaturą powyżej 10°C. Brak znaczących różnic w opadach między porami roku	Południowo-wschodnie wybrzeże Stanów Zjednoczonych, wschodnia Argentyna, południowa Brazylia, północne Włochy, południowo-wschodnie Chiny, wschodnia Australia
Cfb	Oceaniczny umiarkowany lub subtropikalny wyżynny	Najzimniejszy miesiąc ze średnią temperaturą powyżej 0°C lub −3°C. Wszystkie miesiące ze średnią temperaturą poniżej 22°C i co najmniej cztery miesiące ze średnią temperaturą powyżej 10°C. Brak znaczących różnic w opadach między porami roku	Północna Francja, Wielka Brytania, Belgia, Holandia, zachodnie Niemcy, obszary wyżynne Kolumbii, Chile i Argentyny, południowo-wschodnia Australia, Nowa Zelandia

Tabela 7.3. Typy klimatów występujących w strefie umiarkowanej ciepłej (opracowanie własne na podstawie Peel i in., 2007; Beck i in., 2023; Arnfield, 2026) (cd.)

Symbol	Typ	Cechy	Przykładowe występowanie
Cfc	Oceaniczny subpolarny	Najzimniejszy miesiąc ze średnią temperaturą powyżej 0°C lub −3°C oraz 1–3 miesiące ze średnią temperaturą powyżej 10°C. Brak znaczących różnic w opadach między porami roku	Wybrzeże Islandii, wybrzeże Norwegii, zachodnie wybrzeże Kanady, południowe Chile i południowa Argentyna
Cwa	Subtropikalny wilgotny pod wpływem monsunów	Najzimniejszy miesiąc ze średnią temperaturą powyżej 0°C lub −3°C. Co najmniej jeden miesiąc ze średnią temperaturą powyżej 22°C oraz co najmniej cztery miesiące ze średnią temperaturą powyżej 10°C. Co najmniej dziesięciokrotnie większa ilość opadów w najwilgotniejszym miesiącu lata niż w najsuchszym miesiącu zimy	Północne Indie, Bangladesz, Mjanma, północny Wietnam, północny Meksyk, zachodnia Argentyna, południowa Angola, zachodnia Zambia
Cwb	Subtropikalny górski lub oceaniczny umiarkowany pod wpływem monsunów	Najzimniejszy miesiąc ze średnią temperaturą powyżej 0°C lub −3°C. Wszystkie miesiące ze średnią temperaturą poniżej 22°C oraz co najmniej cztery miesiące ze średnią temperaturą powyżej 10°C. Co najmniej dziesięciokrotnie większa ilość opadów w najwilgotniejszym miesiącu lata niż w najsuchszym miesiącu zimy	Wschodnie podnóże Andów w Boliwii, Peru i Argentynie, środkowy Meksyk, wschodni Madagaskar, południowo-wschodnia Republika Południowej Afryki, Syczuan w Chinach, Nepal
Cwc	Zimny subtropikalny wyżynny lub oceaniczny subpolarny pod wpływem monsunów	Najzimniejszy miesiąc ze średnią temperaturą powyżej 0°C lub −3°C oraz 1–3 miesiące ze średnią temperaturą powyżej 10°C. Co najmniej dziesięciokrotnie większa ilość opadów w najwilgotniejszym miesiącu lata niż w najsuchszym miesiącu zimy	Południowo-wschodni Meksyk, północno-wschodnia Republika Południowej Afryki, góry Atlas Wysoki, góry południowej Europy, południowe Appalachy, Ghaty Zachodnie w Indiach

Tabela 7.3. Typy klimatów występujących w strefie umiarkowanej ciepłej (opracowanie własne na podstawie Peel i in., 2007; Beck i in., 2023; Arnfield, 2026) (cd.)

Symbol	Typ	Cechy	Przykładowe występowanie
Csa	Śródziemnomorski typowy	Gorące lato. Najzimniejszy miesiąc ze średnią temperaturą powyżej 0°C lub −3°C. Co najmniej jeden miesiąc ze średnią temperaturą powyżej 22°C oraz co najmniej cztery miesiące ze średnią temperaturą powyżej 10°C. Co najmniej trzykrotnie większe opady w najwilgotniejszym miesiącu zimy niż w najsuchszym miesiącu lata, a najsuchszy miesiąc lata ma mniej niż 40 mm opadów	Basen Morza Śródziemnego (południowa Hiszpania, południowe Włochy, Albania, Grecja), zachodnia Turcja, Liban, Izrael, północna Algiera, północne Maroko, Kalifornia, południowo-zachodnia Australia
Csb	Śródziemnomorski ciepły	Najzimniejszy miesiąc ze średnią temperaturą powyżej 0°C lub −3°C. Wszystkie miesiące ze średnią temperaturą poniżej 22°C oraz co najmniej cztery miesiące ze średnią temperaturą powyżej 10°C. Co najmniej trzykrotnie większe opady w najwilgotniejszym miesiącu zimy niż w najsuchszym miesiącu lata, a najsuchszy miesiąc lata ma mniej niż 40 mm opadów	Północno-zachodnie wybrzeże Stanów Zjednoczonych, środkowa część wybrzeża Chile, północna Portugalia, północno-zachodnia Hiszpania, południowo-wschodnia Australia
Csc	Śródziemnomorski z chłodnym latem	Najzimniejszy miesiąc ze średnią temperaturą powyżej 0°C lub −3°C oraz 1–3 miesiące ze średnią temperaturą powyżej 10°C. Co najmniej trzykrotnie większe opady w najwilgotniejszym miesiącu zimy niż w najsuchszym miesiącu lata, a najsuchszy miesiąc lata ma mniej niż 40 mm opadów	Fragmenty pasm górskich znajdujących się w środkowych Kordylierach, środkowa część Andów, Korsyka

Klimat oceaniczny umiarkowany lub subtropikalny wyżynny (Cfb) występuje przede wszystkim na zachodnich wybrzeżach kontynentów położonych w wyższych średnich szerokościach geograficznych. Charakteryzuje się ciepłymi latami oraz chłodnymi lub łagodnymi zimami, ze stosunkowo niewielkimi wahaniami temperatury powietrza w ciągu roku oraz niewielką liczbą temperatur ekstremalnych. Zbliżonymi pod względem parametrów klimatycznych są typy: subpolarny oceaniczny (Cfc) oraz zimny subtropikalny wyżynny i oceaniczny subpolarny pod wpływem monsunów (Cwc), które położone są zazwyczaj bliżej regionów polarnych. Zimy są długie, ale stosunkowo łagodne, a lata krótkie i chłodne. Opady śniegu są tu częstsze niż w innych klimatach oceanicznych.

Typ klimatu śródziemnomorskiego (Csa) odznacza się gorącymi, a czasem ekstremalnie gorącymi i suchymi latami. Zimy natomiast są zazwyczaj łagodne bądź chłodne lub delikatnie mroźne. W niektórych miejscach, szczególnie na terenach wyżej położonych, w okresie zimowym występują sporadyczne opady śniegu. Typ klimatu śródziemnomorskiego ciepłego występuje rzadziej i charakteryzuje się ciepłymi i suchymi latami. Natomiast typ klimatu śródziemnomorskiego z chłodnym latem (Csc) występuje bardzo rzadko i przeważnie na obszarach położonych na dużych wysokościach nad poziomem morza. Charakteryzuje się chłodnymi i suchymi latami.

Monsun to tradycyjne określenie sezonowego wiatru o zmiennym kierunku, któremu towarzyszą odpowiednie zmiany opadów atmosferycznych. Obecnie termin ten odnosi się do sezonowych zmian w cyrkulacji atmosferycznej i opadach atmosferycznych, które występują pomiędzy równikiem a granicami strefy konwergencji międzyzwrotnikowej (ITCZ) na półkuli północnej i południowej. W trakcie oscylacji wyróżnia się tam dwie pory – suchą i deszczową.

W warunkach klimatu umiarkowanego ciepłego (C) wykształciły się dwa główne typy zbiorowisk roślinnych, są to lasy liściaste zrzucające liście na zimę oraz zbiorowiska roślinności twardolistnej.

Lasy liściaste zrzucające liście na zimę występują na obszarach, gdzie okres wegetacji trwa od 4 do 6 miesięcy, a roczna suma opadów atmosferycznych przekracza 700 mm – przede wszystkim w zachodniej i środkowej Europie, wschodniej Azji oraz na wschodnim wybrzeżu Ameryki Północnej, w umiarkowanych szerokościach geograficznych. Są to stosunkowo zróżnicowane gatunkowo lasy, w których dominują drzewa liściaste tracące liście każdej zimy. Jest to jeden najbardziej rozpowszechnionych biomów na Ziemi, zajmujący prawie 10% jej powierzchni. Przykładami typowych drzew rosnących w tych lasach są na półkuli północnej dąb, klon, lipa, buk i wiąz, natomiast na półkuli południowej są to głównie bukany (*Nothofagus*).

Ponieważ warunki klimatu umiarkowanego ciepłego są bardzo zmienne w ciągu roku, drzewa wykształciły zdolność adaptacyjną w postaci utraty liści podczas

przejścia jesieni w zimę, co jest konsekwencją słabego nasłonecznienia oraz niskich średnich dobowych temperatur powietrza. Zima jest zatem dla roślin okresem spoczynku, w którym drzewa oszczędzają energię oraz zapobiegają utracie wody. Przed zimą liście zmieniają kolor na różne odcienie czerwieni, żółci i pomarańczy – przyczyną jest rozpad chlorofilu i powstawanie pigmentów antocyjanów, karotenu i ksantofilu.

Lasy liściaste zrzucające liście na zimę wykształciły się na glebach stosunkowo żyznych. Ze względu na rozkład opadających na dno lasu liści zasoby materii organicznej i składników pokarmowych są dosyć duże i są to głównie gleby brunatne (Cambisols) i płowe. Wysoka zdolność produktywna tych gleb sprawia, że są one chętnie wykorzystywane rolniczo, dlatego na wielu obszarach strefy klimatów umiarkowanych ciepłych występują grunty rolne. Szacuje się, że ponad 50% powierzchni lasów w tej strefie uległa fragmentacji na mniejsze kompleksy leśne oraz jest otoczona obszarami rolnymi i zurbanizowanymi, co utrudnia migrację zamieszkujących te lasy zwierząt i wpływa na spadek bioróżnorodności. W warunkach tego klimatu na glebach uboższych rozwinęły się lasy mieszane lub iglaste, które porastają w szczególności kwaśne gleby piaszczyste, takie jak gleby bielicowe (Podzols).

Do najbardziej rozpowszechnionych rodzajów lasów liściastych zrucających liście na zimę w Europie zalicza się buczyny (rysunek 7.7). Są to drzewostany o dużym zacienieniu, ze stosunkowo słabo rozwiniętym podszytem i runem. Dominującym gatunkiem jest w nich buk zwyczajny (*Fagus sylvatica*).

Znaczący udział w Europie Środkowej mają również grądy (*Carpinion betuli*), lasy wielogatunkowe z dużym udziałem dębu, klonu, lipy, graba i jesionu. Warstwa krzewów jest w nich dobrze rozwinięta, a runo bardzo bogate, szczególnie wiosną w tzw. aspekcie wiosennym, gdy przed pojawieniem się liści zakwitają różne gatunki geofitów.

Wzdłuż cieków wodnych występują łęgi wierzbowe, wiązowo-jesionowe lub olszowe. Są to zbiorowiska bardzo bogate w gatunki roślin, nie tylko w drzewostanie, ale również w runie i podszycie. W miejscach zabagnionych występują olsy, zbiorowiska z dominacją olchy, które mają charakterystyczną strukturę kępkowo-dolinkową. Na kępach rosną drzewa i trawy, natomiast w obniżonych częściach terenu przez większą część roku występuje woda, która może być pokryta rzęsą (rysunek 7.8).

W budowie lasów zrzucających liście na zimę wyróżnić można trzy warstwy. Drzewa stanowią najwyższą warstwę, mającą 1–3 poziomy, w których występuje kilka gatunków albo dominuje jeden, a reszta stanowi domieszkę. Drugą warstwą jest podszyt zbudowany z krzewów, a jego rozwinięcie zależy od zbiorowiska roślinnego. W runie natomiast występują byliny, niekiedy z udziałem krzewinek i mszaków. Epifity reprezentowane są tylko przez mchy i porosty.

Rysunek 7.7. Buczyna w parku narodowym Müritz, Niemcy (fot. Agnieszka Sosnowska, 2025)



Rysunek 7.8. Pokryty rzęsą wodną ols w Puszczy Kampinoskiej, Polska
(fot. Agnieszka Sosnowska, 2012)

Lasy liściaste zrzucające liście na zimę są narażone na wiele czynników zakłócających funkcjonowanie i zazwyczaj są na nie odporne. Realnym zagrożeniem są dla nich ekstremalne zjawiska pogodowe, takie jak śnieg, burze i wiatr. W wyniku ich wystąpienia drzewa mogą się łamać bądź zostać wyrwane z korzeniami. Do innych abiotycznych zaburzeń zalicza się susze, podtopienia i pożary, natomiast czynnikami biotycznymi są grzyby, a także inwazje korników czy chrząszczy. W ostatnich latach w wyniku zmian klimatycznych odnotowuje się wzrost temperatur i suszy w lasach liściastych strefy umiarkowanej.

Roślinność twardolistna występuje przede wszystkim w klimacie śródziemnomorskim typowym (Csa) i śródziemnomorskim ciepłym (Csb). Zbiorowiska europejskie położone w tych typach klimatu nazywane są makią, w Kalifornii chaparralem, a w Republice Południowej Afryki fynbosem.

Makia (rysunek 7.9) jest wtórną formacją roślinną, która rozwinęła się na terenach porośniętych dawniej przez lasy twardolistne, głównie dębowe. Ze względu na długotrwałe użytkowanie ziemi, które doprowadziło do erozji gleby, ale w dużej mierze również warunki klimatyczne, przede wszystkim gorące i suche lata, powrót naturalnych zbiorowisk roślinnych jest w tych obszarach bardzo utrudniony.

Roślinność twardolistna może rosnąć w luźnych grupach, ale także w silnym zwarciu. W wielu miejscach oprócz roślinności krzewiastej występują również niewielkie drzewa. Dominującymi roślinami są krzewy zimozielone, które mogą osiągać nawet 2,5 m wysokości. Ze względu na długotrwałą suszę w porze letniej rośliny wykazują zróżnicowane adaptacje. Dominują gatunki roślin przystosowanych do znacznej redukcji transpiracji (sklerofity), mających najczęściej niewielkie skórzaste liście oraz ciernie i kolce. Rośliny tworzą miejscami bardzo zwartą formację, przejście przez którą bywa bardzo trudne właśnie ze względu na ich twardolistność. Istotnym elementem są również wydzielane przez nie olejki eteryczne, które sprawiają, że w najgorętszym okresie roku rośliny te mogą ulec samozapłonowi.

Wiele gatunków roślin, które występują w zbiorowiskach twardolistnych, zależy od oddziaływania ognia, który pobudza przede wszystkim kiełkowanie nasion. Dodatkowo w trakcie pożaru dochodzi do doświetlenia powierzchni, co ułatwia nowym roślinom szybki wzrost i zwiększa dostępność występujących w glebie substancji odżywczych. W przeszłości pożary tych zbiorowisk roślinnych występowały się co kilkanaście–kilkadziesiąt lat i były zjawiskiem naturalnym wspierającym regenerację zbiorowisk. Jednak fragmentacja makii ze względu na rozwój zabudowy oraz zapobieganie pożarom doprowadziły do nagromadzenia się dużej ilości łatwopalnego materiału roślinnego, który w okresie najwyższych temperatur może ulec samozapłonowi, a powstające wówczas pożary są trudne do opanowania i zagrażają osadom ludzkim.



Rysunek 7.9. Makia w okolicach Aten, Grecja (fot. Agnieszka Sosnowska, 2019)

Projektując zieloną infrastrukturę w strefach klimatu umiarkowanego, należy wziąć pod uwagę następujące czynniki:

- sezonową zmienność,
- duże zróżnicowanie warunków w obrębie strefy,
- ekstremalne zjawiska pogodowe.

7.6. CHARAKTERYSTYKA TYPÓW KLIMATU KONTYNENTALNEGO (D)

Klimaty kontynentalne (D) charakteryzują się średnią temperaturą powietrza w najcieplejszym miesiącu powyżej 10°C, a w miesiącu najzimniejszym poniżej –3°C. Lato i zima wyraźnie się tu różnią. Klimaty kontynentalne występują na zbliżonych szerokościach geograficznych do klimatów umiarkowanych ciepłych (C), ale na terenach położonych dalej od wybrzeża, dokąd wilgotne masy powietrza docierają rzadziej. Na półkuli południowej ze względu na ograniczoną przestrzeń lądową praktycznie nie występują.

W obrębie klimatów kontynentalnych wyróżnia się trzy typy: kontynentalny wilgotny (Df), subarktyczny z opadem w okresie lata (Dw) i subarktyczny z opadem w okresie zimy (Ds). Typy te podzielono na łącznie dwanaście podtypów, które różnicuje temperatura powietrza w najcieplejszym miesiącu. Są to klimaty z latem: gorącym, ciepłym, chłodnym i wybitnie chłodnym (wybitnie kontynentalne). Właściwości poszczególnych podtypów przedstawiono w tabeli 7.4.

Tabela 7.4. Typy klimatów występujących w strefie kontynentalnej (opracowanie własne na podstawie Peel i in., 2007; Beck i in., 2023; Arnfield, 2026)

Symbol	Typ	Cechy	Przykładowe występowanie
Dfa	Kontynentalny wilgotny z gorącym latem	Najzimniejszy miesiąc ze średnią temperaturą powietrza poniżej 0°C lub −3°C, co najmniej jeden miesiąc ze średnią temperaturą powyżej 22°C i co najmniej cztery miesiące ze średnią temperaturą powyżej 10°C. Brak znaczących różnic w opadach między porami roku	Północno-wschodnia część Stanów Zjednoczonych, wschodnie Węgry, południowa Rumunia, wschodnia Ukraina, Zakaukazie, środkowa Japonia
Dfb	Kontynentalny wilgotny z ciepłym latem	Najzimniejszy miesiąc ze średnią temperaturą powietrza poniżej 0°C lub −3°C, wszystkie miesiące ze średnią temperaturą poniżej 22°C, co najmniej cztery miesiące ze średnią temperaturą powyżej 10°C. Brak znaczących różnic w opadach między porami roku	Południowa i południowo-wschodnia Kanada, Polska, Czechy, południowa Szwecja, Białoruś, Litwa, Łotwa, zachodnia i centralna Ukraina, zachodnia Rosja
Dfc	Kontynentalny wilgotny z chłodnym latem	Najzimniejszy miesiąc ze średnią temperaturą powietrza poniżej 0°C lub −3°C, 1–3 miesiące ze średnią temperaturą powyżej 10°C. Brak znaczących różnic w opadach między porami roku	Północna Kanada, północna Skandynawia, północna Rosja (w tym Syberia)
Dfd	Wybitnie kontynentalny wilgotny	Najzimniejszy miesiąc ze średnią temperaturą poniżej −38°C i 1–3 miesiące ze średnią temperaturą powyżej 10°C. Brak znaczących różnic w opadach między porami roku	Wschodnia Syberia

Tabela 7.4. Typy klimatów występujących w strefie kontynentalnej (opracowanie własne na podstawie Peel i in., 2007; Beck i in., 2023; Arnfield, 2026) (cd.)

Symbol	Typ	Cechy	Przykładowe występowanie
Dwa lub Dsa	Kontynentalny subarktyczny z gorącym latem i opadami latem (Dw) lub zimą (Ds)	Najzimniejszy miesiąc ze średnią temperaturą powietrza poniżej 0°C lub −3°C, co najmniej jeden miesiąc ze średnią temperaturą powyżej 22°C i co najmniej cztery miesiące ze średnią temperaturą powyżej 10°C. Co najmniej dziesięciokrotnie większa ilość opadów w najwilgotniejszym miesiącu lata niż w najsuchszym miesiącu zimy (Dwa) lub opady w najwilgotniejszym miesiącu zimy są co najmniej trzykrotnie większe niż w najsuchszym miesiącu lata, a w najsuchszym miesiącu lata wynoszą mniej niż 30 mm (Dsa)	Północno-wschodnie Chiny, Korea Północna, Korea Południowa
Dwb lub Dsb	Kontynentalny subarktyczny z ciepłym latem i opadami latem (Dw) lub zimą (Ds)	Najzimniejszy miesiąc ze średnią temperaturą powietrza poniżej 0°C lub 1–3 miesiące ze średnią temperaturą powyżej 10°C. Co najmniej dziesięciokrotnie większa ilość opadów w najwilgotniejszym miesiącu lata niż w najsuchszym miesiącu zimy (Dwb) lub opady w najwilgotniejszym miesiącu zimy są co najmniej trzykrotnie większe niż w najsuchszym miesiącu lata, a w najsuchszym miesiącu lata wynoszą mniej niż 30 mm (Dsb)	Kraj Nadmorski na południowym wschodzie Rosji

Tabela 7.4. Typy klimatów występujących w strefie kontynentalnej (opracowanie własne na podstawie Peel i in., 2007; Beck i in., 2023; Arnfield, 2026) (cd.)

Symbol	Typ	Cechy	Przykładowe występowanie
Dwc lub Dsc	Kontynentalny subarktyczny z chłodnym latem i opadami latem (Dw) lub zimą (Ds)	Najzimniejszy miesiąc ze średnią temperaturą powietrza poniżej 0°C lub –3°C i 1–3 miesiące ze średnią temperaturą powyżej 10°C. W najwilgotniejszym miesiącu lata opady deszczu są co najmniej dziesięciokrotnie większe niż w najsuchszym miesiącu zimy (Dwc) lub opady w najwilgotniejszym miesiącu zimy są co najmniej trzykrotnie większe niż w najsuchszym miesiącu lata, a w najsuchszym miesiącu lata wynoszą mniej niż 30 mm (Dsc)	Południowa część półwyspu Alaska, północna Mongolia, południowo-wschodnia Rosja, zachodnia część Chin
Dwd lub Dsd	Kontynentalny subarktyczny wybitnie zimny z opadami latem (Dw) lub zimą (Ds)	Najzimniejszy miesiąc ze średnią temperaturą powietrza poniżej –38°C oraz 1–3 miesiące ze średnią temperaturą powyżej 10°C. W najwilgotniejszym miesiącu lata opady deszczu są co najmniej dziesięciokrotnie większe niż w najsuchszym miesiącu zimy (Dwd) lub w najwilgotniejszym miesiącu zimy opady są co najmniej trzykrotnie większe niż w najsuchszym miesiącu lata, a w najsuchszym miesiącu lata wynoszą mniej niż 30 mm (Dsc)	Daleki Wschód Rosji

Klimat kontynentalny wilgotny (Df) charakteryzujący się czterema porami roku oraz dużymi sezonowymi różnicami temperatur powietrza, z ciepłymi do gorących (i często wilgotnymi) latami oraz zimnymi (czasami bardzo zimnymi w rejonach północnych) i śnieżnymi zimami. Opady występują zwykle przez cały rok. Klimat kontynentalny subarktyczny charakteryzuje się natomiast długimi, przenikliwie zimnymi okresami z krótkimi, bezchmurnymi dniami oraz stosunkowo niewielkimi opadami (głównie w postaci śniegu) i niską wilgotnością. Średnie miesięczne temperatury utrzymują się poniżej 0°C przez sześć do ośmiu miesięcy, średni okres bezmrozowy wynosi zaledwie 50–90 dni w roku, a śnieg zalega na ziemi przez wiele miesięcy. Lata są krótkie i łagodne, z długimi dniami. W warunkach klimatu kontynentalnego subarktycznego odnotowuje się najwyższe na świecie roczne amplitudy temperatur powietrza, które sięgają 30°C na większości obszaru oraz ponad 60°C w centralnej części rosyjskiej Syberii.

W warunkach klimatu kontynentalnego wybitnie zimnego położona jest miejscowość Tomtor (wschodnia Syberia), w której odnotowano w styczniu 2004 r. rekordowo niską temperaturę powietrza: –72,2°C. Wcześniejszy rekord należał do położonego ok. 40 km na północny zachód Ojmiakonu, gdzie w styczniu 1926 r. zarejestrowano –71,2°C. W Ojmiakonie odnotowano również największą roczną amplitudę temperatur: 104°, gdyż latem najwyższą temperaturą powietrza było 33°C.

W strefie klimatu kontynentalnego występują zarówno lasy liściaste zrzucające liście na zimę, jak i lasy mieszane oraz lasy iglaste. Lasy liściaste zrzucające liście na zimę oraz lasy mieszane są charakterystyczne dla najcieplejszych i najwilgotniejszych typów klimatów tej strefy, czyli klimatów Dfa i Dfb. Lasy iglaste, nazywane tajgą lub lasem borealnym, występują natomiast w chłodniejszych i suchszych typach.

Tajga (rysunek 7.10) występuje tylko na półkuli północnej, przede wszystkim na Syberii (Rosja), w Mandżurii (północno-wschodnie Chiny), na Alasce, w Kanadzie oraz na północy Skandynawii, gdzie występują krótkie i ciepłe lato oraz długa, mroźna i śnieżna zima. W podłożu jest wieczna zmarzlina, która latem rozmarza, co wpływa na powstawanie podmokłości, ponieważ zarówno parowanie, jak i odpływ powierzchniowy są bardzo ograniczone. Lasy borealne zajmują ok. 17 mln km^2, czyli 11,5% powierzchni lądowej kuli ziemskiej.

W tajdze rosną przede wszystkim świerki, sosny, limby, jodły syberyjskie i modrzewie, którym nierzadko towarzyszą gatunki liściaste, takie jak brzozy, osiki, olsze, jarzęby. Gatunki liściaste są częstsze na obrzeżach lasów, nad brzegami rzek czy na terenach bagiennych, wkraczają również jako gatunki sukcesyjne na pożarzyska. Warstwa krzewów w lasach borealnych jest bardzo słabo wykształcona, runo jest natomiast bardzo dobrze rozwinięte. Gatunki drzew iglastych są bardzo dobrze przygotowane do warunków klimatycznych.

Gruba woskowa okrywa igieł chroni je przez nadmiernym parowaniem i mrozami. Drzewostany są z reguły jednowarstwowe, drzewa rosną w sporym zwarciu, są to lasy ciemne, dopiero w wyższych szerokościach geograficznych, na granicy z kolejną strefą roślinną, czyli tundrą, tajga przyjmuje bardziej luźną formę. Drzewa są węższe i bardziej strzeliste, gdyż wąskie i wysokie korony umożliwiają lepsze wykorzystanie promieni słonecznych podczas niskiego położenia Słońca, dodatkowo taki układ koron sprawia, że drzewa są bardziej odporne na szkody wywoływanie przez okiść śnieżną (grubą warstwę mokrego śniegu). Drzewa rosnące w tajdze mają zazwyczaj płytki system korzeniowy, tak zwany talerzowy, dzięki czemu mogą pobierać substancje odżywcze ze znacznych powierzchni, a występująca w gruncie wieczna zmarzlina nie jest dla nich problemem. Pokrój drzew jest stożkowaty, co pomaga w zrzucaniu zalegającego zimą na konarach śniegu.



Rysunek 7.10. Tajga nad rzeką Szumak w Sajanach Wschodnich, Syberia, Rosja (fot. Agnieszka Sosnowska, 2008)

Wyróżnia się dwa typy tajgi: ciemną i jasną. Tajga ciemna występuje głównie w Europie i zachodniej Syberii. Budują ją gatunki wyższe, rosnące gęściej, jak np. świerk syberyjski, jodła syberyjska czy limba syberyjska. Runo jest stosunkowo bogate, rosną w nim głównie rośliny krzewinkowe. Tajga jasna

natomiast występuje we wschodniej Syberii. Budują ją głównie gatunki niższe, rosnące rzadziej, takie jak modrzew dahurski czy sosna zwyczajna. Runo jest najczęściej ubogie i dominują w nim mchy chrobotkowe.

Na wygląd i funkcjonowanie tajgi duży wpływ mają naturalne zaburzenia, które w niej występują. Są to przede wszystkim wiatrołomy, okiść śnieżna, ale również pożary. Wiele gatunków drzew iglastych wykazuje cechy pirofityczne, mają przede wszystkim grubą, łuszczącą się korkową korę, ale wydzielają również znaczne ilości olejków eterycznych. Ogień jest jednym z ważniejszych czynników kształtujących rozwój drzewostanów borealnych, dzięki powstawaniu rozległych powierzchni pozbawionych drzew gatunki runa i podszytu intensywnie się rozwijają i prowadzą do odmłodzenia drzewostanu.

W wyniku zmiany klimatu w strefie klimatu kontynentalnego odnotowuje się znaczny wzrost temperatury powietrza, głównie w okresie zimowym. Prowadzi to przede wszystkim do skrócenia zimy, szybszego topnienia się śniegu i tym samym znacznej utraty wilgotności w glebie. Ponieważ latem temperatury również wzrastają, tajga zaczęła borykać się z problemem suszy. Dodatkowo szybsze topnienie wiecznej zmarzliny prowadzi do większego rozwoju owadów, które w okresie letnim atakują osłabione suszą drzewa, prowadząc do ich obumarcia. Występujący w takich warunkach pożar rozprzestrzenia się szybciej i obejmuje większe obszary.

Projektując zieloną infrastrukturę w strefach klimatu kontynentalnego, należy wziąć pod uwagę następujące czynniki:

- bardzo duże różnice temperatur powietrza w ciągu roku,
- cykle zamarzania i rozmarzania gleby,
- obciążenia śniegiem w zimnej porze roku,
- zarządzanie topnieniem śniegu,
- sezonowe planowanie nasadzeń.

7.7. CHARAKTERYSTYKA TYPÓW KLIMATU POLARNEGO (E)

Klimaty polarne (E) charakteryzują się niskimi temperaturami powietrza przez cały rok. Występują na północnych obszarach przybrzeżnych Ameryki Północnej, Europy i Azji, na Grenlandii oraz na Antarktydzie. Zajmują łącznie ponad 20% powierzchni lądów, ale są to obszary położone blisko biegunów i najmniej zaludnione. Klimaty te odznaczają się brakiem ciepłych lat – w najcieplejszym miesiącu średnia temperatura wynosi poniżej 10°C – oraz zmienną porą zimową.

Ich istotną cechą jest też długość trwania dnia i nocy, w okresie zimowym dni są bardzo krótkie lub panuje noc polarna, natomiast w okresie letnim dni są bardzo długie, a słońce, chociaż znajduje się nisko nad horyzontem, może świecić przez całą dobę. Wyróżnia się dwa typy klimatów polarnych: tundry (ET) oraz lądolodu (EF) (tabela 7.5).

Tabela 7.5. Typy klimatów polarnych (opracowanie własne na podstawie Peel i in., 2007; Beck i in., 2023; Arnfield, 2026)

Symbol	Typ	Cechy	Przykładowe występowanie
ET	Tundry	Co najmniej jeden miesiąc ze średnią temperaturą powietrza powyżej 0°C, ale nie ma miesiąca, w którym średnia temperatura powietrza przekraczałaby 10°C	Wyspy północnej Kanady, Spitsbergen, Islandia, Nowa Ziemia, północne krańce Syberii w Rosji
EF	Lądolodu	Średnia miesięczna temperatura powietrza w ciągu roku nie przekracza 0°C	Fragmenty Antarktydy i Grenlandii

Klimat tundry jest jednym z najzimniejszych typów klimatu występujących na kuli ziemskiej. Znacznie niższe temperatury powietrza odnotowywane są w klimatach kontynentalnych (Dfd, Dwd, Dsd), ale w klimacie tundry okresy cieplejsze praktycznie nie występują. Lato jest krótkie i stosunkowo zimne, natomiast zimy są zróżnicowane: mogą być łagodne, gdy średnia temperatura powietrza wynosi ok. 0°C (wybrzeża mórz i oceanów), ale w głębi lądu mogą być dosyć mroźne. Okres zimowy trwa dłużej niż letni (6–9 miesięcy) ze względu na położenie w strefie okołobiegunowej oświetlenia Ziemi, dostawa promieniowania słonecznego jest ograniczona do bardzo krótkiego okresu wynoszącego maksymalnie nawet kilkadziesiąt dni w roku. Opady deszczu i śniegu są na ogół niewielkie (ok. 250 mm) ze względu na niską prężność pary wodnej w chłodnej atmosferze, ale ponieważ potencjalna ewapotranspiracja jest wyjątkowo niska, umożliwia to występowanie podmokłych terenów bagien i torfowisk.

Klimat lądolodu (EF) odznacza się brakiem lata. Przez wszystkie 12 miesięcy roku średnia temperatura powietrza utrzymuje się poniżej 0°C. Wielkość opadów atmosferycznych przewyższa potencjalną ewapotranspirację. Klimat kształtuje stała obecność arktycznych lub antarktycznych mas powietrza, a chłód potęguje stała pokrywa lodowa. Klimat lądolodu jest najzimniejszym klimatem na kuli ziemskiej, ponieważ odnotowuje się w nim najniższe oraz najniższe średnioroczne temperatury powietrza. Na stacji Wostok na Antarktydzie, uznawanej za najzimniejsze miejsce na świecie, średnia temperatura w ciągu roku wynosi −55,2°C, odnotowano tam również najniższą temperaturę powietrza: −89,2°C. Należy pamiętać, że nie jest to obszar stale zamieszkały przez ludność.

Ponieważ klimat polarny charakteryzuje się chłodnymi latami i mroźnymi zimami, a w przypadku typu klimatu lądolodu – całkowitym brakiem lata, to na tych obszarach albo wykształciła się tundra, albo brakuje pokrywy roślinnej i występuje pustynia lodowa.

Tundra to bezdrzewna formacja z bardzo niską pokrywą roślinną, zdominowaną przez krzewinki, mchy i porosty (rysunek 7.11). Ze względu na warunki klimatyczne, przede wszystkim niewielką ewapotranspirację, w podłożu, podobnie jak w tajdze, występuje wieczna zmarzlina. Z tego powodu gleby są dobrze uwilgotnione w okresie cieplejszym, choć ze względu na długie zimy są płytkie, kamieniste i przyjmują niejednokrotnie postać gleb poligonalnych. Okres wegetacyjny trwa od 1,5 do 3,5 miesiąca. W tak krótkim czasie roślinność przechodzi cały cykl od wykiełkowania do wydania nasion, chociaż niektóre rośliny są aperiodyczne, czyli mogą rozwijać się przez wiele lat i przerywać rozwój w dowolnym momencie.

Roślinność tundry jest mało zróżnicowana pod względem liczby gatunków. Uznaje się, że w całej strefie roślinnej występuje ok. 300 gatunków roślin naczyniowych. Dominują gatunki wieloletnie o karłowatym wzroście oraz pokroju poduszkowym. Bardzo rzadkie są rośliny jednoroczne, a zupełne nie występują rośliny cebulowe i kłączowe. Za to grupa mchów i porostów charakteryzuje się dużym bogactwem – w tundrze występuje ponad 800 gatunków. Mało sprzyjające warunki klimatyczne, związane przede wszystkim z zamarzaniem gruntu oraz występowaniem silnego wiatru, sprawiły, że wiele gatunków ma grube, spichrzowe korzenie, a same rośliny są bardzo niskie, często płożące oraz długowieczne (mogą żyć nawet 100–200 lat). Wiosną rośliny zakwitają, ze względu na krótki okres wegetacyjny dzieje się to praktycznie w jednym momencie, dlatego kwiaty są okazałe i mają niejednokrotnie jaskrawe zabarwienie, co przyciąga owady.

Wyróżnia się cztery typy tundry: lasotundrę, tundrę krzewinkową, tundrę mszysto-porostową oraz tundrę arktyczną. Mianem tundry właściwej określa się typy krzewinkową i mszysto-porostową.

Największym zagrożeniem dla tundry są zmiany klimatu. Wzrost średniej rocznej temperatury powietrza powoduje rozmarzanie wiecznej zmarzliny, co zwiększa uwodnienie warstw gleby i tym samym przyśpiesza procesy erozyjne, mogąc negatywnie oddziaływać na infrastrukturę techniczną. Zmiany klimatu to także przekształcenia naturalnej roślinności, przede wszystkim rozprzestrzenianie się gatunków drzewiastych i zmniejszanie udziału krzewinek czy traw. Istotnym aspektem jest również zwiększone uwalniane zmagazynowanego na obszarach bagiennych i torfowiskowych dwutlenku węgla, który po dostaniu się do atmosfery wpływa na nasilenie efektu cieplarnianego.



Rysunek 7.11. Tundra za kołem podbiegunowym w północnej Norwegii
(fot. Agnieszka Sosnowska, 2009)

Projektując zieloną infrastrukturę w strefach klimatu polarnego, należy wziąć pod uwagę następujące czynniki:

- narażenie na sztormy, mgłę solną i podnoszenie się poziomu morza,
- cykle zamarzania i rozmrażania gleby,
- stabilizację wydm,
- tworzenie buforów terenów podmokłych,
- ochronę przed erozją wietrzną.

7.8. CHARAKTERYSTYKA TYPÓW KLIMATU WYSOKOGÓRSKIEGO (H)

Strefa klimatu wysokogórskiego (H) została dodana do klasyfikacji w latach 60. XX w. przez Glenna Thomasa Trewarthę w odniesieniu do obszarów wznoszących się na wysokościach powyżej 1500 m n.p.m. Obszary wysokogórskie występują na każdym z kontynentów i zajmują ok. 8% powierzchni lądowej. Warunki klimatyczne są zmienne w zależności od położenia łańcucha górskiego

w określonej strefie klimatycznej (A–E), jednak istotną cechą wspólną jest zmiana parametrów klimatycznych wraz z wysokością nad poziomem morza. W warunkach klimatu kontynentalnego wilgotnego z ciepłym latem (Dfb) temperatura spada średnio o 0,6°C na każde 100 m wysokości, w warunkach bardziej suchych jest to 1°C, a w Himalajach zmiana ta dochodzi do nawet 1,5°C. Wraz z wysokością zmienia się również promieniowanie słoneczne, wzrasta średnio o 1% na każde 100 m, rosną także sumy rocznych opadów atmosferycznych, choć najczęściej tylko do wysokości, na której następuje pełne nasycenie atmosfery parą wodną.

Zmienność warunków klimatycznych, przede wszystkim temperatury powietrza (gradient aerotermiczny) w pionie, przyczynia się również do zmiany pozostałych cech środowiska przyrodniczego, co określane jest mianem prawa piętrowości krajobrazowej. Jest to jedno z ważniejszych praw porządkujących zjawiska przyrodnicze na kuli ziemskiej. Wraz z wysokością zmieniają się zatem intensywność i charakter zachodzących procesów erozyjnych i akumulacyjnych, zwiększa się udział wietrzenia fizycznego kosztem wietrzenia chemicznego, zmniejsza się miąższość gleb, zmieniają się także ekosystemy roślinne i zwierzęce, tworząc tzw. piętra klimatyczno-roślinne.

Układ pięter klimatyczno-roślinnych (krajobrazowych) w poszczególnych masywach górskich uzależniony jest przede wszystkim od szerokości geograficznej, ekspozycji masywu górskiego oraz lokalnych ekspozycji jego zboczy. Warunkuje to istnienie czterech podstawowych granic krajobrazowych w górach: górnej i dolnej granicy zlodowaceń, dolnej granicy wiecznego śniegu, górnej granicy lasu oraz jego granicy dolnej (zwanej też górną granicą suchości). Górna granica zlodowaceń występuje na terenach położonych ponad 7200 m n.p.m. (Himalaje i Karakorum). Powyżej tej wysokości występują temperatury ujemne, co zmniejsza predyspozycje do przemiany firnu w lód lodowcowy.

Występujące na obszarach górskich gatunki roślin zaadaptowały się do występujących warunków klimatycznych. Głównymi problemami są: krótki okres wegetacyjny, znaczne wahania temperatur powietrza zarówno w ciągu roku, jak i w ciągu doby, nadmierne usłonecznienie oraz silne wiatry. Kwiaty górskich gatunków roślin mają najczęściej intensywne barwy, wydzielają silny zapach i produkują dużo nektaru, aby w krótkim okresie wegetacyjnym zwabić owady. Liście są często zimozielone, gruboszowate, pokryte woskiem. Rośliny występujące na większych wysokościach n.p.m. przyjmują postać karłowatą lub poduszkowatą. Wiele gatunków ma również zdolność do rozłożenia rozwoju na kilka okresów następujących w kolejnych latach. Kwiaty mogą być pokryte włoskami albo kutnerem, co stanowi izolację cieplną oraz chroni przed nadmiernym parowaniem wody. Część gatunków roślin jest również pseudożyworodna, zamiast kwiatów i owoców powstają rozmnóżki, które zakorzeniają się bezpośrednio w glebie, dając początek nowym osobnikom.

Ze względu na wzrost liczby ludności na świecie obszary górskie podlegają znacznej presji. Obecnie zamieszkuje je kilka procent ludności świata, ale według przewidywań w najbliższej przyszłości może to być aż 10% mieszkańców całego globu. Tendencja ta jest w dużej mierze wynikiem zmieniającego się klimatu, ale również powiększania areałów upraw, wzrostem wydobycia surowców mineralnych, wzrastającą degradacją środowiska na obszarach niżej położonych oraz samą atrakcyjnością przyrodniczą terenów górskich i co za tym idzie zmianami sposobów wykorzystania tych terenów (m.in. zmiana funkcji rolniczej na rekreacyjną i turystyczną). Zwiększone zagospodarowanie obszarów górskich przyczynia się do intensyfikacji procesów erozyjnych, przede wszystkim powstawania ogromnych osuwisk i spływów gruzowo-błotnych.

Projektując zieloną infrastrukturę na obszarach górskich, należy wziąć pod uwagę następujące czynniki:

- stromy teren,
- piętrowość klimatyczną i zmienność mikroklimatów,
- zapobieganie erozji i powstawaniu osuwisk,
- zarządzanie spływem wody po powierzchni i śródpokrywowo,
- stabilizację stoków,
- zagrożenia związane z występowaniem lawin i gwałtownych wylewów jezior i zbiorników wodnych.

Pytania sprawdzające:

1. Ile stref klimatycznych wydzielono w klasyfikacji Köppena–Geigera?
2. Jakie kryteria wzięto pod uwagę przy podziale klimatów kuli ziemskiej w ramach tej klasyfikacji?
3. W jakich strefach klimatycznych znajdują się Polska oraz Indonezja?
4. Jakie są największe różnice pomiędzy zbiorowiskami roślinnymi porastającymi Polskę oraz Indonezję?

Bibliografia

Arnfield, J. A. (2026). *Köppen climate classification*. W: Encyclopaedia Britannica. www.britannica.com/science/Koppen-climate-classification [dostęp: 01.10.2025].

Beck, H. E., Zimmermann, N. E., McVicar, T. R., Vergopolan, N., Berg, A., & Woodet, E. F. (2018). Present and future Köppen-Geiger climate classification maps at 1-km resolution. *Scientific Data*, *5*, 180214. https://doi.org/10.1038/sdata.2018.214

Kottek, M. J., Grieser, J., Beck, C., Rudolf, B., & Rubel, F. (2006). World Map of the Köppen-Geiger climate classification updated. *Meteorologische Zeitschrift*, *15*(3), 259–263. https://doi.org/10.1127/0941-2948/2006/0130

Lohmann, U., Sausen, R., Bengtsson, L., Cubasch, U., Perlwitz, J., & Roeckner, E. (1993). The Köppen climate classification as a diagnostic tool for general circulation models. Updated world map of the Köppen-Geiger climate classification. *Climate Research*, *3*, 177–193. https://doi.org/10.3354/cr003177

Peel, M. C., Finlayson, B. L., & McMahon, T.A. (2007). Updated world map of the Köppen-Geiger climate classification. *Hydrology and Earth System Sciences*, *11*(5), 1633–1644. https://doi.org/10.5194/hess-11-1633-2007

8. STUDIA PRZYPADKÓW Z RÓŻNYCH REGIONÓW ŚWIATA DOTYCZĄCE PRAKTYK Z ZAKRESU ZIELONEJ INFRASTRUKTURY

O czym jest ten rozdział:
Wobec narastających wyzwań związanych ze zmianami klimatu, presją urbanizacyjną oraz degradacją środowiska przyrodniczego praktycznie wszystkie kraje stają przed koniecznością wdrażania rozwiązań opartych na długofalowym, systemowym planowaniu przestrzeni. Kluczowe znaczenie przy podejmowaniu decyzji ma analiza projektów, które potwierdziły swoją skuteczność w praktyce, przynosząc mierzalne efekty środowiskowe, społeczne i ekonomiczne. Studium przypadków stanowi narzędzie badawcze pozwalające zidentyfikować mechanizmy sukcesu oraz ocenić ich trwałość i możliwość adaptacji do odmiennych uwarunkowań przestrzennych, klimatycznych i kulturowych. W rozdziale przedstawiono dziewięć przykładów rozwiązań, które zostały wdrożone w różnych strefach klimatycznych, na różnych kontynentach oraz w różnych skalach.

Wielki Zielony Mur w Afryce oraz Mezoamerykański Korytarz Biologiczny w Ameryce Środkowej reprezentują podejście ponadregionalne i transnarodowe, w którym kluczowe znaczenie ma ciągłość ekologiczna i skala oddziaływania. Oba projekty pokazują, że przeciwdziałanie degradacji środowiska i utracie bioróżnorodności wymaga podjęcia działań wykraczających poza granice administracyjne i powinno być oparte na współpracy międzynarodowej oraz włączeniu lokalnych społeczności w proces zarządzania krajobrazem. W tym ujęciu krajobraz staje się narzędziem stabilizacji klimatycznej, ochrony zasobów przyrodniczych oraz poprawy warunków życia na obszarach szczególnie narażonych na skutki zmiany klimatu.

Koncepcje „miasta-gąbki” oraz rewitalizacji Wadi Hanifa w Rijadzie koncentrują się na wodzie jako elemencie strukturotwórczym przestrzeni. Oba przykłady dowodzą, że przywracanie naturalnych procesów hydrologicznych – retencji, infiltracji i samooczyszczania – stanowi skuteczną alternatywę dla tradycyjnych technicznych systemów odprowadzania wody. Takie podejście pozwala nie tylko ograniczać ryzyko

powodzi i suszy, lecz także poprawiać mikroklimat, jakość przestrzeni publicznych oraz relacje mieszkańców z krajobrazem, czyniąc wodę integralną częścią struktury miasta.

Przykłady Lasu Kabackiego im. Stefana Starzyńskiego w Warszawie oraz zielonego pierścienia wokół Toronto (Ontario's Greenbelt) pokazują znaczenie strategicznej ochrony i planowego kształtowania wielkoskalowych terenów zieleni w granicach miast oraz na ich obrzeżach. W obu przypadkach kluczową rolę odgrywa długofalowa polityka przestrzenna, która traktuje obszary zielone jako barierę dla niekontrolowanej urbanizacji, element łączności ekologicznej oraz podstawę rekreacji i poprawy jakości życia mieszkańców. Pokazuje to, że zachowanie istniejących ekosystemów przynosi często większe i trwalsze korzyści niż ich późniejsza renaturyzacja po okresie degradacji.

Z kolei park rolniczy Ogrody Stene w Ostendzie, system zielonych ulic i gospodarowania wodą opadową w Portland oraz historycznie ukształtowany system nawadniania i alei drzew w Mendozie reprezentują różnorodne modele integracji zieleni, wody i funkcji społecznych w strukturze miasta. Ich wspólną cechą jest traktowanie zielonej infrastruktury jako elementu przestrzeni odpowiadającego za bezpieczeństwo klimatyczne, odporność systemów miejskich oraz poprawę jakości życia mieszkańców. Analiza tych realizacji pozwala dostrzec znaczenie konsekwencji planistycznej, współpracy interdyscyplinarnej oraz wsparcia instytucjonalnego dla osiągania długoterminowych efektów.

Czego się dowiesz:

- Niezależnie od skali, zarówno w przypadku globalnych inicjatyw krajobrazowych, jak i lokalnych strategii miejskich, kluczowe znaczenie ma integracja celów środowiskowych, społecznych i przestrzennych w ramach jednej spójnej wizji rozwoju.
- Studia przypadków potwierdzają, że zielona infrastruktura pełni kluczową funkcję w zwiększaniu odporności miast i regionów na zmiany klimatu, a jednocześnie wzmacnia tożsamość miejsca oraz dobrostan społeczny.
- Uczenie się na przykładach umożliwia identyfikację uniwersalnych zasad planistycznych, które mogą stanowić podstawę współczesnych strategii kształtowania krajobrazu przyszłości.

8.1. WIELKOSKALOWE SYSTEMY ZIELONEJ INFRASTRUKTURY

8.1.1. Metropolitalne układy terenów otwartych – Zielony pierścień Ontario (Kanada)

Zielony pierścień (*green belt*) wokół Toronto znajduje się w prowincji Ontario, gdzie występuje klimat kontynentalny wilgotny z ciepłym latem (Dfb). Jest to najszybciej rozwijający się region Kanady zarówno pod względem ekonomicznym, jak i demograficznym. Ten rozległy, otwarty i wolny od zabudowy obszar obejmuje tereny rolne, leśne i podmokłe, które dostarczają wielu usług ekosystemowych dla mieszkańców regionu, takich jak produkcja żywności, dostęp do czystej wody czy powietrza.

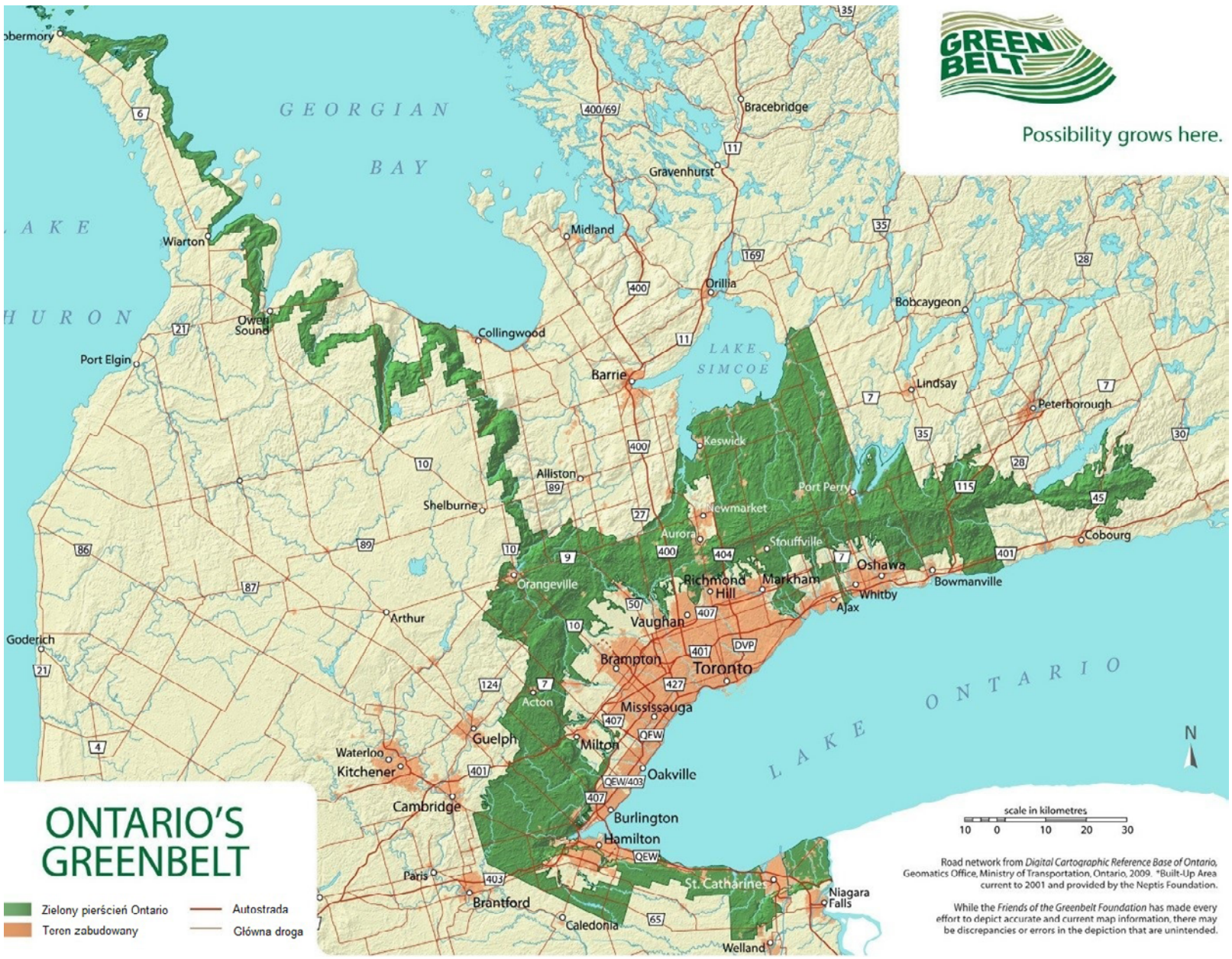
Toronto położone jest w tzw. Złotej Podkowie (Golden Horseshoe), regionie stanowiącym południowo-wschodni kraniec całej prowincji. Obszar ten zamieszkuje ponad 9,8 mln osób, co stanowi ok. 26,5% mieszkańców całej Kanady. Do jego rozwoju przyczyniła się jedna z najważniejszych funkcji, czyli produkcja żywności. Należy podkreślić, że w Kanadzie jedynie 3,2% gleb nadaje się pod uprawę, dlatego należące do najżyźniejszych w kraju tereny tego regionu mają szczególne znaczenie. Problem utraty dobrych gleb w tej części Kanady zaobserwowano już w latach 1995–2001, kiedy blisko 16% najlepszych gleb (I klasy) zostało zabudowanych. Zrodził się wówczas pomysł wprowadzenia w otoczeniu Toronto instrumentu planistycznego kontrolującego rozprzestrzenianie się zabudowy.

W 2005 roku wprowadzono ustawę Greenbelt Protection Act, dzięki której blisko 2 mln akrów, czyli ok. 800 tys. ha, ustanowiono w tym regionie terenami wolnymi od zabudowy (rysunek 8.1). Otaczają one Toronto, ale także rozciągają się na pasmo wzniesień Oak Ridges Moraine oraz długi na 750 km i wąski na 4–10 km pas Kuesty Niagary (próg strukturalny). Tereny wolne od zabudowy (zielony pierścień) chronią ten obszar przed szybko przyrastającą zabudową, głównie na terenach rolniczych, cennych przyrodniczo, ale także istotnych dla zachowania i odnawiania zasobów wodnych. W skład zielonego pierścienia wchodzą zatem obok terenów rolniczych obszary o charakterze naturalnym, system parków regionalnych o istotnych walorach rekreacyjnych, a także wiejskie osady (47) i pojedyncze farmy (4800). Mimo iż jest to koncepcja wprowadzona odgórnie przez władze prowincji, za jej wdrażanie odpowiedzialne są gminy, na terenie których znajduje się zielony pierścień.

Zadaniem gmin jest określenie terenów przeznaczonych na cele rolnicze oraz identyfikacja głównych elementów dziedzictwa przyrodniczego. Są one zatem zobowiązane nie tylko do realizacji planów lokalnych, lecz także uwzględniania zapisów tzw. planu zielonego pierścienia (The Greenbelt Plan). Co dziesięć lat plan ten jest weryfikowany, ale w tym czasie wszystkie gminy są zobowiązane do utrzymywania zielonego pierścienia na powierzchni niezmienionej.

W najnowszym Planie Zielonego pierścienia Ontario z 2017 roku (MMAH Ontario, 2017) cele ochronne zostały nieco zmodyfikowane. Plan zakłada, że jest to układ terenów, które:

- są trwale chronione przed przekształceniem i rozdrobnieniem gruntów rolnych, a dominujące wykorzystanie gruntów w jego granicach ma mieć funkcje rolnicze,
- stanowią trwałą ochronę dziedzictwa przyrodniczego i zasobów wodnych podtrzymujących dobry stan środowiska oraz zapewniają korzystne warunki zdrowotne dla mieszkańców regionu,
- tworzą osnowę środowiskową, wokół której koncentrować się będzie rozwój regionu,
- wzmacniają związki gospodarcze i społeczne pomiędzy lokalnymi społecznościami a funkcjami rolniczymi, turystycznymi, rekreacyjnymi oraz zasobami środowiska przyrodniczego,
- budują odporność i łagodzą skutki zmian klimatu.



Rysunek 8.1. Zielony pierścień Ontario. Objaśnienia: kolor ciemnozielony – obszar zielonego pierścienia, kolor jasnozielony – tereny niezurbanizowane poza zielonym pierścieniem, kolor brązowy – obszary zurbanizowane (Greenbelt Foundation, 2025b)

Koncepcja ochrony terenów otwartych wokół Toronto opiera się na odgórnym finansowaniu i silnym wsparciu politycznym dla Zielonego pierścienia Ontario, co w istotny sposób przyczynia się do jego trwałości i skuteczności. Kluczowe znaczenie ma szerokie włączanie interesariuszy – mieszkańców, deweloperów, ekologów i rolników – w proces planowania i wdrażania zielonego pierścienia.

Wdrażanie zielonego pierścienia wokół Toronto wspierały działania dwóch organizacji: Rady Zielonego Pierścienia (The Greenbelt Council), grupy doradczej pod względem merytorycznym, oraz Fundacji Przyjaciół Zielonego Pierścienia (The Friends of the Greenbelt Foundation), organizacji pozarządowej promującej tę inicjatywę. Fundacja z jednej strony popularyzuje ideę zielonego pierścienia wśród mieszkańców i uświadamia im znaczenia tego obszaru w ich codziennym życiu, a z drugiej strony działa jak instytucja naukowa, inicjująca i nadzorująca badania dotyczące zielonego pierścienia, jego funkcjonowania przyrodniczego oraz gospodarczego, głownie w aspekcie rozwoju zrównoważonego rolnictwa oraz rekreacji. Wspiera ponadto finansowo rozwiązania sprzyjające wdrażaniu planu zielonego pierścienia, w tym plany zagospodarowania przestrzennego czy polityki sektorowe, prowadzi zatem intensywne działania informacyjne i edukacyjne (rysunek 8.2), z wykorzystaniem wydarzeń publicznych i programów telewizyjnych oraz inicjatyw skierowanych do dzieci i lokalnych społeczności.



Rysunek 8.2. Tablica informacyjna przy wjeździe na teren zielonego pierścienia wokół Toronto (Greenbelt Foundation, 2025a)

Efektem działań tych dwóch organizacji jest wysokie poparcie społeczne – według badań z 2016 roku blisko 80% mieszkańców Ontario popiera plan rozwoju prowincji z restrykcyjną polityką dotyczącą zielonego pierścienia. Ponadto 88% respondentów uznało, że nowa zabudowa powinna koncentrować się na terenach już zurbanizowanych, a 73% osób krytycznie oceniło rozlewanie się zabudowy jednorodzinnej na przedmieściach. Aż 84% badanych zadeklarowało tzw. postawę YIMBY (*yes in my back yard*), akceptującą objęcie ochroną także ich bezpośredniego otoczenia, jeśli jest to korzystne dla dobra ogólnego. Wyniki te podkreślają znaczenie długofalowej edukacji i oddolnej aktywizacji mieszkańców, gdyż początkowo wiele gmin wyrażało obawy dotyczące ograniczeń rozwojowych, negatywnego wpływu na rolnictwo oraz wzrostu cen gruntów.

Zgodnie z założeniami Planu Zielonego pierścienia Ontario zakaz zabudowy dotyczy:

- obszarów położonych w systemie dziedzictwa przyrodniczego, czyli na obszarach cennych przyrodniczo i ważnych dla zasobów wodnych,
- obszarów upraw specjalnych i najlepszych gruntach rolnych.

Natomiast ochrona terenów wiejskich obejmuje:

- ograniczenie funkcji nierolniczych i nowej zabudowy,
- regulacje dotyczące kształtowania infrastruktury (wody opadowe, ścieki, zasoby wodne i energetyczne),
- restrykcje w wydzielaniu nowych działek budowlanych.

Zgodnie z tymi zasadami minimalna powierzchnia nowej farmy powinna wynosić 16 ha (40 akrów) na obszarach upraw specjalnych lub 40 ha (100 akrów) na najlepszych glebach (rysunek 8.3). Dopuszcza się wydzielanie małych działek na istniejących osiedlach pod warunkiem braku dalszej fragmentacji terenów cennych przyrodniczo lub istotnych dla zachowania zasobów wodnych. Na terenach cennych przyrodniczo zabudowa możliwa jest wyłącznie w celu ochrony przyrody lub celu publicznym. W Planie Zielonego pierścienia Ontario zaproponowano również strefy buforowe wokół terenów podmokłych lub mających istotne zdolności infiltracyjne, a także wokół strumieni, jezior oraz cenniejszych kompleksów leśnych i innej roślinności, o szerokości min. 30 m w przypadku działalności człowieka i min. 120 m dla zabudowy.

Równolegle do Planu Zielonego pierścienia Ontario funkcjonuje Plan rozwoju Złotej Podkowy (Growth Plan for the Greater Golden Horseshoe) obejmujący cały obszar metropolitalny, a więc oprócz samego Toronto pas terenu pomiędzy granicami miasta a zielonym pierścieniem, jak również obszary poza zielonym pierścieniem. Wskazano w nim granice rozwoju miast i osiedli, uwzględniając potrzeby wzrostu zabudowy z założeniem min. 80 osób przypadających na 1 hektar. Obydwa dokumenty są przygotowywane równolegle i komplementarne.



Rysunek 8.3. Krajobraz rolniczy Zielonego pierścienia Ontario (Greenbelt Foundation, 2025c)

8.1.2. Korytarze ekologiczne i sieci różnorodności biologicznej – Mezoamerykański Korytarz Biologiczny (Meksyk, Gwatemala, Belize, Salwador, Honduras, Nikaragua, Kostaryka, Panama, Kolumbia)

Mezoamerykański Korytarz Biologiczny (Mesoamerican Biological Corridor; MBC) ma na celu ochronę i zrównoważone zarządzanie środowiskiem na ponad połowie obszaru Ameryki Środkowej. Powstał w celu ograniczenia fragmentacji ekosystemów w szczególności na obszarach transgranicznych. Jest to teren pełniący funkcję naturalnego mostu lądowego łączącego Ameryki Północną i Południową, dzięki któremu wiele gatunków roślin i zwierząt ma możliwość migracji pomiędzy tymi obszarami. Ze względu na charakter tego regionu, wąski pas lądu pomiędzy Oceanem Spokojnym na zachodzie oraz Zatoką Meksykańską i Morzem Karaibskim na wschodzie, występują w nim wilgotne warunki klimatyczne. Dominują klimaty: tropikalny lasu deszczowego (Af), tropikalny monsunowy (Am) oraz sawann (Aw). Z kolei na terenach wyżej wyniesionych występuje klimat wilgotny subtropikalny (Cfa) i subtropikalny wyżynny (Cfb). Ze względu na uwarunkowania klimatyczne, ale również ograniczoną presję człowieka, na terenie tym występuje wiele unikalnych siedlisk dla ok. 7–10% znanych gatunków lądowych na świecie.

MBC znajduje się na obszarze międzymorza Ameryki Środkowej i obejmuje swoim zasięgiem południowo-zachodnią część Ameryki Północnej od przesmyku Tehuantepec do przesmyku Darién znajdującego się w północnej części Ameryki Południowej. Do głównych regionów fizycznogeograficznych wchodzących w jego skład zalicza się: Kordyliery Północną i Południową Ameryki Środkowej oraz nizinę Nikaragui. Według podziału politycznego MBC występuje na obszarze południowych stanów Meksyku (Campeche, Chiapas, Quintana Roo i Tabasco), Gwatemali, Belize, Salwadoru, Hondurasu, Nikaragui, Kostaryki, Panamy oraz północno-zachodniej części Kolumbii (przesmyk Darién) (rysunek 8.4). Cały obszar zajmuje powierzchnię 768 990 km^2 i jest zamieszkiwany przez ponad 30 mln osób, a tempo wzrostu liczby ludności przekracza 2% rocznie.



Rysunek 8.4. Położenie Mezoamerykańskiego Korytarza Biologicznego (CI & CABS, 2025)

Mezoamerykański Korytarz Biologiczny znajduje się na styku dwóch państw florystycznych: holarktycznego (Holoarctis) i neotropikalnego (Neotropics). Większość powierzchni korytarza (ok. 57%) pokrywa roślinność naturalna. Do jej głównych typów zalicza się wilgotne lasy równikowe, równikowe lasy górskie (rysunek 8.5), podrównikowe lasy tracące liście w porze suchej, sawannę i wysokogórską roślinność wulkaniczną. Korytarz ma 6600 km zróżnicowanej linii brzegowej bogatej w lasy namorzynowe, rafy koralowe i inne rodzaje ekosystemów przybrzeżnych i morskich. Na terenach górskich roślinność zmienia

się wraz z wysokością n.p.m. Na najwyższym szczycie Ameryki Środkowej, czyli Tajumulco (4220 m n.p.m., Gwatemala), piętra roślinności układają się następująco: do 600 m n.p.m. – wilgotne lasy równikowe (*tierra caliente*), 600–2000 m n.p.m. – lasy górskie ze zwiększoną liczbą drzew iglastych (*tierra templada*), 2000–4000 m n.p.m. – lasy mgliste z udziałem dęba (*tierra fria*), a powyżej 4000 m n.p.m. – roślinność trawiasta z dużym udziałem mszaków i porostów (*tierra helada*). Największym bogactwem gatunkowym odznacza się roślinność Kostaryki (ponad 20 tys. gatunków), znaczny udział mają gatunki endemiczne występujące na ograniczonym obszarze (w szczególności w Gwatemali i Panamie).

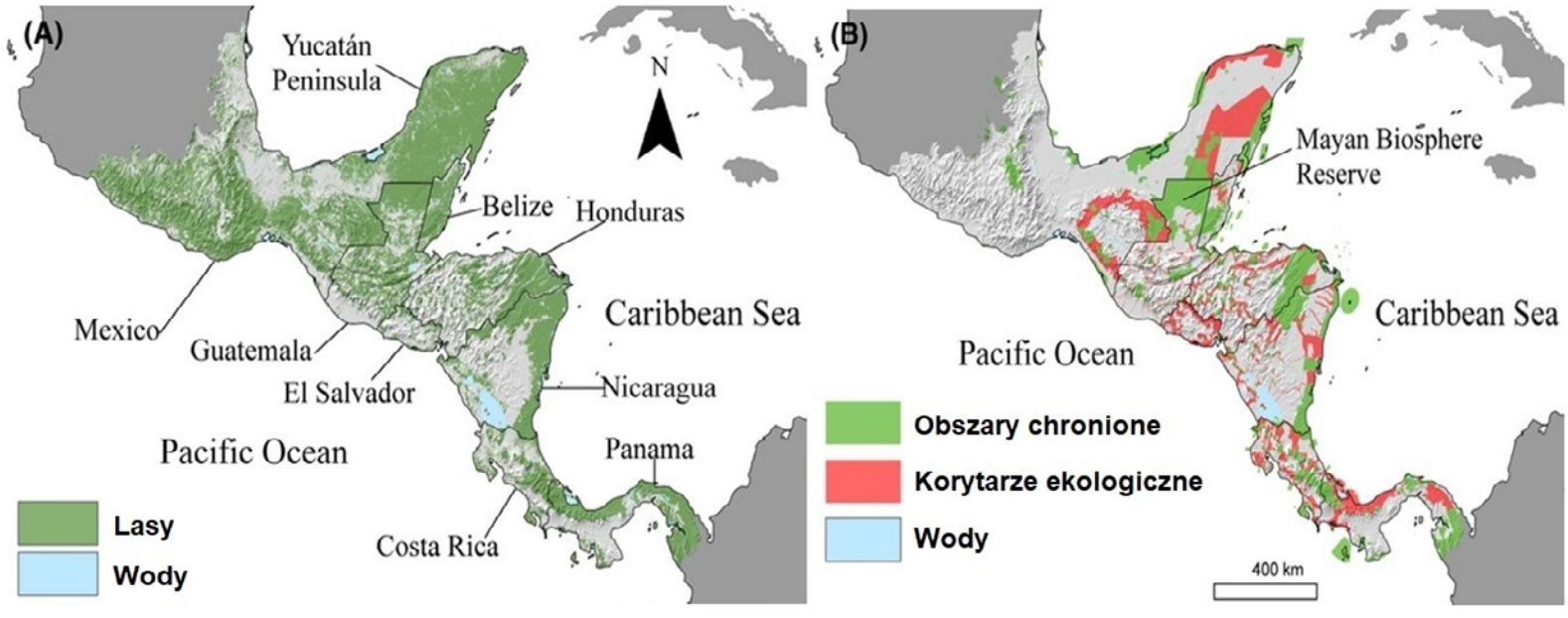


Rysunek 8.5. Równikowe lasy górskie w Panamie (fot. Wojciech Lewandowski, 2014)

W 1992 roku utworzono Środkowoamerykański System Obszarów Chronionych (*Sistema Centroamericano de Áreas Protegidas,* SICAP), a w 1997 roku oficjalnie powołano do życia Mezoamerykański Korytarz Biologiczny, który pozwolił zintegrować politykę ochrony przyrody w regionie (Independent Evaluation Group, 2011). Głównym celem MBC była poprawa łączności obszarów chronionych w skali regionalnej przy jednoczesnej poprawie warunków życia lokalnej ludności. Zgodnie z założeniami przemieszczanie się zwierząt na kontynencie

amerykańskim powinno odbywać się bez zakłócania rozwoju cywilizacyjnego i użytkowania gruntów, przy jednoczesnym promowaniu zrównoważonego rozwoju. MBC definiuje się jako system planowania przestrzennego obejmujący obszary objęte różnymi ustaleniami administracyjnymi, w tym podstawowe obszary naturalne, strefy buforowe, strefy wielofunkcyjne i obszary korytarza (Miller i in., 2001). Zgodnie z tą definicją, zostały one zorganizowane i skonsolidowane w sposób zapewniający korzyści i usługi środowiskowe zarówno dla Ameryki Środkowej, jak i całego świata.

W ramach funkcjonowania korytarza wyznaczono cztery strefy, każda z nich odznacza się inną dostępnością dla działalności człowieka. Są to: strefa rdzeniowa obejmująca obszary chronione, których celem jest promowanie i utrzymanie bioróżnorodności na tych obszarach oraz pełnienie usług ekosystemowych dla lokalnej ludności; strefa buforowa (otulina) obejmująca obszary otaczające strefy rdzeniowe; strefy korytarzowe (nazywane też strefami łączności) łączące przejścia wodne i lądowe umożliwiające przemieszczanie się roślin i zwierząt w obrębie korytarza oraz strefy wielofunkcyjne, czyli terytoria o zróżnicowanym przeznaczeniu, oddzielające tereny naturalne i chronione od terenów uprawnych wykorzystywanych pod hodowlę zwierząt i leśnictwo oraz innych obszarów znajdujących się pod bezpośrednim wpływem człowieka, głównie urbanizacji i górnictwa (rysunek 8.6).



Rysunek 8.6. Zasięg lasów (A) oraz położenie terenów chronionych i stref korytarzowych (B) w obrębie Mezoamerykańskiego Korytarza Biologicznego (Imbach i in., 2013)

Od chwili powstania korytarz cieszy się dużym zainteresowaniem wielu instytucji rządowych w poszczególnych krajach oraz agencji współpracy międzynarodowej. Wydaje się, że potrzebne jest jeszcze kilkadziesiąt lat konkretnych działań, aby można było zobaczyć znaczące rezultaty wynikające z jego funkcjonowania. Dotychczasowy model zarządzania uległ wyczerpaniu. Poszczególne państwa nie są w stanie skutecznie zarządzać wszystkimi obszarami chronionymi,

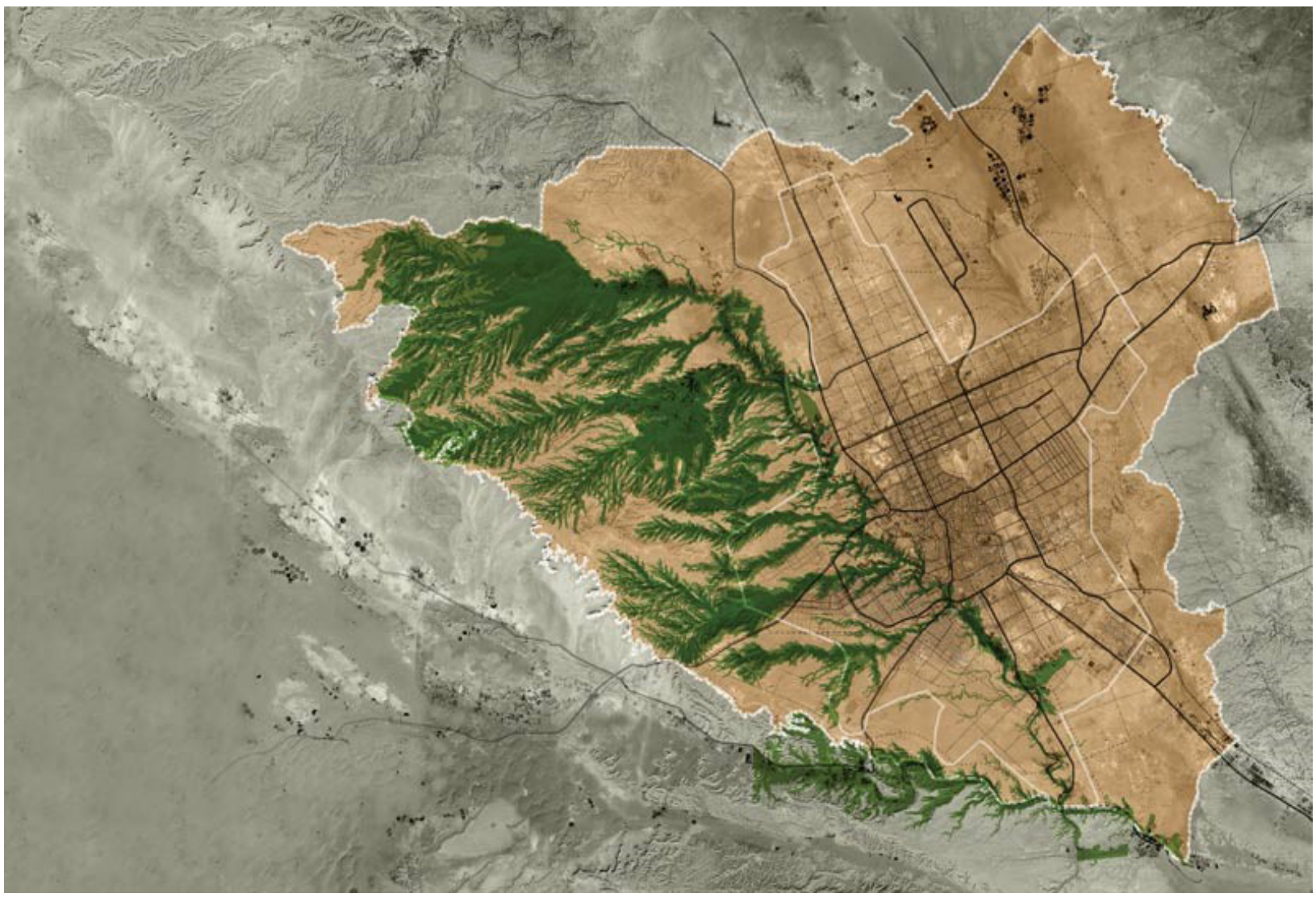
tak jak to miało miejsce dotychczas. Niestety pomimo znacznych wysiłków izolacja obszarów chronionych jest nadal wysoka, co zagraża funkcjonowaniu całego korytarza.

Tylko ok. 10,7% powierzchni Mezoamerykańskiego Korytarza Biologicznego jest obecnie objęte jakąś kategorią ochrony. To zdecydowanie za mało, aby można było zachować bioróżnorodność. Roślinność naturalna powinna być skutecznie chroniona także poza terenami parków narodowych i rezerwatów, ponieważ te formy ochrony są często odizolowane od innych obszarów naturalnych, a ich utrzymanie jest zbyt kosztowne i niejednokrotnie kontrowersyjne z perspektywy lokalnych społeczności. Dlatego kluczowym elementem dla funkcjonowania tego systemu jest dalsze umacnianie współpracy z mieszkańcami, tak aby mogli oni w pełni korzystać z usług ekosystemowych oferowanych przez korytarz. Istotne jest, aby lokalne społeczności stały się w pełni odpowiedzialne za zarządzanie obszarami chronionymi i utrzymanie funkcjonowania korytarza, ale również czerpały korzyści z jego istnienia. Ponieważ produkcja rolnicza stanowi ważną część gospodarki wszystkich krajów tego regionu, należy położyć duży nacisk na wdrażanie zrównoważonych praktyk rolniczych oraz ograniczanie fragmentacji siedlisk i tempa dalszego wylesiania.

8.1.3. Odtwarzanie mokradeł – Wadi Hanifa (Arabia Saudyjska)

Renaturyzacja Wadi Hanifa (doliny Hanifa) jest jednym z najbardziej inspirujących przykładów zielonej infrastruktury w gorącym klimacie pustynnym (BWh), gdzie zarządzanie wodami opadowymi, procesy związane z utworzeniem sztucznych terenów podmokłych oraz stworzenie ciągłego korytarza ekologicznego zostały połączone w skali całej zlewni, aby zapewnić wiele korzyści środowiskowych i społecznych.

Program Green Riyadh jest częścią Saudyjskiej Wizji 2030 oraz Saudyjskiej Zielonej Inicjatywy, projektów, które zapoczątkowały działania mające na celu zwiększenie odporności klimatycznej Arabii Saudyjskiej. Kluczowym elementem tego programu jest renaturyzacja doliny Hanifa, będącej naturalnym systemem odwadniającym miasta Rijad, składającym się z pięciu odrębnych części: koryta, równiny zalewowej, tarasów aluwialnych, dolin i ich licznych odgałęzień. Biegnie ona z północnego zachodu na południowy wschód, przecinając zachodnią krawędź Rijadu w jego centralnej części (rysunek 8.7). Dolina charakteryzuje się ciągłym przepływem wody wynikającym z codziennego odprowadzania ok. 650 000 m^3 wody oczyszczonej i nieoczyszczonej. Ten ciągły przepływ wody stworzył wyjątkowe zjawisko obszarów bujnych pod względem roślinności przez cały rok, a występujących w warunkach suchego klimatu. Jednak szybki rozwój miasta i działalność przemysłowa zagroziły tym obszarom. Tereny zalewowe zostały zasypane, ścieki skanalizowane, a siedliska wilgotne uległy fragmentacji (Rędzinska i Dreksler, 2025).



Rysunek 8.7. Wadi Hanifa położona jest w środkowej części płaskowyżu Nadżd i rozciąga się na obszarze ok. 120 km, obejmującym zlewnię o powierzchni 4000–4500 km². Jest zasilana przez ponad 40 dopływów oraz wody gruntowe (RCRC, 2025)

Od samego początku planiści i inżynierowie przyjęli podejście systemowe do projektu renaturyzacji tego terenu. Nie miał to być tylko park nadrzeczny, ale kompleksowy projekt zarządzania powodziowego i rekultywacji środowiska przyrodniczego. Szczegółowy plan zagospodarowania Wadi Hanifa (z początku XXI wieku) i późniejsze działania prowadzone przez Arriyadh Development Authority oraz Royal Commission for Riyadh City pozwoliły połączyć działania z zakresu inżynierii hydraulicznej (HEC-RAS, TUFLOW i modelowanie 2D/3D LiDAR) z projektowaniem krajobrazu i ekologią. Koryto rzeki zostało na nowo zaprojektowane w celu przywrócenia dawnego przepływu przy jednoczesnym zachowaniu meandrów, progów i naturalnych basenów, które spowalniają przepływ i sprzyjają infiltracji wody (BuroHappold, 2010; Alrabe, 2013) (rysunek 8.8). Działające sezonowo kanały przeciwpowodziowe i zapory znajdujące się w górnym biegu rzeki ograniczają największe przepływy, a kontrole zagospodarowania terenu i terenów zalewowych pozwalają zapobiec katastrofalnym w skutkach powodziom.



Rysunek 8.8. Przeprojektowane koryto rzeki (dzięki uprzejmości Moriyama & Teshima Planners, 2010; Trottier & Eidick, 2015)

Kluczowymi elementami dla odbudowy równowagi ekologicznej są instalacje bioremediacji na tym obszarze oraz konstrukcje służące odtworzeniu terenów podmokłych. Zamiast polegać wyłącznie na energochłonnym oczyszczaniu mechanicznym wody, zaprojektowano system ok. 140 biokomórek, jazów, zbiorników i progów (rysunek 8.9). To system oczyszczania, który zwiększa poziom tlenu rozpuszczonego w wodzie, stymuluje aktywność perifitonu i bentosu, zatrzymuje osady oraz zmniejsza zawartość składników odżywczych i bakterii z grupy *coli*. Jeziora położone w dolnym biegu rzeki i przekształcone naturalne zbiorniki pełnią funkcję zbiorników retencyjnych i oczyszczających, zapewniając również miejsce życia organizmom wodnym, jednocześnie magazynując i spowalniając przepływ wód opadowych. Takie sztuczne mokradła są szczególnie pożądane w suchym klimacie, gdzie podstawowe przepływy wody pochodzą często z oczyszczonych ścieków czy też przesiąkania wód gruntowych. Ścieki w tym projekcie potraktowano jako element ekosystemu, a nie zanieczyszczenie, wykorzystując tę wodę jako zasób dla odbudowy siedlisk i rozwoju rekreacji (Wescoat, 2015).

Wadi Hanifa jest doskonałym przykładem, jak właściwe zarządzanie i oczyszczanie ścieków komunalnych może pomóc w odbudowie relacji między miastem a otaczającym je środowiskiem naturalnym. Dzięki starannemu zarządzaniu zasobami wodnymi i nowoczesnym rozwiązaniom ekologicznym negatywny wpływ urbanizacji na ten teren został ograniczony, a sama dolina została przekształcona w cenną przestrzeń naturalną i rekreacyjną. W rezultacie Wadi Hanifa pełni

obecnie funkcję ważnego korytarza ekologicznego i obszaru rekreacyjnego, gdzie mieszkańcy mogą cieszyć się kontaktem z naturą, co przynosi liczne korzyści społeczne, środowiskowe i krajobrazowe całemu miasta. Korytarz rozciąga się na długości ok. 50 km i obejmuje dziewięć dużych parków, pięć jezior oraz ponad 7 km nadbrzeżnych promenad (Trottier i Eidick, 2015)



Rysunek 8.9. Główna instalacja służąca do bioremediacji (AKDN, 2014)

W ramach projektu zidentyfikowano kluczowe gatunki rodzime, pobrano sadzonki i nasiona z najmniej zniszczonych fragmentów doliny, a następnie rozmnożono je w nowych szklarniach i szkółkach. Rośliny te zostały umieszczone w 35 różnych konfiguracjach komórek sadzeniowych, których tysiące zbudowano wzdłuż dna doliny. Komórki składają się z pokrytych żwirem grządek będących lokalnymi inkubatorami do rozmnażania nasion. Wprowadzono rozległe nasadzenia gatunków rodzimych i odpornych na suszę (rysunek 8.10). Ponownie posadzono gaje palmowe i odtworzono tereny podmokłe, co zwiększyło łączność siedlisk. Łącznie w ramach projektu posadzono lub przesadzono 30 tys. drzew dających cień, 6 tys. palm daktylowych, 2 tys. dużych drzew akacjowych i 50 tys. krzewów. W rezultacie dolina stała się siedliskiem dla większej liczby bezkręgowców wodnych, ryb i ptaków wędrownych, które wykorzystują jeziora i zbiorniki jako miejsca lęgowe. Wybudowane ścieżki i promenady oraz wyznaczone w dolinie Hanifa przestrzenie publiczne zachęcają użytkowników do dbania o otaczające środowisko oraz zapobiegają nielegalnemu wyrzucaniu śmieci i tym samym ograniczają degradację krajobrazu. Społeczna korzyść wynikająca ze zrealizowanego projektu jest zatem równie istotna jak środowiskowa.



Rysunek 8.10. Komórki sadzeniowe w dolinie Hanifa (Trottier i Eidick, 2015)

Pozytywne wyniki interwencji w dolinie Hanifa są różnorodne i wzajemnie się wzmacniają. Ryzyko powodzi zostało zmniejszone dzięki usprawnieniu przepływu wody, zastosowaniu środków retencyjnych w górnej części rzeki oraz prowadzeniu kontroli terenów zalewowych. Jakość wody uległa poprawie wskutek zabiegów bioremediacji i działań oczyszczających na terenach podmokłych. Oczyszczona woda jest ponownie wykorzystywana do nawadniania i utrzymania stałego przepływu cieków. W miejscach, gdzie zregenerowano siedliska, poprawie uległy wskaźniki różnorodności biologicznej, a cały zielony korytarz oferuje mieszkańcom Rijadu usługi rekreacyjne i kulturalne. Równie ważne są wnioski dotyczące zarządzania projektem i projektowania systemowego. Sukces tego projektu opiera się na planowaniu ogólnym w skali zlewni, modelowaniu technicznym, ciągłym monitorowaniu oraz ramach instytucjonalnych, które pozwoliły egzekwować kontrolę użytkowania gruntów i koordynować działania różnych agencji.

Pomimo znacznych osiągnięć przed doliną Hanifa wciąż stoją różne wyzwania. Długoterminowe zarządzanie sztucznymi mokradłami i zbiornikami wymaga ciągłej konserwacji, polegającej przede wszystkim na zapobieganiu zamulaniu, dodatkowo należy ograniczać rozprzestrzenianie się gatunków inwazyjnych oraz zakwity glonów, zwłaszcza że znaczne zapotrzebowanie miasta na wodę i zmiany klimatu wywołują zaburzenia w istniejącym obiegu hydrologicznym. Aby utrzymać funkcje ekologiczne, niezbędne jest stałe finansowanie programu, monitorowanie adaptacyjne roślinności oraz zaangażowanie lokalnych społeczności.

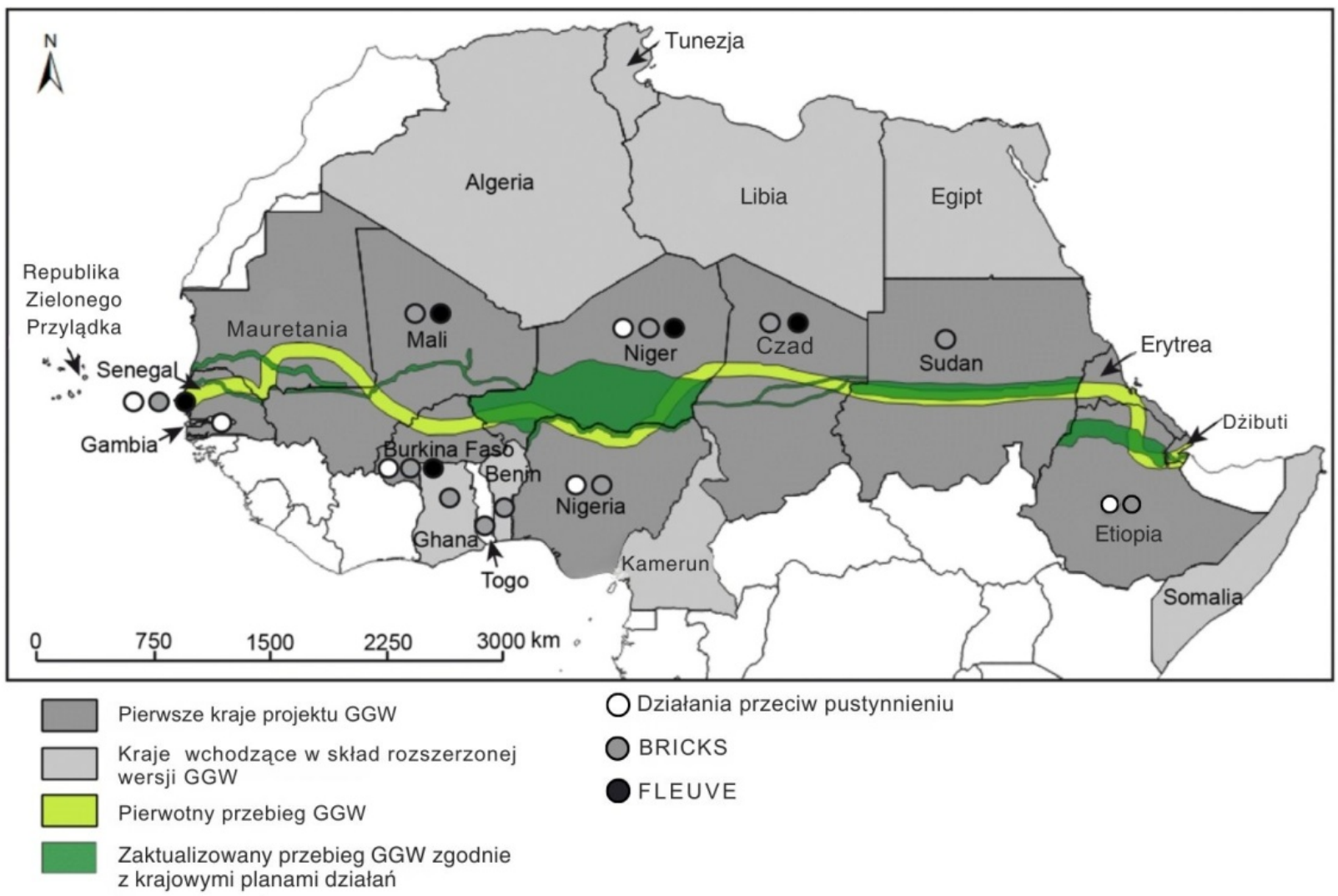
Na podstawie projektu renaturyzacji Wadi Hanifa wysnuć można trzy ogólne wnioski. Po pierwsze, projektowanie zielonej infrastruktury powinno być prowadzone w skali zlewni. Po drugie, należy priorytetowo traktować wielofunkcyjne systemy oczyszczania wody oparte na naturze, a po trzecie, należy włączać lokalne społeczności w zarządzanie terenem i jego eksploatację.

8.1.4. Renaturyzacja zdegradowanego krajobrazu w skali ponadregionalnej – Wielki Zielony Mur (Senegal, Mauretania, Mali, Burkina Faso, Niger, Nigeria, Czad, Sudan, Erytrea, Etiopia, Dżibuti)

Wielki Zielony Mur (Great Green Wall, GGW) jest jednym z programów ekologicznych i społecznych funkcjonujących na terenie Afryki. Jego głównymi celami są: powstrzymanie pustynnienia, odbudowa zdegradowanych ekosystemów oraz wzmocnienie odporności klimatycznej ludności zamieszkującej region Sahelu, który charakteryzuje się gorącym klimatem pustynnym (BWh) i ciepłym klimatem stepów (BSh).

Początkowo projekt miał mieć formę pasa zieleni o szerokości ok. 15 km i długości ok. 8 tys. km, rozciągającego się przez cały kontynent afrykański, od Senegalu na zachodzie po Dżibuti na wschodzie (rysunek 8.11). Jednak w ostatnich latach wizja ta przekształciła się w zintegrowane podejście do zrównoważonego zarządzania środowiskiem, zmierzające do stworzenia mozaiki różnych sposobów użytkowania ziemi, regeneracji naturalnej roślinności, a także poprawy retencji i ochrony wody. Całkowita powierzchnia inicjatywy Wielkiego Zielonego Muru wynosi 156 mln ha, a jego największe obszary znajdują się w Nigrze, Mali, Etiopii i Erytrei.

Zgodnie z danymi Konwencji Narodów Zjednoczonych w sprawie zwalczania pustynnienia (UNCCD), nadrzędnym celem GGW jest rekultywacja 100 mln ha zdegradowanych gruntów, utworzenie 10 mln zielonych miejsc pracy oraz sekwestracja 250 mln CO_2 do 2030 roku. Idea budowy Wielkiego Zielonego Muru po raz pierwszy pojawiła się w latach 80. XX wieku, jednak dopiero decyzja zainicjowana w 2007 roku przez Unię Afrykańską przy wsparciu UNCCD nadała jej kształt polityczny i instytucjonalny. Pierwsze lata realizacji charakteryzowały się rozproszeniem działań i brakiem skoordynowanego monitoringu. Poszczególne kraje prowadziły własne projekty zalesiania, nie dysponując wspólnymi wskaźnikami postępu ani stabilnym finansowaniem. W 2010 roku wszystkie państwa strefy Sahelu utworzyły Pan-African Agency of the GGW (PA-GGW) w celu koordynowania wdrażania tej inicjatywy i mobilizacji zasobów. W 2020 roku powstał raport „Great Green Wall Implementation Status and Way Ahead to 2030", który był pierwszą kompleksową oceną stanu realizacji projektu. Z jego treści wynika m.in., że dzięki działaniom prowadzonym w latach 2007–2018 zrekultywowano prawie 20 mln ha gruntów (rysunek 8.12) i wygenerowano ok. 90 mln dol. przychodów. Inicjatywa ta wiąże się z wieloma korzyściami środowiskowymi i społeczno-gospodarczymi, takimi jak możliwość zatrudnienia mieszkańców obszarów wiejskich, co przyczynia się do zmniejszenia poziomu ubóstwa. W ramach projektu utworzono ponad 350 tys. miejsc pracy, a ok. 220 tys. osób przeszkolono w zakresie zrównoważonej produkcji rolno-pasterskiej.



Rysunek 8.11. Przebieg Wielkiego Zielonego Muru (Goffner i in., 2019)

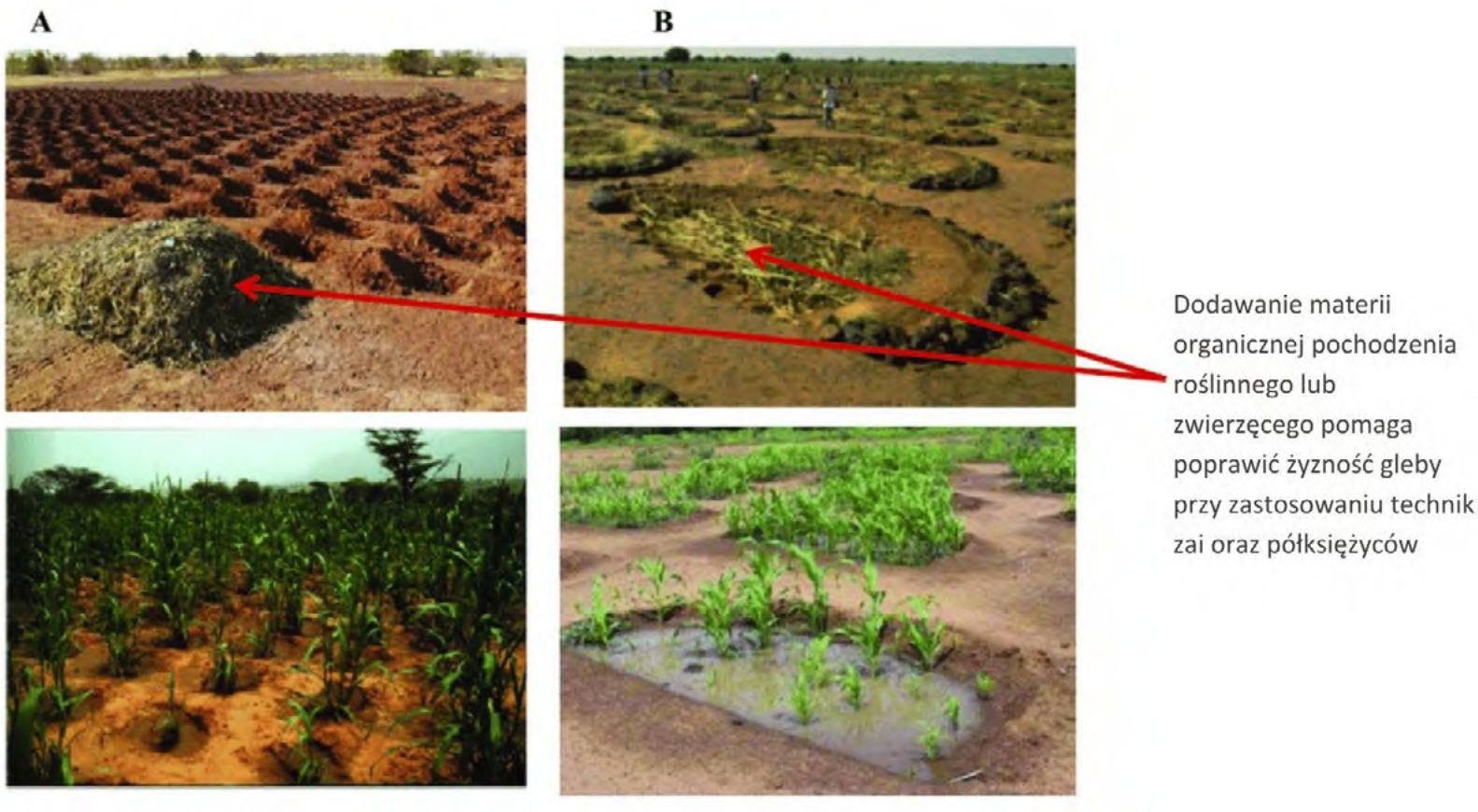
W 2021 roku stworzono program Great Green Wall Accelerator, prowadzony przez UNCCD, którego celem jest monitorowanie finansowania i wyników inicjatywy GGW. W 2023 roku zaś powstało Great Green Wall Observatory jako system monitorowania i oceny, który dostarcza informacji na potrzeby realizacji programów lokalnych, krajowych i regionalnych. W 2024 roku Unia Afrykańska (AUC, 2024) przyjęła nową strategię „Great Green Wall Initiative Strategy and Ten-Year Implementation Framework (2024–2034)", która łączy działania środowiskowe z celami społecznymi i gospodarczymi w ramach Agendy 2063, długoterminowej wizji integracji i rozwoju kontynentu. Zaktualizowana strategia Wielkiego Zielonego Muru zwiększa zasięg działań poza pierwotne 11 krajów i włącza inicjatywę do kontynentalnej polityki środowiskowej Unii Afrykańskiej.

Współczesne funkcjonowanie Wielkiego Zielonego Muru opiera się na zróżnicowanych działaniach, od lokalnych technik agroleśnych po zastosowanie zaawansowanych narzędzi naukowych i finansowych. W regionie Sahelu ogromne znaczenie mają rozwiązania tradycyjne – rolnicy od dziesięcioleci stosują techniki odbudowy gleb i retencji wody, takie jak zaï, czyli niewielkie dołki wypełniane materią organiczną, półksiężyce, czyli zagłębienia o średnicy ok. 2 m w kształcie półkola zorientowane „otwartą stroną" w kierunku stoku (rysunek 8.13 i 8.14), czy kamienne linie spowalniające spływ powierzchniowy (rysunek 8.15). W przypadku półksiężyców ziemia wydobyta z dołu tworzy wał, który zatrzymuje spływającą

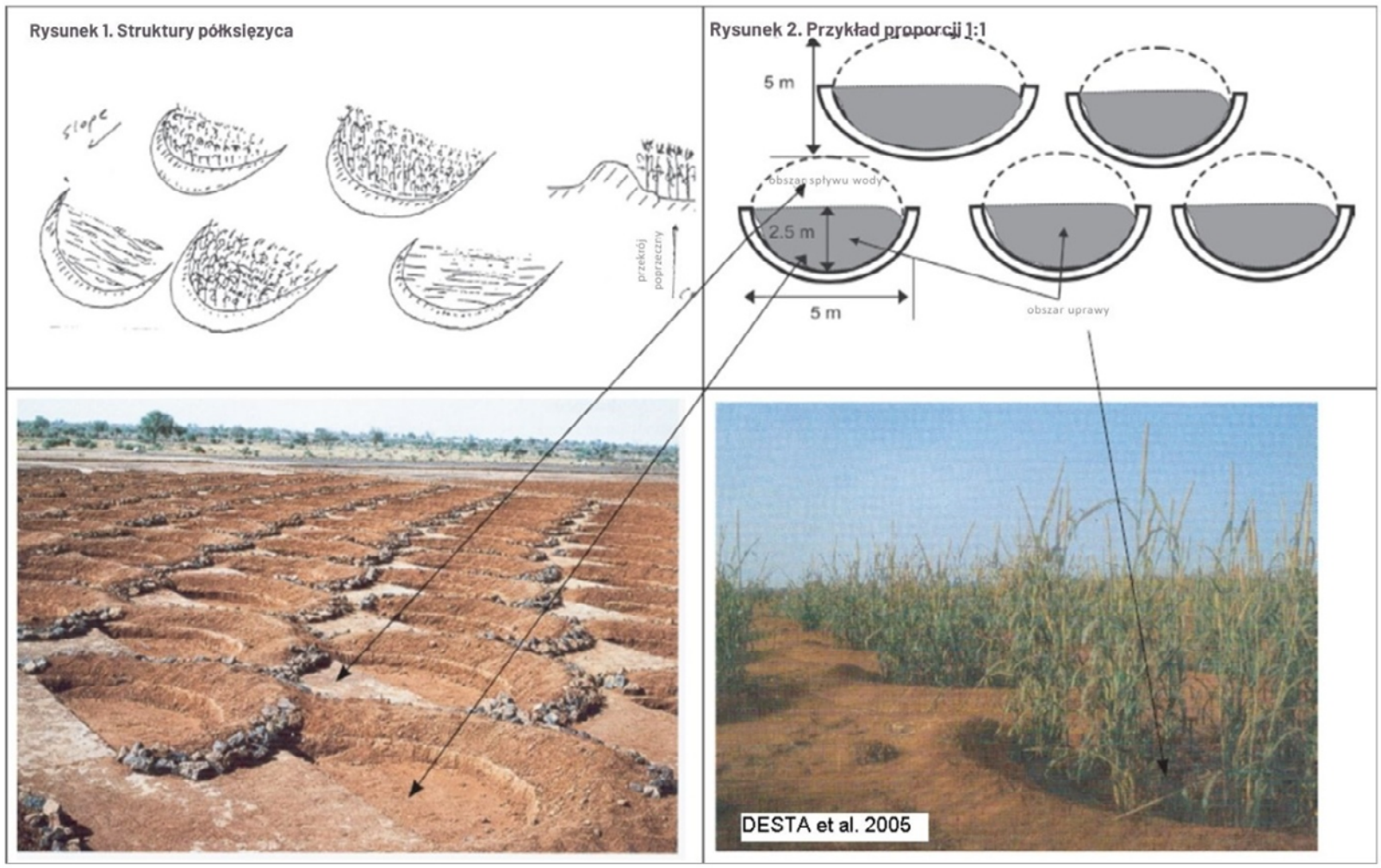
wodę, umożliwiając jej infiltrację w głąb gleby. W zagłębieniach umieszczany jest kompost lub obornik, a następnie sadzone są rośliny, w tym drzewa. Ta prosta, niskonakładowa technika znacznie poprawia wilgotność i produktywność gleby.



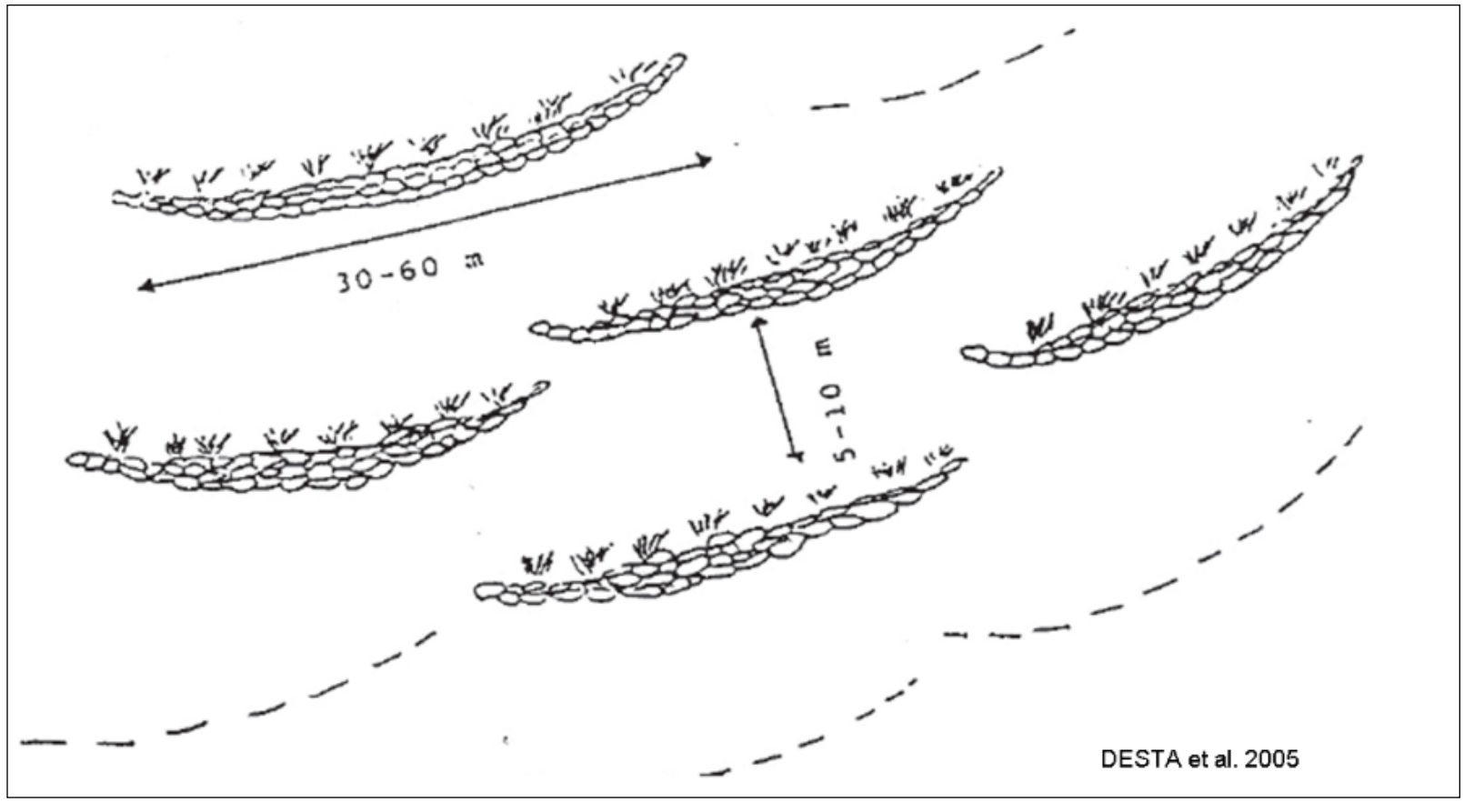
Rysunek 8.12. Obszary zrekultywowane w ramach inicjatywy Wielkiego Zielonego Muru (UNCCD, 2021)



Rysunek 8.13. Zaï (A) i półksiężyce (B) (Partey i in., 2018)



Rysunek 8.14. Półksiężyce (Desta i in., 2005)



Rysunek 8.15. Kamienne linie spowalniające spływ powierzchniowy (Desta i in., 2005)

Wielki Zielony Mur łączy dwa cele strategiczne, tj. adaptację społeczno-ekologiczną do zmian klimatu oraz mitygację emisji gazów cieplarnianych. W aspekcie adaptacyjnym inicjatywa ta wzmacnia odporność krajobrazów i społeczności na susze, erozję i niestabilność klimatyczną.

Odbudowa pokrywy roślinnej poprawia retencję wody, ogranicza erozję i poprawia żyzność gleb. Tworzenie zielonych miejsc pracy (rysunek 8.16), rozwój bioekonomii oraz włączanie społeczności lokalnych w zarządzanie zasobami sprzyjają społecznej odporności na kryzysy. Zmniejsza się w ten sposób ryzyko konieczności opuszczania terenów podlegających pustynnieniu. Analiza danych regionalnego modelu klimatycznego (RegCM wersja 4.3) wskazuje na pozytywne zmiany wynikające z inicjatywy GGW. Roślinność zielonego pasa przyczyniła się do zwiększenia liczby dni deszczowych o 9%, wzrostu intensywności ulewnych opadów atmosferycznych oraz zmniejszenia o 4% trwania okresów ekstremalnej suszy (Saley i in., 2019). W aspekcie mitygacyjnym Wielki Zielony Mur przyczynia się do pochłaniania i zmniejszania emisji dwutlenku węgla oraz zwiększania zdolności gleb do magazynowania węgla organicznego.



Rysunek 8.16. Członkowie lokalnych społeczności podczas tworzenia półksiężyców (fot. Anneli Sundin, 2013)

Pomimo widocznych efektów inicjatywy GGW znaczący wpływ na tempo realizacji projektu mają m.in.: niedostateczne i zróżnicowane w poszczególnych krajach finansowanie, napięcia polityczne w regionie, a także zmienne uwarunkowania klimatyczne. Niemniej Wielki Zielony Mur pozostaje symbolem współpracy i integracji krajów afrykańskich, projektem, który łączy tradycyjną wiedzę oraz współczesną naukę, politykę i ekonomię w dążeniu do renaturyzacji krajobrazu i wzrostu odporności klimatycznej.

8.2. MIEJSKIE SYSTEMY ZIELONEJ INFRASTRUKTURY

8.2.1. Renaturyzacja zdegradowanych krajobrazów w skali miejskiej – koncepcja miasta-gąbki (Chiny)

Postępująca urbanizacja prowadzi do poważnych zaburzeń w środowisku przyrodniczym, zwłaszcza w obiegu wody. Rozwój miast wiąże się z utratą otwartych terenów pokrytych roślinnością oraz wzrostem udziału powierzchni nieprzepuszczalnych. Ze względu na zmiany klimatu prowadzi to do wzrostu częstotliwości występowania na obszarach miejskich okresów suszy oraz powodzi błyskawicznych. W odpowiedzi na te wyzwania opracowano koncepcję urbanistyczną miasta-gąbki, która zakłada funkcjonowanie miast poprzez naśladowanie naturalnych procesów hydrologicznych jako swoistych gąbek. Jej głównym celem jest zwiększenie odporności miast na powodzie oraz niedobory wody poprzez pochłanianie, magazynowanie i ponowne wykorzystywanie wody deszczowej. Model miasta-gąbki stanowi przykład kompleksowego wdrażania zielonej infrastruktury w skali miejskiej. Umożliwia on łączenie rozwiązań urbanistycznych z hydrologicznymi i ekologicznymi. Koncepcja ta jest przykładem zrównoważonego zarządzania wodą stanowiącego fundament dla klimatycznej odporności i poprawy jakości życia mieszkańców.

Podstawy koncepcji miasta-gąbki sięgają 1997 roku, kiedy architekt krajobrazu Kongjian Yu wraz z zespołem rozpoczął badania nad funkcjonowaniem miejskich systemów wodnych. Wówczas po raz pierwszy użyto metafory „gąbki" do opisu zdolności ekosystemów do magazynowania i regulacji wód, wskazując, że naturalne mokradła wzdłuż rzek działają jak gąbki zatrzymujące wodę w czasie powodzi i uzupełniające zasoby wody w okresach suszy (rysunek 8.17). W 2001 roku Yu wraz ze współpracownikami opublikował koncepcję „Dziesięciu strategii budowy infrastruktury ekologicznej miast", która stanowiła jedno z pierwszych kompleksowych opracowań dotyczących zarządzania wodami opadowymi. Strategia ta podkreśla znaczenie ochrony naturalnych rzek, wybrzeży i mokradeł, wskazując je jako kluczowe elementy zapewniające miastom usługi ekosystemowe, od oczyszczania wody i łagodzenia powodzi po poprawę estetyki i jakości życia mieszkańców. Dokument krytykował powszechne wówczas zjawisko betonowania rzek i degradacji mokradeł w wyniku urbanizacji. W 2004 roku strategia ta została włączona do krajowego systemu planowania ekologicznego w Chinach i została wykorzystana m.in. w projektach dla takich miast, jak Pekin, Taizhou, Weihai, Heze i Dongying, a także w planach ekologicznych ok. 200 innych miast chińskich. Do pierwszych przykładów zastosowania koncepcji miasta-gąbki zalicza się realizacje w Suining (2011), Qian'an (2010) oraz Xixian New Area (2013) (rysunek 8.18).

Pierwsze projekty Kongjian Yu stanowiły swoiste laboratoria, w których rozwijano koncepcję miast-gąbek. Przy realizacji Zhongguancun Life Science Park w Pekinie (2000) wprowadzono system „komórek życia ziemi" – sztucznych mokradeł służących zbieraniu i oczyszczaniu deszczówki. Przełomowym wydarzeniem była powódź w Pekinie w 2012 roku, która doprowadziła do śmierci 79 mieszkańców. Jej tragiczne skutki były szeroko komentowane w mediach i wywołały silną reakcję społeczeństwa, skłaniając decydentów do ponownego przyjrzenia się koncepcji miasta-gąbki. W 2013 roku rząd chiński zwrócił uwagę na jej potencjał jako narzędzia poprawy bezpieczeństwa i odporności miast na zmiany klimatu. W efekcie koncepcja ta została włączona do strategii krajowej polityki miejskiej, co potwierdzało jej praktyczną skuteczność oraz otworzyło nowe możliwości rozwiązywania problemów związanych z gospodarką wodną, degradacją środowiska i jakością życia w miastach. Miasto-gąbka stało się systemowym podejściem do zarządzania wodami opadowymi, kontroli powodzi, oczyszczania wód, rekultywacji terenów zdegradowanych, odtwarzania siedlisk przyrodniczych oraz kształtowania miejskiego mikroklimatu.



Rysunek 8.17. Park Yanweizhou w Jinhua łączący funkcje rekreacyjne oraz ochrony przeciwpowodziowej (prowincja Zhejiang, Chiny) (Turenscape, 2014)



Rysunek 8.18. Korytarz ekologiczny Sanlihe River w mieście Qian'an (prowincja Hebei, Chiny) (Turenscape, 2013)

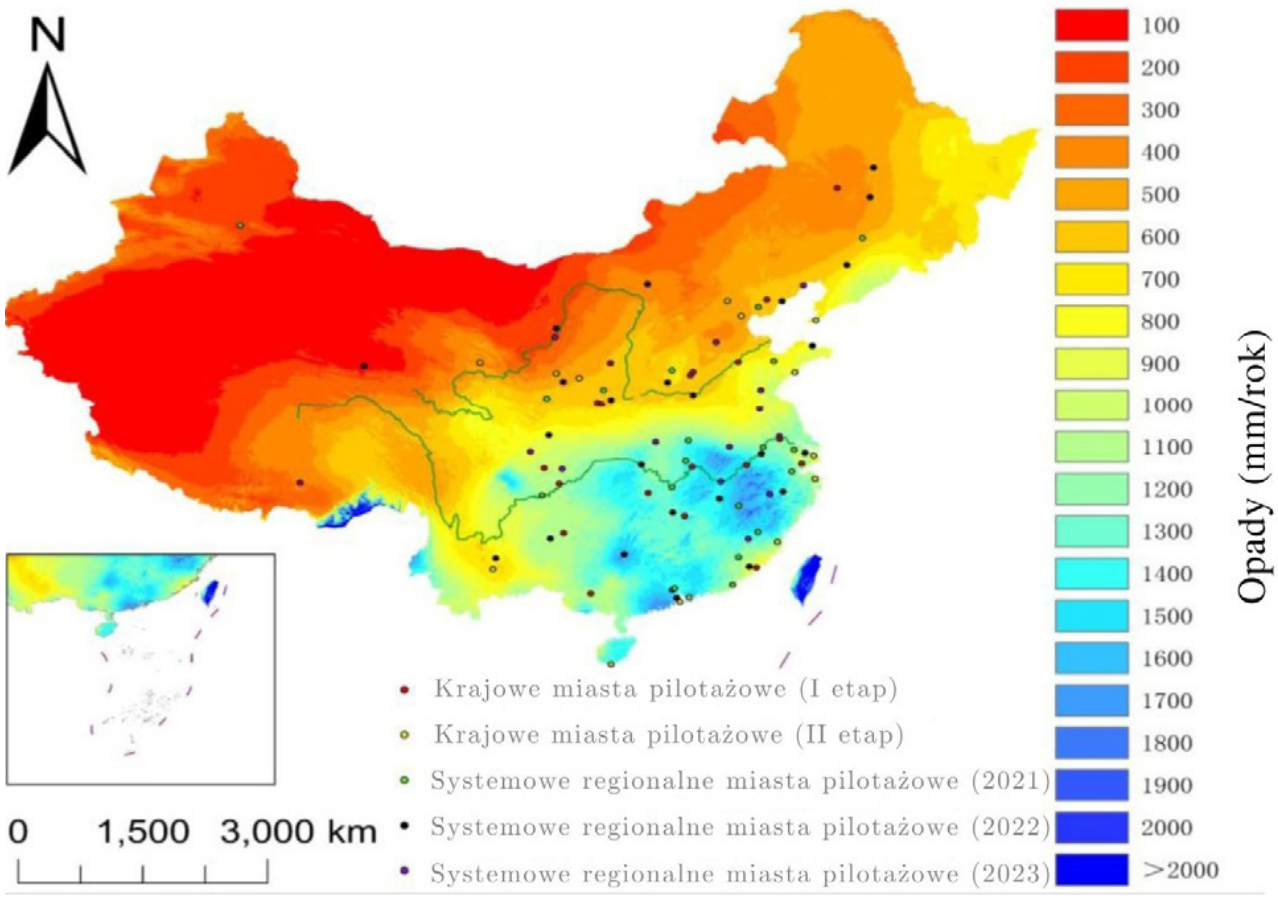
W 2015 roku rozpoczęto realizację pilotażowych projektów miast-gąbek w 16 miastach, a w 2016 roku do programu włączono kolejnych 14 ośrodków. Rozmieszczenie miast pilotażowych nie było przypadkowe. Ich dobór odzwierciedla zróżnicowanie klimatyczne i hydrologiczne kraju, umożliwiając testowanie rozwiązań w różnych warunkach środowiskowych, przede wszystkim nadmiaru lub deficytu wody. Wybrane miasta położone są zarówno w warunkach klimatu zimnego pustynnego (BWk), wilgotnego tropikalnego (Cfa), subtropikalnego wyżynnego (Cfb), jak i kontynentalnego subarktycznego (Dwa i Dwb). Najwięcej miast pilotażowych znajduje się w wilgotniejszych regionach wschodnich i południowych Chin (rysunek 8.19).

Według założeń koncepcji, do 2020 roku ok. 20% zabudowanych terenów miejskich miało zdolność do infiltracji i magazynowania wód opadowych, a długofalowy cel zakłada, że do 2030 roku aż 80% miejskich obszarów zabudowanych stanie się powierzchniami przepuszczalnymi, zdolnymi do zatrzymywania i wykorzystywania 70% lokalnych opadów deszczu.

Sukces chińskich miast-gąbek przyczynił się do globalnego zainteresowania tą koncepcją. W Rosji w 2018 roku ukończono pierwszy etap inspirowanego chińskim modelem projektu Kaban Lake w Kazaniu. Rok później Vancouver (Kanada) uruchomiło strategię Rain City, opartą na infrastrukturze przyrodniczej

i procesach ekologicznych mających ograniczyć powodzie miejskie, poprawić jakość wód i zwiększyć bioróżnorodność. W Montrealu planuje się budowę 30 parków-gąbek (*sponge parks*) i 400 chodników-gąbek (*sponge sidewalks*), aby spowolnić spływ wód deszczowych i odciążyć kanalizację. W Toronto już w 2009 roku wprowadzono obowiązek tworzenia zielonych dachów w przypadku nowych inwestycji. W Amsterdamie rozwijane są projekty błękitno-zielonych dachów, a Los Angeles testuje się ulice-gąbki (*sponge streets*) z pasami zieleni wzdłuż jezdni. Z kolei w Indiach, gdzie coraz częściej występują powodzie błyskawiczne, miasta takie jak Ahmadabad i Ćennaj wdrażają zasady tej koncepcji, budując parki retencyjne, systemy infiltracyjne i sieć ostrzegania przed powodziami.

W praktyce model miasta-gąbki opiera się na tworzeniu zintegrowanego systemu obiegu wody w przestrzeni miejskiej. Miasto funkcjonuje tu jako ekosystem hydrologiczny, w ramach którego infrastruktura i procesy przyrodnicze współdziałają, a woda staje się zasobem obiegu zamkniętego. Zamiast szybkiego odprowadzania opadów do kanalizacji system umożliwia ich lokalne zatrzymywanie, infiltrację, oczyszczanie i ponowne wykorzystanie.



Rysunek 8.19. Lokalizacja miast pilotażowych programu miast-gąbek w Chinach na tle średniorocznych opadów [mm/rok] (Shi i in., 2023)

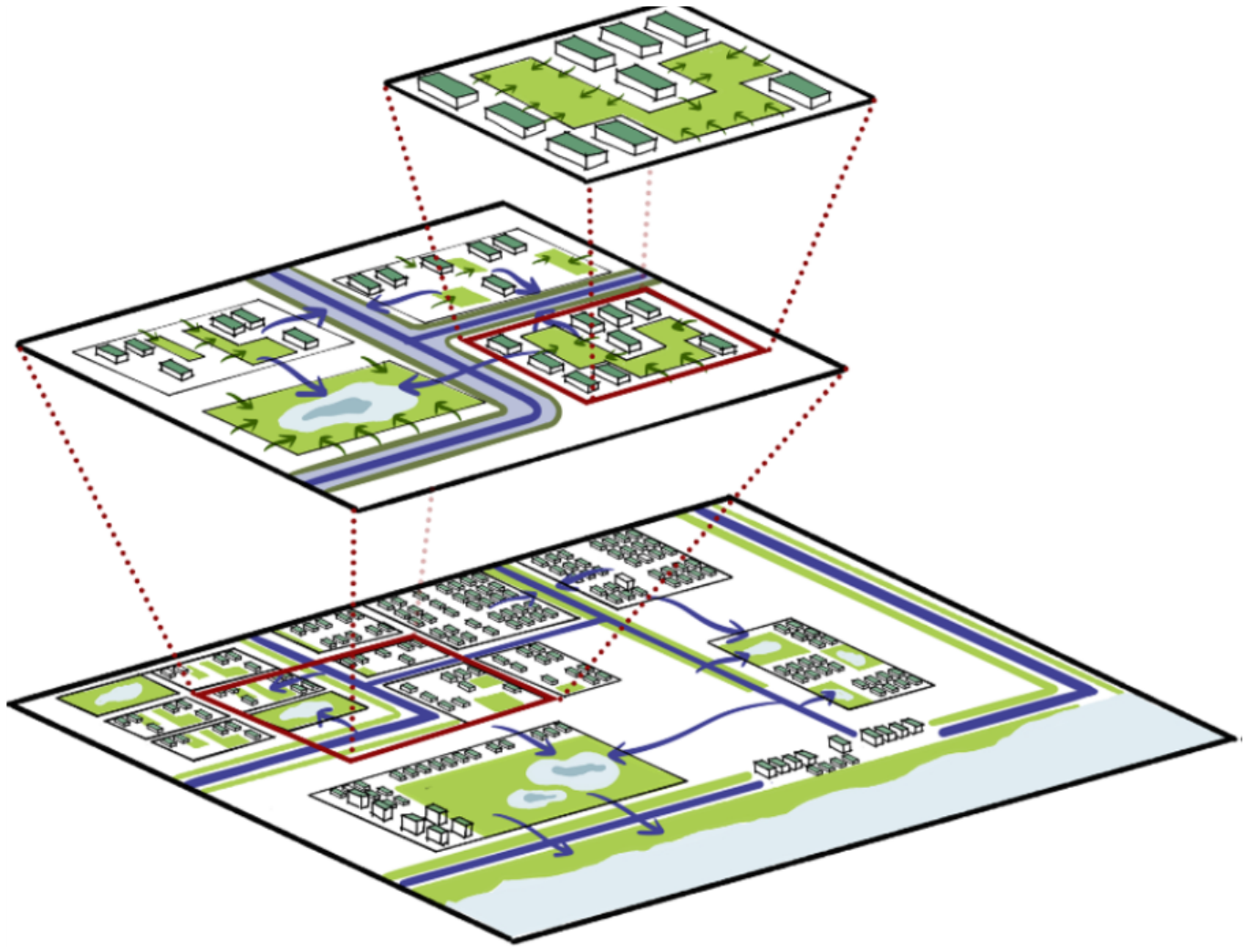
Skuteczność funkcjonowania miasta-gąbki wymaga działania w trzech wzajemnie powiązanych skalach (rysunek 8.20):

- mikroskala – rozwiązania stosowane na poziomie pojedynczych działek i budynków, np. poprzez systemy zbierania deszczówki i zielone dachy,

- mezoskala (kwartału lub dzielnicy) – elementy łączone są w sieć, tworząc systemy retencji i infiltracji obsługujące większy obszar,
- makroskala – koncepcja przenika do planowania całego miasta lub zlewni, gdzie integrowane są funkcje hydrologiczne, krajobrazowe i urbanistyczne.

Projektowanie w różnych powiązanych ze sobą skalach pozwala utrzymać równowagę pomiędzy odpływem wody i jej retencją, ograniczając tym samym ryzyko powodzi błyskawicznych oraz przeciwdziałając skutkom suszy.
W koncepcji miasta-gąbki woda opadowa przestaje być traktowana jako odpad, a staje się elementem ekosystemowych usług miejskich, wspierając bioróżnorodność i poprawiając mikroklimat oraz jakość życia mieszkańców.

Koncepcja opiera się również na zasadzie kompensacji ekologicznej, która zakłada, że korzyści płynące z regulacyjnych usług ekosystemowych (takich jak np. retencja, oczyszczanie czy chłodzenie) powinny być równoważone i uwzględniane w zarządzaniu oraz finansowaniu infrastruktury miejskiej. Jedynie integracja aspektów ekologicznych, przestrzennych i ekonomicznych pozwala utrzymać długoterminową efektywność tego systemu. W rezultacie miasto-gąbka nie jest jedynie rozwiązaniem technicznym, ale nowym paradygmatem planowania terenów zurbanizowanych, w ramach którego struktura krajobrazu, gospodarka wodna i potrzeby społeczne tworzą spójny, odporny na zmiany klimatyczne układ funkcjonalny.



Rysunek 8.20. Modele wielkoskalowej łączności w koncepcji miasta-gąbki (Shi i in., 2023)

Ze względu na współdziałanie infrastruktury technicznej i naturalnej koncepcja miasta-gąbki pozwala tworzyć miasta samoregulujące i odporne na zmiany klimatu. Dzieje się tak zarówno na skutek spowolnienia odpływu, zwiększenia retencji wód opadowych i ograniczenia ryzyka powodzi błyskawicznych lub łagodzenia skutków suszy, jak i obniżenia temperatury powietrza, co zmniejsza podatność mieszkańców na fale upałów i przegrzewanie się miast. Na poziomie mitygacji bezpośrednie zwiększanie powierzchni biologicznie czynnej sprzyja sekwestracji węgla poprzez rozwój roślinności, co poprawia bilans energetyczny miast, wspierając procesy naturalnego pochłaniania CO_2 i redukcji zanieczyszczeń powietrza. Choć efekt chłodzenia mikroklimatu jest przede wszystkim działaniem adaptacyjnym, to ma on również pośredni wpływ mitygacyjny. Niższa temperatura powietrza w przestrzeni miejskiej ogranicza zużycie energii na klimatyzację, co z kolei prowadzi do spadku emisji dwutlenku węgla z sektora energetycznego. Błękitno-zielona infrastruktura łagodzi skutki zmiany klimatu i pośrednio ogranicza ich przyczyny. Efektywność procesów adaptacyjnych i mitygacyjnych zależy od integracji planowania przestrzennego, gospodarki wodnej i polityki ekologicznej.

8.2.2. Rolnictwo miejskie – park rolniczy Ogrody Stene w Ostendzie (Belgia)

Ogrody Stene to przykład nowego typu parku miejskiego, w którym produkcja żywności staje się kluczową funkcją przestrzeni publicznej. Park powstał jako część masterplanu Groen Lint (Zielona Wstążka). Jest to 35-kilometrowa trasa rowerowa wokół Ostendy zaprojektowana jako nowa podmiejska przestrzeń publiczna, której celem jest aktywizowanie obszarów produkcyjnych wokół miasta. Ogrody Stene (rysunek 8.21) to istotny projekt europejskiej inicjatywy FoodSHIFT Accelerator Labs, w ramach której m.in. Ostenda testowała nowe modele planowania „jadalnych miast".

Ostenda to miasto o zwartej strukturze, zajmujące powierzchnię 37 km². Położone jest w strefie klimatu umiarkowanego ciepłego oceanicznego (Cfb). Pomimo że jest gęsto zaludnione, odznacza się stosunkowo dobrym dostępem do zieleni, gdyż aż 85% ludności mieszka w promieniu maks. 400 m od terenów zieleni. W przeszłości miasto korzystało z usług wybitnych architektów krajobrazu, takich jak Charles Girault, Henri Maquet czy Elie Lainé, którzy zostali zaproszeni przez króla Leopolda II do współpracy przy kształtowaniu miasta.

Około 2016 roku władze miasta skierowały uwagę na obrzeża miasta oraz potencjał zielonego pierścienia. Wyznaczono 15 typów krajobrazu, z których każdy miał odegrać rolę w łagodzeniu skutków zmian klimatu, głównie poprzez ochronę przyrody, produkcję energii, gospodarkę wodną, produkcję żywności czy zarządzanie ciepłem.



Rysunek 8.21. Fragment Ogrodów Stene znajdujących się w bliskim sąsiedztwie szkoły podstawowej (Landezine Award, 2022)

Jednym z nowo zaprojektowanych obszarów były park rolniczy Ogrody Stene, który zlokalizowano na niedostępnych i mało znanych mieszkańcom obszarach we wsi Stene (rysunek 8.22). Proces projektowy trwał dwa lata. Brali w nim udział: eksperci, rolnicy, organizacje pozarządowe, studenci, politycy i mieszkańcy. Miasto Ostenda wykupiło 16 z 35 ha obszaru objętego projektowaniem w celu zapewnienia realizacji na nim celów publicznych. Budowa prowadzona była w latach 2018–2019, a jej koszt wyniósł ok. 2,5 mln euro.



Rysunek 8.22. Strefa ekologicznej uprawy roślin ozdobnych (FoodSHIFT2030, 2023)

Teren parku rolniczego Ogrody Stene podzielono na cztery obszary (rysunek 8.23):

1. ogród polderowy (*polder garden*) – obszar specjalizujący się w produkcji warzyw,
2. łąki podmokłe (*water meadow*s) – obszar specjalizujący się w ekstensywnym wypasie i rozwoju funkcji przyrodniczych,
3. pola doświadczalne (*test fields*) – obszar specjalizujący się w innowacyjnych uprawach,
4. dystrybucja żywności (*food platform*) – obszar specjalizujący się w magazynowaniu i sprzedaży żywności.



Rysunek 8.23. Plan użytkowania ziemi Ogrodów Stene (Landezine Award, 2022)

Ogrody Stene funkcjonują jako wielofunkcyjny park żywnościowy XXI wieku oparty na precyzyjnych działaniach prowadzonych na obszarach podmiejskich. W ramach realizacji projektu przekształcono cieki wodne oraz pogłębiono kanały retencyjne, usunięto ok. 22 000 m^3 gruntu, stworzono spójny system ścieżek pieszych i rowerowych wraz z trzema głównymi wejściami na teren parku, a także odwodniono pola uprawne, posadzono sad oraz wybudowano elementy infrastruktury towarzyszącej, takie jak mostki, strefy piknikowe, plenerową klasę czy jadalną pergolę.

Park rolniczy funkcjonuje dzięki swoim użytkownikom (rysunek 8.24) – członkom inicjatywy „Rolnictwo wspierane przez społeczność" (Community Supported Agriculture), spacerowiczom, turystom, rolnikom oraz wolontariuszom. Przeszkolona grupa przewodników oprowadza po „ogrodach produkcyjnych

XXI wieku", czyniąc z tego miejsca narzędzie edukacji „od krajobrazu do talerza". Kluczową rolę odgrywają również instytucje sąsiadujące z parkiem: szkoła średnia Sint-Andreas (z plenerową klasą i systemem wykorzystania deszczówki do nawadniania upraw), wspólnota mieszkaniowa Boldershof oraz planowany projekt mieszkaniowy z lokalnym sklepem spożywczym. To właśnie dzięki lokalnym powiązaniom teren ten funkcjonuje niczym ekosystem społeczny, nie jest jedynie strukturą przestrzenną.



Rysunek 8.24. Strefa edukacyjna w parku rolniczym (Landezine Award, 2022)

Istotnym elementem funkcjonowania Ogrodów Stene jest sprawiedliwość społeczna, traktująca dostęp do zdrowej żywności jako element odporności miasta. Działania na rzecz redystrybucji nadwyżek żywności oraz wsparcia grup wrażliwych społecznie wzmacniają zdolność miasta do reagowania na kryzysy klimatyczny i ekonomiczny. Między innymi dzięki funkcjonowaniu tego parku pobliska centralna kuchnia miejska mogła ograniczyć marnowanie żywności o ok. 40%, co przyczyniło się do oszczędności finansowych rzędu 50 tys. euro oraz redukcji emisji dwutlenku węgla o ok. 112 ton. Przykład ten pokazuje, że zmiany organizacyjne w systemach żywienia zbiorowego mogą przynosić jednocześnie korzyści ekonomiczne i środowiskowe.

Park rolniczy Ogrody Stene realizuje również cele adaptacji do zmiany klimatu, głównie poprzez zintegrowane podejście, w ramach którego systemy wodne, produkcja żywności, bioróżnorodność oraz funkcje społeczne są wzajemnie powiązanymi elementami infrastruktury podmiejskiej.

Adaptacja do zmiany klimatu koncentrowała się na odtworzeniu i pogłębieniu cieków oraz budowie nowych kanałów i systemów regulacji poziomu wody, co znacząco zwiększyło zdolność retencyjną całego obszaru. Działania te

ograniczyły ryzyko powodzi, zmniejszyły podatność gleby na zasolenie oraz ustabilizowały warunki dla prowadzenia działalności rolniczej. Mitygacja zmiany klimatu realizowana jest przede wszystkim poprzez wzmocnienie lokalnych systemów żywnościowych i ograniczenie emisji zanieczyszczeń związanych z transportem oraz przetwarzaniem żywności. Park rolniczy prowadzi lokalną produkcję żywności charakteryzującą się krótkim łańcuchem dostaw, a rozwój lasu jadalnego przyczynił się do redukcji śladu węglowego systemu żywnościowego. Zwiększenie powierzchni biologicznie czynnej, rozwój trwałych użytków zielonych oraz nasadzenia drzew i krzewów sprzyjają natomiast sekwestracji dwutlenku węgla oraz poprawie ogólnego bilansu energetycznego miasta. Istotnym aspektem mitygacji jest również wymiar behawioralny. Miasto Ostenda wdrożyło strategię żywnościową, w której Ogrody Stene grają kluczową rolę, wspierając zmianę wzorców konsumpcji w kierunku diety zdrowszej i bardziej roślinnej. Działania te obejmują m.in. przeciwdziałanie marnowaniu żywności, współpracę z sektorem gastronomicznym oraz wsparcie dla krótkich łańcuchów dostaw.

8.2.3. Lasy miejskie i program zielonych ulic – system nawadniający i aleje drzew w Mendozie (Argentyna)

Mendoza jest stolicą prowincji o tej samej nazwie znajdującej się w Argentynie. Samo miasto leży w północno-środkowej części prowincji, u podnóży wzgórz i wysokich równin znajdujących się po wschodniej stronie wielkiego łańcucha górskiego Andów. Miasto liczy obecnie ponad 127 tys. mieszkańców. Mendoza położona jest w strefie klimatu suchego typu zimnego pustynnego (BWk), którego charakterystycznymi elementami są gorące i wilgotne lata oraz chłodne i suche zimy. Roczna suma opadów atmosferycznych wynosi ok. 220 mm, z tego względu prowadzenie ekstensywnego rolnictwa na terenie całej prowincji jest możliwe tylko dzięki systemowi nawadniania. Woda prowadzona jest z głównych rzek regionu, które mają swoje źródła w Andach, a pochodzi przede wszystkim z topniejącego śniegu.

Miasto zostało założone w XVI wieku w dolinie rzeki Mendozy przez hiszpańskich konkwistadorów. W czasie trzęsienia ziemi w drugiej połowie XIX wieku zostało w dużej mierze zniszczone, a następnie odbudowane według zupełnie nowego planu urbanistycznego. Mendoza zyskała przede wszystkim sieć szerokich, przecinających się prostopadle ulic oraz parków i innych terenów zieleni miejskiej. Istotnym aspektem było również wybudowanie wodociągów, kanalizacji i systemu irygacyjnego oraz zasadzenie wielu drzew, co wpłynęło korzystnie na poprawę jakości życia mieszkańców i walory estetyczne miasta. W planie urbanistycznym kluczową rolę odgrywały tereny zieleni miejskiej. W zachodniej części miasta powstał Park im. gen. San Martina, zajmujący powierzchnię przeszło 400 ha, na terenie którego znajdują się m.in: ogród zoologiczny, stadion piłkarski, tereny rekreacyjne oraz kampus Narodowego Uniwersytetu Cuyo. Park został zaprojektowany przez francusko-argentyńskiego architekta krajobrazu Carlosa Thaysa. Projekt był zgodny z obowiązującymi w XIX wieku zasadami projektowania ogrodów, uwzględniając promenady z rzeźbami, ogród różany oraz liczne fontanny.

Pomimo skrajnie suchego klimatu w Mendozie funkcjonuje rozbudowany system sztucznego nawadniania, który umożliwia rozwój i zachowanie zieleni w całym mieście, a także uprawę winorośli na terenie prowincji, produkcję słynnego na cały świat wina, gównie szczepu malbec, oliwek i oliwy. Cechą charakterystyczną tego systemu irygacyjnego są odsłonięte kamienne rowy (rysunek 8.25), które biegną po obu stronach ulic, zaopatrujące w wodę tysiące drzew. Stały przepływ wody jest kontrolowany przez system śluz otwieranych w zależności od przydziału wody oraz przez ukształtowanie terenu, gdyż to grawitacja powoduje przemieszczanie się wody w kanałach.



Rysunek 8.25. Kanały nawadniające w Mendozie (IWSN, 2019)

W Mendozie rośnie obecnie ok. 50 tys. drzew przyulicznych (rysunek 8.26). Pełnią one zasadniczą funkcję w regulacji klimatu miejskiego, przede wszystkim łagodząc efekt miejskiej wyspy ciepła oraz poprawiając komfort termiczny mieszkańców, głównie latem. Dzięki znacznemu zacienieniu ulic i budynków wyraźnie zmniejszone jest zapotrzebowanie na energię elektryczną potrzebną do chłodzenia domów. Drzewa przyuliczne w Mendozie przyczyniają się ponadto do poprawy jakości powietrza i znacznego wzrostu jego wilgotności, tłumienia hałasu oraz zwiększenia bioróżnorodności w mieście. System nawadniający odgrywa zaś ogromną rolę w regulacji przepływu wody w czasie opadów nawalnych, ograniczając tym samym negatywne skutki powodzi błyskawicznych.

Rosnące w mieście na szerokich alejach drzewa to przede wszystkim platany, akacje i palisandry, natomiast na węższych ulicach głównie morwy, jesiony, śliwy, ambrowce, ozdobne jakarandy i drzewa pieprzowe. Charakterystycznym

elementem krajobrazu obrzeży miasta i jego najbliższych okolic są szpalery wysokich topoli sadzonych wzdłuż szlaków komunikacyjnych, które tworzą osłonę łagodzącą skutki erozji wietrznej, stabilizują glebę oraz zapewniają ochronę przed nagłymi wezbraniami i cień. Dostarczają również surowca do budowy konstrukcji służących do regulowania i odprowadzania wody (śluz, małych tam i murów oporowych).



Rysunek 8.26. Platany rosnące wzdłuż jednej z ulic w Mendozie
(fot. Wojciech Lewandowski, 2016)

8.2.4. Zarządzanie wodą opadową w mieście – zielone ulice w Portland (Stany Zjednoczone)

Problem odprowadzania wód opadowych w miastach wynika z dominacji nieprzepuszczalnych powierzchni, które ograniczają infiltrację. Wody opadowe są odprowadzane przez sieć kanalizacyjną, którą jest zwykle tzw. kanalizacja ogólnospławna odbierająca wszystkie rodzaje ścieków, zarówno ścieki sanitarne, jak i wodę opadową. Przy coraz częściej występujących opadach nawalnych system kanalizacyjny w dużych miastach staje się niewydolny, co powoduje podtopienia i zalewanie nie tylko ulic, lecz także całych dzielnic.

W Europie, w tym w Polsce, średni umiarkowany opad jednorazowy wynosi 10–15 mm, jednak współcześnie coraz częściej zdarzają się opady sięgające nawet 100–120 mm (100–120 l/m^2 powierzchni). Przy tak dużych opadach nie ma możliwości przygotowania wydajnej szarej infrastruktury (sieć kanalizacyjna zbiorcza), ponieważ coraz większe powierzchnie w miastach są zabetonowane. Na obszarach zurbanizowanych, gdzie ukształtowanie terenu jest bardziej

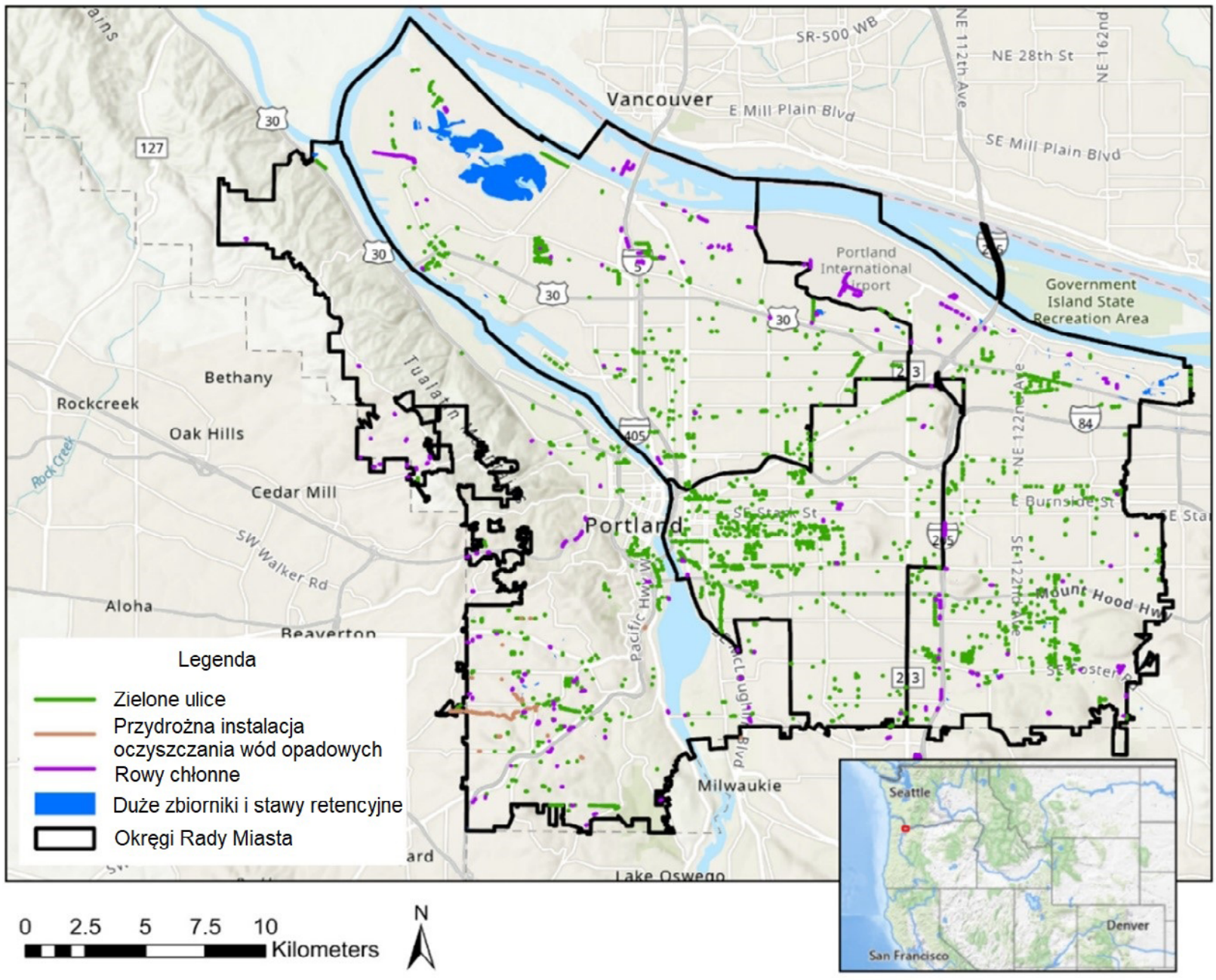
urozmaicone, przy opadach ekstremalnych tempo odprowadzania wód opadowych do kanalizacji jest bardzo szybkie. W efekcie intensywny spływ powierzchniowy po nawierzchniach nieprzepuszczalnych powoduje nadmierne obciążenie kanalizacji (*combined sewer overflows*). Skutkuje to podtopieniami, zmniejszeniem wydajności oczyszczalni ścieków, a przy deszczach nawalnych także koniecznością odprowadzania spływu mieszanych ścieków poza oczyszczalnie, czyli wprost do rzek, jezior czy mórz, co zagraża źródłom wody pitnej i w rezultacie wpływa negatywnie na zdrowie ludzi i stan środowiska.

Gospodarowanie wodą opadową jest zatem jednym z kluczowych wyzwań dla planowania przestrzeni miejskiej, a stosowanym rozwiązaniem błękitno-zielona infrastruktura. Miastem, gdzie problem ten jest rozwiązywany systemowo od przeszło trzydziestu lat, jest Portland (650 tys. mieszkańców) położone w stanie Oregon (USA).

Portland zlokalizowane jest w strefie klimatu umiarkowanego śródziemnomorskiego ciepłego (Csb), ze średnią roczną temperaturą powietrza 11°C oraz wysokimi opadami atmosferycznymi, sięgającymi 1000 mm rocznie. Tak duże opady powodują, że od bardzo dawna w Portland występują powodzie błyskawiczne oraz lokalne podtopienia. Nasilenie tych zjawisk nastąpiło w II połowie XX wieku, kiedy to ludność miasta kilkunastokrotnie się zwiększyła i tym samym gwałtowanie wzrósł udział powierzchni nieprzepuszczalnych. W latach 90. XX wieku dramatyczne podtopienia i odpływ ścieków wprost do rzeki zdarzały się nawet 57 razy w ciągu roku. W odpowiedzi na te zagrożenia w 1991 roku rozpoczęto realizację w mieście projektu łączącego rozbudowę szarej i zielonej infrastruktury. Część projektu dotycząca szarej infrastruktury o nazwie Big Pipe obejmowała budowę do 2011 roku trzech rurociągów o średnicy przekraczającej 6,5 m i długości przeszło 20 km. Te gigantyczne tunele położono wzdłuż rzek Willamette i Kolumbia, co spowolniło odprowadzanie wody opadowej poprzez jej przechwytywanie i stopniowe odprowadzanie nadmiaru do oczyszczalni ścieków, a dopiero później do rzeki. Druga część projektu obejmowała zaprojektowanie zielonej infrastruktury, której celem miało być przechwytywanie wody, aby zmniejszyć odprowadzanie wód opadowych do systemu kanalizacji, i odprowadzenie jej w miarę możliwości bezpośrednio do gruntu na terenach podwórek i ogrodów przydomowych (McPhillips i Matsler, 2018).

Pierwsze działania polegały na odłączeniu od kanalizacji ogólnospławnej wody odprowadzanej z dachów (a więc wody czystej). Łącznie odłączono 56 tys. rur spustowych, co pozwoliło ograniczyć odprowadzanie do kanalizacji 4,5 mln m^3 wód opadowych. Wodę tę odprowadzono do mikrorozwiązań budowanych wzdłuż ulic: ogrodów deszczowych, niecek filtracyjnych czy studni chłonnych. Pierwsze, demonstracyjne rozwiązania zielonej infrastruktury wprowadzono zarówno na terenach publicznych, przy szkołach czy muzeach, jak i na terenach prywatnych.

Wprowadzanie elementów zielonej infrastruktury odbywało się stopniowo najpierw przez władze publiczne, jak Bureau of Environmental Services (BES), a potem także przez prywatnych deweloperów. Takie systemowe podejście wymagało stosunkowo długich przygotowań i szkoleń, tak aby już na etapie planowania można było zaproponować konkretne miejsca na poszczególne elementy, a także oswoić deweloperów z nowymi rozwiązaniami służącymi do odprowadzania wód opadowych. W ten sposób zaprojektowano „zielone ulice" (rysunek 8.27), a ich realizacja możliwa była dzięki wielu programom grantowym zachęcającym do wdrażania zielonej infrastruktury różnego typu.



Rysunek 8.27. Zielone ulice Portland. Elementy zielonej infrastruktury obejmują ok. 2950 obiektów przyulicznych, głównie ogrodów deszczowych oraz 70 przyulicznych oczyszczalni ścieków, 350 niecek filtracyjnych i 200 dużych zagłębień filtracyjnych i stawów (City of Portland, 2025)

W ramach projektów grantowych zaoferowano prywatnym właścicielom terenu zniżki opłat rzędu 35% za zatrzymywanie wód opadowych na terenie działek i nieodprowadzanie ich do kanalizacji, a nawet do 67% przy zainstalowaniu rozwiązań zielonej infrastruktury. Wspierano również powstawanie zielonych

dachów (nazywanych w Portland ekodachami) zarówno w przypadku nowych inwestycji, jak i remontów, w tym na budynkach komercyjnych, np. na dachu supermarketu Walmart w południowej części miasta. W 2021 roku miasto wprowadziło nową strategię wymagającą zastosowania ekodachów w przypadku wszystkich inwestycji o powierzchni powyżej 1858 m², przy czym maks. 40% powierzchni dachu można wykorzystać na inne cele, np. pod panele solarne.

Szczególnie istotne przy wdrażaniu projektu zielonych ulic okazało się długofalowe monitorowanie skuteczności zastosowanych rozwiązań, zarówno pod względem przechwytywania wody, jak i jej oczyszczania czy efektywności działania. Monitorowanie pozwoliło optymalnie dobrać gatunki roślin sadzonych w ogrodach deszczowych i dostosować do nich podłoże oraz rozwiązania techniczne.

Do kluczowych narzędzi wykorzystywanych przy realizacji programu zielonych ulic należy specjalny „Przewodnik gospodarowania wodami opadowymi" (Stormwater Management Manual), którego pierwsza edycja ukazała się w 1999 roku, a najnowsza pochodzi z 2025 (City of Portland, 2007; 2025). Zawiera on szereg warunków, które muszą zostać spełnione przez każdy nowy projekt lub przebudowę (każda zmiana powierzchni nieprzepuszczalnej powyżej 46 m^2 wymaga zatwierdzenia przez BES). Dotyczą one wielkości i konieczności dostosowania konkretnego rozwiązania związanego z zagospodarowaniem wody opadowej, a także usytuowania obiektu oraz wymagań dotyczących oczyszczenia wód i doboru gatunkowego roślin. Zdolność do redukcji zanieczyszczeń jest oparta na przepływie, założono natężenie przepływu oczyszczania w wysokości 0,48 mm/h i współczynnik odpływu 0,90.

Portland ma obecnie ponad 3 tys. elementów zielonej infrastruktury zlokalizowanych wzdłuż ulic i przy parkingach. W większości są to, jak wspomniano, tzw. mikrointerwencje, których skutek działania widoczny jest dzięki tzw. efektowi skali. Są to kieszonkowe ogrody deszczowe (rysunek 8.28 i 8.29), kieszonkowe niecki chłonne (rysunek 8.30) oraz studnie chłonne o głębokości 9 m i średnicy 1,2 m z perforowanymi ścianami bocznymi, co umożliwia stopniową infiltrację wód opadowych do gruntu. Około 29% rozwiązań zielonej infrastruktury jest instalowanych przez miasto, 33% przez prywatnych deweloperów, a 38% w ramach projektów różnych instytucji (m.in. środowiskowych, mieszkaniowych, energetycznych).

Miasto Portland uznawane jest za pioniera systemowego wdrażania zielonych ulic na świecie (McPhillips i Matsler, 2018). Realizacja tego programu diametralnie ograniczyła negatywne skutki nadmiernego obciążenia kanalizacji, w tym zbyt szybkiego odprowadzania wody deszczowej, oraz częstotliwość podtopień. W efekcie uzyskano wiele różnych korzyści dla lokalnych społeczności – poza zmniejszeniem zagrożenia podtopień ulic i piwnic wzrosła również ochrona jakości

wody w rzekach dzięki wyeliminowaniu do 90% zanieczyszczeń trafiających do nich wraz z wodą opadową, odnowieniu uległy zasoby wody w gruncie, zmniejszyło się zagrożenie suszą oraz zwiększono absorbcję dwutlenku węgla i tym samym poprawiono jakość powietrza, co sumarycznie wpłynęło na poprawę jakości życia mieszkańców. Niejako przy okazji, wraz ze wzrostem powierzchni biologicznie czynnej i rozwojem roślinności zmniejszyło się zagrożenie falami upałów, ograniczono efekt miejskiej wyspy ciepła, a także poprawiono bezpieczeństwo pieszych i rowerzystów ze względu na spowolnienie ruchu dzięki poszerzeniu skrajni drogi na rzecz roślinności.



Rysunek 8.28. Kieszonkowy ogród deszczowy w centrum Portland (fot. Agata Cieszewska, 2025)



Rysunek 8.29. Kieszonkowy ogród deszczowy w dzielnicy mieszkaniowej (fot. Agata Cieszewska, 2025)



Rysunek 8.30. Niecka inflitracyjna porośnięta roślinnością (fot. Agata Cieszewska, 2025)

8.2.5. Wielkoskalowe parki miejskie – Las Kabacki im. S. Starzyńskiego w Warszawie (Polska)

Obszary miejskie charakteryzują się wysokim stopniem odziaływania człowieka na krajobraz. Z powodu wzrostu liczby elementów antropogenicznych zmniejsza się powierzchnia obszarów naturalnych, co prowadzi do ograniczenia liczby gatunków rodzimych oraz wzrostu liczby gatunków nierodzimych, w tym wielu inwazyjnych. Proces urbanizacji przyczynia się do przekształcania środowiska przyrodniczego polegającego przede wszystkim na fragmentacji otwartych przestrzeni. Kluczowa kwestią jest zatem dążenie do zachowania wszystkich obszarów leśnych, które znajdują się w granicach miasta, co można uzyskać poprzez objęcie ich ochroną oraz włączenie w proces planowania przestrzennego. Konieczne jest przy tym wnikliwe rozpoznanie potencjału rekreacyjnego tych terenów oraz określenie zasobów infrastruktury rekreacyjnej, a także potrzeb i preferencji osób wypoczywających.

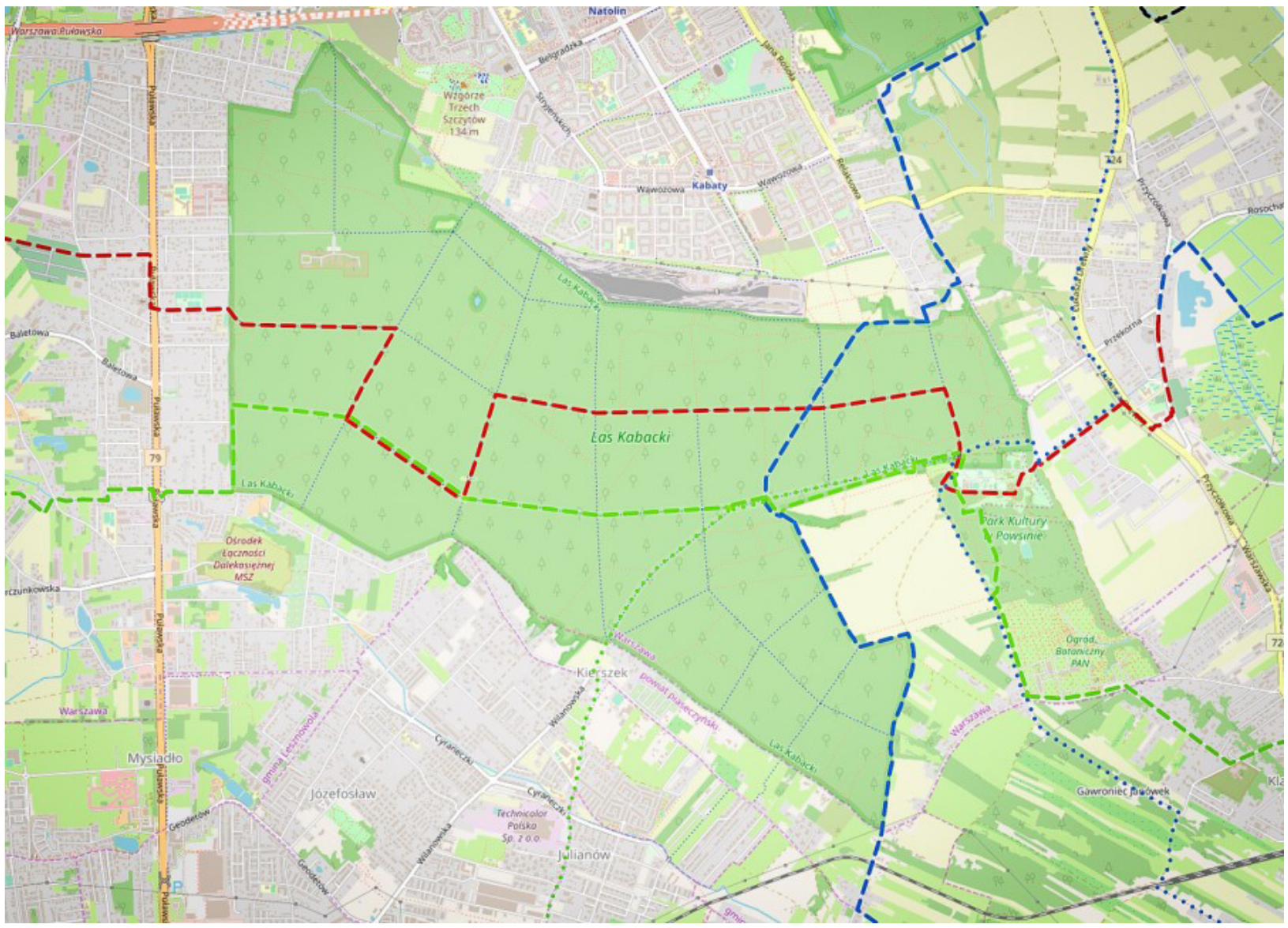
Lasy miejskie to wielkoskalowe parki, jedne z najcenniejszych terenów zielonych w miastach. Odgrywają one bardzo ważną rolę zarówno w kształtowaniu miejskich sieci ekologicznych, wspieraniu zachowania naturalnych siedlisk i różnorodności biologicznej, jak i w zapewnianiu korzyści psychologicznych i rekreacyjnych, które pozytywnie wpływają na samopoczucie ich użytkowników. Lasy miejskie są przede wszystkim miejscem odpoczynku, zarówno w drodze do pracy, jak i podczas spędzania wolnego czasu. Swiadczą różnorodne usługi ekosystemowe, takie jak korzyści ekologiczne (np. siedliska dzikich zwierząt i łączność), korzyści ekonomiczne (np. skrócenie czasu rekonwalescencji w szpitalach i zmniejszenie wskaźników przestępczości), kompensacja emisji dwutlenku węgla, usuwanie zanieczyszczeń powietrza, redukcja hałasu, regulacja lokalnego klimatu, korzyści zdrowotne, korzyści kulturowe, wartości estetyczne oraz walory użytkowe.

W krajobrazie miejskim parki leśne odgrywają istotną rolę jako miejsce rekreacji dla mieszkańców, umożliwiające relaks i obserwację dzikiej przyrody. Ze względu na odpowiednio przygotowaną infrastrukturę ułatwiają uprawianie sportu, zapewniając dobre samopoczucie psychiczne i fizyczne. Czasami są również źródłem inspiracji dla artystów.

W obrębie Warszawy lasy miejskie zajmują prawie 15% powierzchni (ok. 7,25 tys. ha). Rozmieszczone są głównie na obrzeżach miasta w 27 kompleksach, z których 15 zarządza m.st. Warszawa.

Przykładem lasu miejskiego jest Las Kabacki im. Stefana Starzyńskiego zlokalizowany w południowej części Warszawy, na terenie dzielnicy Ursynów (rysunek 8.31). Rozciąga się na długości 4–5 km i szerokości 2,5–3 km, zajmując powierzchnię 924,72 ha. Od południa graniczy z gminami Piaseczno i Konstancin-

-Jeziorna, od północy z osiedlami dzielnicy Ursynów, a od zachodu z zabudową ulicy Puławskiej. Jest to jeden z najcenniejszych obiektów przyrodniczych na terenie całego miasta, z tego względu 11 sierpnia 1980 r. został objęty ochroną rezerwatową. Jest również największym kompleksem leśnym wchodzącym w skład Lasów Miejskich Warszawy, a także największym rezerwatem województwa mazowieckiego.



Rysunek 8.31. Położenie Lasu Kabackiego na tle sąsiedztwa i szlaków turystycznych (Mapa Turystyczna, 2025)

Pod względem przyrodniczym stanowi fragment starego lasu mazowieckiego, głównie ubogiego grądu subkontynentalnego (rysunek 8.32), który wykształcił się w warunkach klimatu kontynentalnego wilgotnego z ciepłym latem (Dfb). Las ten porasta staroglacjalną wysoczyznę morenową oraz fragment Skarpy Warszawskiej – wyraźnie odznaczającej się formy terenu wyznaczającej granicę doliny Wisły. Na terenie rezerwatu zidentyfikowano łącznie 623 gatunki roślin naczyniowych, w tym 62 gatunki drzew i krzewów. Na jego obszarze znajduje się 13 pomników przyrody, są to drzewa o imponujących wymiarach, np. świerk pospolity o obwodzie 160 cm i wysokości 32 m oraz dąb czerwony o obwodzie 145 cm. W Lesie Kabackim odnotowano występowanie 22 gatunków ssaków,

w tym saren, dzików, jenotów i borsuków. Powszechnie występuje też wiele gatunków ptaków chronionych. Do głównych zagrożeń dla zwierząt należy rosnąca izolacja lasu, którego przyległe obszary są stopniowo zabudowywane. Powoduje to brak możliwości łatwego przemieszczania się zwierząt, co może prowadzić do osłabienia ich populacji (chów wsobny) i w konsekwencji wyginięcia.



Rysunek 8.32. Drzewostan grądowy w Lesie Kabackim (fot. Agata Cieszewska, 2024)

W XVII i XVIII wieku obszar Lasu Kabackiego wchodził w skład dóbr wilanowskich, które na przestrzeni lat zmieniały właścicieli, począwszy od króla Jana III Sobieskiego po rodzinę Branickich. W 1892 roku stanowił on samodzielną administrację leśną, zarządzaną do 1923 roku przez Wiktora Stephana. Tuż przed II wojną światową, pod koniec grudnia 1938 roku, las został kupiony przez miasto. Inicjatorem zakupu był komisaryczny prezydent stolicy Stefan Starzyński i właśnie jego imię teren ten nosi do dziś. Las Kabacki znajdował się wówczas poza granicami miasta, celem zakupu było jego udostępnienie mieszkańcom Warszawy jako miejsca wypoczynku i tę funkcję pełni także obecnie. Kupno ponad 900 ha lasu położonego pomiędzy terenami rolniczymi umożliwiło zachowanie go w niezmienionej postaci – nie został on rozparcelowany na działki budowlane i tym samym stanowił naturalną południową granicę rozprzestrzeniania się zabudowy Warszawy.

Od samego początku las był chętnie odwiedzany przez okolicznych mieszkańców. Ze względu na zwiększoną presję turystyczną zdecydowano się objąć go ochroną rezerwatową, której celem było zachowanie wartości społecznych i krajobrazowych środowiska przyrodniczego. Dzięki tej ochronie cały obszar

wyłączono z wykorzystania gospodarczego, zaprzestano tworzenia zrębni powierzchniowych, a zamiast tego wprowadzono przebudowę drzewostanu, która doprowadziła do zmniejszenia udziału sosny – gatunku dominującego – na rzecz gatunków liściastych typowych dla siedliska grądowego. Rosnące współcześnie na glebach brunatnych i bielicowych stare sosny z dużym udziałem modrzewia i dębu (do 130 lat) stanowią jedno z najcenniejszych zbiorowisk roślinnych występujących na tym terenie.

Las Kabacki pełni bardzo ważną funkcję dla mieszkańców Warszawy i okolicznych miejscowości. Jest tradycyjnym miejscem wypoczynku i rekreacji. Na jego terenie znajdują się szlaki turystyczne, ścieżki spacerowe i rowerowe czy kondycyjne. Zimą użytkownicy bardzo chętnie uprawiają tam narciarstwo biegowego ze względu na szerokie i prostopadle ułożone ścieżki. Osoby preferujące bierny wypoczynek mogą korzystać z licznych wiat turystycznych, ławek czy też leśnych placów zabaw dla najmłodszych (rysunek 8.33). W południowej części kompleksu, w pobliżu zabytkowej drewnianej leśniczówki z 1890 roku, znajduje się duża polana rekreacyjna, na której można rozpalić ognisko, pograć w piłkę czy też się poopalać. Jest to popularny teren organizacji całodniowych rodzinnych pikników. Istotnym elementem funkcjonowania Lasu Kabackiego jest bliskie sąsiedztwo Parku Kultury i Wypoczynku w Powsinie oraz Ogrodu Botanicznego PAN, co sprzyja długim i urozmaiconym wędrówkom.



Rysunek 8.33. Wiaty turystyczne w Lesie Kabackim (fot. Agnieszka Sosnowska, 2009)

Na terenie Lasu Kabackiego występują również elementy historyczne i kulturowe. Znajdują się tam liczne mogiły i pomniki upamiętniające m.in. ofiary zbrodni hitlerowskich z czasów II wojny światowej czy funkcjonowanie tajnej jednostki „Wicher", która rozszyfrowywała niemieckie kody wojskowe słynnej Enigmy, ale również miejsce katastrofy lotniczej samolotu pasażerskiego w 1987 roku.

Pytania sprawdzające:

1. Jakie problemy przestrzenne miało rozwiązać wprowadzenie zielonego pierścienia wokół Toronto?
2. Jakie były główne cele powstania Mezoamerykańskiego Korytarza Biologicznego?
3. Jakie rozwiązania oparte na naturze wykorzystano w procesie renaturyzacji Wadi Hanifa w Rijadzie?
4. W jaki sposób realizacja Wielkiego Zielonego Muru w Afryce wpływa na adaptację i mitygację do zmian klimatu?
5. Na czym polega koncepcja miasta-gąbki?
6. Jakie znaczenie dla funkcjonowania Ogrodów Stene w Ostendzie mają proces partycypacyjny oraz współpraca różnych interesariuszy?
7. W jaki sposób system nawadniania w Mendozie umożliwia rozwój zieleni miejskiej w warunkach skrajnie suchego klimatu i jakie pełni on funkcje dodatkowe poza dostarczaniem wody?
8. Na czym polega różnica między szarą a zieloną infrastrukturą w systemie gospodarowania wodą opadową w Portland i dlaczego ich połączenie okazało się skuteczne?
9. Jakie znaczenie ma Las Kabacki dla ochrony przyrody i struktury przestrzennej Warszawy?
10. Jakie wspólne cechy mają wszystkie omawiane projekty i jakie uniwersalne zasady planistyczne można z nich wysnuć?

Bibliografia

African Union Commission [AUC]. (2024). *African Union Great Green Wall Initiative Strategy and Ten-year Implementation Framework: Ecosystem Restoration and Livelihoods Resilience (2024–2034)*. https://au.int/sites/default/files/documents/43834-doc-FINAL_REVISION-Integration_Document_AU_Strategy_Final.pdf [dostęp: 20.10.2025].

Aga Khan Development Network [AKDN]. (2014). *2010 Aga Khan Award for Architecture recipients* [fot.]. https://the.akdn/en/resources-media/multimedia/photographs/2010-aga-khan-award-architecture-recipients [dostęp: 20.10.2025].

Ali, A. K. (2008). Greenbelts to contain urban growth in Ontario, Canada: Promises and prospects. *Planning Practice and Research*, *23*(4), 533–548. https://doi.org/10.1080/02697450802522889

Alrabe, M. (2013). *The Craving Desert: Story of a Remediated Dump*. https://web.mit.edu/nature/projects_14/pdfs/2014-WadiHanifa-Muneerah.pdf [dostęp: 20.10.2025].

BuroHappold. (2010). *Wadi Hanifah Flood Management Plan*, https://www.burohappold.com/projects/wadi-hanifah-flood-management-plan/ [dostęp: 20.10.2025].

Byers, B. (2013). *Nature on the edge: Lessons for the biosphere from the California coast.* Oregon State University Press.

CI & CABS. (2025). *Mesoamerican biodiversity hotspot* [rys.]. https://natureology101.wordpress.com/wp-content/uploads/2012/12/482_mesoamerica_map.jpg [dostęp: 20.10.2025].

City of Portland. (2007). *Green Street Policy*. https://www.portland.gov/sites/default/files/2020-06/36500-green-streets-policy-report-exhibit-a-155896.pdf [dostęp: 20.10.2025].

City of Portland. (2025). *Stormwater Management Manual*. https://www.portland.gov/bes/stormwater/2025-stormwater-management-manual [dostęp: 20.10.2025].

City of Portland. (2026). *About Big Pipe Project*. https://www.portland.gov/bes/about-big-pipe [dostęp: 20.10.2025].

Deng, A., Hao, X., & Qu, J. J. (2024). A Preliminary Assessment of Land Restoration Progress in the Great Green Wall Initiative Region Using Satellite Remote Sensing Measurements. *Remote Sensing*, *16*(23), 4461. https://doi.org/10.3390/rs16234461

Desta, L., Carucci, V., Wanden-Ageňehu, A., & Abebe, Y. (red.). (2005). *Community Based Participatory Watershed Development: A Guideline. Part 1.* Ministry of Agriculture and Rural Development of Ethiopia.

Dettman, S. (2006). The Mesoamerican Biological Corridor in Panama and Costa Rica: Integrating Bioregional Planning and Local Initiatives. *Journal of Sustainable Forestry*, *22*(1/2), 15–34. https://doi.org/10.1300/J091v22n01_02

FoodSHIFT2030. (2023, August 3). *Gardens of Stene – Innovative Park for Food Production*. https://foodshift2030.eu/gardens-stene-innovative-park-food-production/ [dostęp: 11.10.2025].

Goffner, D., Sinare, H., & Gordon, L. J. (2019). The Great Green Wall for the Sahara and the Sahel Initiative as an opportunity to enhance resilience in Sahelian landscapes and livelihoods. *Regional Environmental Change*, *19*(5), 1417–1428. https://doi.org/10.1007/s10113-019-01481-z

Greenbelt Foundation. (2025a). *blogheader-23* [fot.]. https://greenbelt.ca/wp-content/uploads/2025/08/blogheader-23.webp [dostęp: 20.10.2025].

Greenbelt Foundation. (2025b). *Ontario's Greenbelt* [rys.]. https://greenbelt.ca/wp-content/uploads/2025/08/smaller_map_-1024x780.webp [dostęp: 20.10.2025].

Greenbelt Foundation. (2025c). *Ontario's countryside* (CC BY Svetlana Fedarava) [fot.]. https://greenbelt.ca/wp-content/uploads/2025/07/GB_Blog_Aerial_Farmland-1024x683.webp [dostęp: 20.10.2025].

Griffiths, J., Chan, F. K. S., Shao, M., Zhu, F., & Higgitt, D. L. (2020). Interpretation and application of Sponge City guidelines in China. *Philosophical Transactions of the Royal Society A: Mathematical, Physical and Engineering Sciences*, *378*(2168), 20190222. https://doi.org/10.1098/rsta.2019.0222

Growth Plan for the Greater Golden Horseshoe. Approved by the Lieutenant Governor in Council, Order in Council No. 1024/2017. https://files.ontario.ca/appendix_-_growth_plan_2017_-_oc-10242017.pdf [dostęp: 2.01.2026].

Imbach, P. A., Locatelli, B., Molina, L. G., Ciais, P., & Leadley, P. W. (2013). Climate change and plant dispersal along corridors in fragmented landscapes of Mesoamerica. *Ecology and Evolution*, *3*(9), 2917–2932. https://doi.org/10.1002/ece3.672

Independent Evaluation Group [IEG]. (2011). The Mesoamerican Biological Corridor. *Regional Program Review*, *5*(2). https://documents1.worldbank.org/curated/en/825031468270654024/pdf/636880REPLACEM00Biological0Corridor.pdf [dostęp: 11.10.2025].

International Water Security Network [IWSN]. (2019). *Acequia in Mendoza* (CC BY A. Zuniga) [fot.]. https://www.watersecuritynetwork.org/wp-content/uploads/2019/03/Acequia-in-Mendoza-AZT.jpg [dostęp: 11.10.2025].

Interreg Europe. (2025, June 30). *Urban Foodpark – Gardens of Stene (Good Practice)*. https://www.interregeurope.eu/good-practices/urban-foodpark-gardens-of-stene [dostęp: 11.10.2025].

Landezine. (2022). *Tuinen van Stene / Gardens of Stene. Landezine International Landscape Award*. https://landezine-award.com/tuinen-van-stene-gardens-of-stene/ [dostęp: 11.10.2025].

López, A., & Jiménez, A. (2007). *Latin America assessment environmental conflict and cooperation: the Mesoamerican biological corridor as a mechanism for transborder environmental cooperation*. Report of the Regional Consultation 4–5 July 2006, Mexico City. UNEP. https://conservationcorridor.org/cpb/L%C3%B3pez_and_Jim%C3%A9nez_2007.pdf [dostęp: 20.10.2025].

Magliocca, N. R., Carter, N. H., Devine, J. A., Nielsen, E. A., & Sesnie, S. E. (2024). Jaguar conservation is caught in the crossfire of America's 'War on Drugs'. *Biological Conservation*, *296*, 110687. https://doi.org/10.1016/j.biocon.2024.110687

Mapa Turystyczna. (2025). *Las Kabacki* [mapa]. https://mapa-turystyczna.pl/node/las-kabacki#52.11981/21.07349/14 [dostęp: 11.10.2025].

McPhillips, L. E., & Matsler, A. M. (2018). Temporal Evolution of Green Stormwater Infrastructure Strategies in Three US Cities. *Frontiers in Built Environment*, *4*, *26*. https://doi.org/10.3389/fbuil.2018.00026

Miller, K., Chang, E., & Johnon, N. (2001). *Defining common ground for the mesoamerican biological corridor.* World Resources Institute. http://pdf.wri.org/mesoamerica_english.pdf [dostęp: 11.10.2025].

Ministry of Municipal Affairs and Housing of Ontario [MMAH Ontario]. (2017). *Greenbelt Plan 2017*. https://files.ontario.ca/greenbelt-plan-2017-en.pdf [dostęp: 20.10.2025].

Partey, S. T., Zougmore, R. B., Ouedraogo, M. & Campbell, B. M. (2018). Developing climate-smart agriculture to face climate variability in West Africa: Challenges and lessons learnt. *Journal of Cleaner Production*, *187*, 285e295. https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2018.03.199

RCRC. (2025). *Environmental Rehabilitation Program for Wadi Hanifa and its Tributaries – Royal Commission for Riyadh City*. https://www.rcrc.gov.sa/en/projects/wadi-hanifah/ [dostęp: 11.10.2025].

Rędzińska, K., & Dreksler, B. (2025). Climate Change and Landscape Emerging Technologies. W: B. Dreksler, J. Makhzoumi (red.), *Landscape Architecture in the Arab Middle East* (ss. 29–53). Routledge. https://doi.org/10.4324/9781003528500

Saley, I. A., Salack, S., Sanda, I. S., Moussa, M. S., Bonkaney, A. L., Ly, M., & Fodé, M. (2019). The possible role of the Sahel Greenbelt on the occurrence of climate extremes over the West African Sahel. *Atmospheric Science Letters*, *20*(8), e927. https://doi.org/10.1002/asl.927

Shi, C., Miao, X., Xu, T., Gao, W., Liu, G., Li, S., Lin, Y., Wei, X., & Liu, H. (2023). Promoting sponge city construction through rainwater trading: An evolutionary game theory-based analysis. *Water*, *15*(4), 771. https://doi.org/10.3390/w15040771

Sundin, A. (2013). *Half moon* [fot.]. https://www.siani.se/wp-content/uploads/2017/10/half_moon.jpg [dostęp: 11.10.2025].

Trottier, J., & Eidick, K. (2015). *Wadi Hanifah Comprehensive Development Plan. Landscape Performance Series. Landscape Architecture Foundation.* https://doi.org/10.31353/cs1040

Turenscape. (2013). *Qian'an Sanlihe River Ecological Corridor* [fot.]. https://www.turenscape.com/upload/project/coverpic/6106c61b3913ace4db9827e01b5acaf1.jpg [dostęp: 11.10.2025].

Turenscape. (2014). *Sponge city* [fot.]. https://www.turenscape.com/upload/image/20231030/20231030070650_39464.png [dostęp: 11.10.2025].

United Nations Development Programme [UNCCD]. (2021). *Great Green Wall* [fot.]. https://www.undp.org/sites/g/files/zskgke326/files/2023-01/great%20green%20wall.jpg [dostęp: 11.10.2025].

Wescoat, J. L. (2015). Water-Conserving Design Solutions: Contributions of Water Budget Analysis in Arid and Semi-Arid Regions. W: *Out of Water – Design Solutions for Arid Regions* (s. 162–173). De Gruyter. https://doi.org/10.1515/9783038210061.162

9. UWAGI KOŃCOWE

Historyczna ewolucja zielonej infrastruktury pokazuje, że nie jest ona żadną nagłą innowacją, lecz rezultatem długiej trajektorii rozwoju intelektualnego i praktycznego. Od dziewiętnastowiecznych ruchów reform społecznych, które podkreślały rolę regenerującą parków miejskich, poprzez pojawienie się planowania ekologicznego i myślenia sieciowego, aż po współczesne koncepcje usług ekosystemowych i odporności – każdy etap pozwalał poszerzyć rozumienie relacji między naturą a miastem. To, co początkowo stanowiło odpowiedź na kryzysy zdrowotne epoki uprzemysłowionej urbanizacji, przekształciło się w podejście systemowe, integrujące procesy ekologiczne z planowaniem przestrzennym oraz rozwojem społeczno-gospodarczym. Uświadomienie sobie tych podstaw pokazuje, że zielona infrastruktura jest jednocześnie zakorzeniona historycznie i ukierunkowana na przyszłość, oparta na etyce środowiskowej, a zarazem zorientowana na adaptacyjne i regeneracyjne modele rozwoju.

Zieloną infrastrukturę można interpretować z różnych, lecz komplementarnych perspektyw: jako sieć przestrzenną, system hydrologiczny, zintegrowane ramy społeczno-ekologiczne, a w końcu jako wyłaniający się paradygmat planowania. Każda z tych perspektyw podkreśla określone funkcje i logiki działania, od łączności przestrzennej i gospodarowania wodą po zarządzanie i praktykę wdrażania nowych rozwiązań. Porównanie sposobów jej konceptualizacji w różnych kontekstach narodowych ujawnia ponadto, że zielona infrastruktura jest kształtowana przez uwarunkowania kulturowe, instytucjonalne i środowiskowe. Zamiast jednego sztywnego modelu stanowi ona elastyczne ramy koncepcyjne, które można zaadaptować do lokalnych realiów. Zrozumienie tych wielu perspektyw umożliwia bardziej zniuansowane i wrażliwe na kontekst stosowanie zasad zielonej infrastruktury w badaniach i praktyce.

Przekładanie koncepcji zielonej infrastruktury na praktykę wymaga wspierających ram politycznych, skutecznych narzędzi planistycznych oraz jasno sformułowanych zasad projektowych. Międzynarodowe agendy i mechanizmy regulacyjne wyznaczają kierunek strategiczny, podczas gdy narzędzia wdrożeniowe, od instrumentów planowania przestrzennego po zachęty finansowe, umożliwiają realizację działań w terenie. Jednocześnie zasady łączności, wielofunkcyjności, inkluzywności oraz długoterminowej trwałości zapewniają spójność między teorią a praktyką. Operacjonalizacja nie jest zatem wyłącznie procesem technicznym, lecz także wyzwaniem w zakresie zarządzania, wymagającym koordynacji między sektorami i poziomami administracji. Skuteczność zielonej infrastruktury zależy ostatecznie od jej integracji z głównym nurtem systemów planowania i podejmowania decyzji.

Zielona infrastruktura odgrywa kluczową rolę we wzmacnianiu odporności środowiskowej, podnosząc jednocześnie jakość życia. Jej wielofunkcyjny charakter umożliwia dostarczanie usług ekosystemowych, które ograniczają ryzyko klimatyczne, poprawiają stan środowiska oraz wspierają spójność społeczną. Oprócz fizycznych korzyści, takich jak oczyszczanie powietrza czy ograniczanie skutków powodzi, obszary zielone przyczyniają się w znacznym stopniu do poprawy zdrowia psychicznego, redukcji stresu oraz ogólnego dobrostanu człowieka. Łącząc efektywność ekologiczną z wartością społeczną, zielona infrastruktura staje się jednym z filarów zrównoważonego rozwoju. Jej znaczenie wynika właśnie ze zdolności integracyjnej, łączenia ochrony środowiska, zdrowia publicznego oraz długoterminowej stabilności społeczno-gospodarczej.

Skuteczność zielonej infrastruktury zależy od jej dopasowania do skali przestrzennej i kontekstu terytorialnego. Od regionalnych sieci ekologicznych po interwencje projektowe w skali miejsca – każda skala wymaga odmiennych strategii i rozwiązań w zakresie zarządzania. Obszary miejskie, podmiejskie i wiejskie charakteryzują się odmiennymi uwarunkowaniami strukturalnymi, presjami oraz możliwościami, które wpływają zarówno na priorytety, jak i na wyzwania wdrożeniowe. Perspektywa wieloskalowa zapewnia ciągłość funkcjonalną i łączność ekologiczną, a jednocześnie pozwala odpowiadać na lokalne potrzeby. Uznanie skali za fundamentalny wymiar planowania umożliwia tworzenie bardziej spójnych, efektywnych i dostosowanych do kontekstu systemów zielonej infrastruktury.

Warunki klimatyczne w sposób zasadniczy kształtują projektowanie, funkcjonowanie oraz utrzymanie zielonej infrastruktury. Różnorodność globalnych stref klimatycznych, od regionów tropikalnych i suchych po umiarkowane, kontynentalne, polarne i górskie, wymaga zróżnicowanych strategii zakorzenionych w lokalnych procesach ekologicznych. Dostępność wody, ekstremalne temperatury, struktura roślinności oraz zmienność sezonowa wpływają zarówno na zagrożenia, jak i na możliwości. Stosowanie zasad projektowania wrażliwego na klimat zwiększa zdolność adaptacyjną krajobrazów i zapewnia ich długoterminową funkcjonalność. Włączanie wiedzy klimatycznej do planowania zielonej infrastruktury wzmacnia jej odporność i podkreśla znaczenie rozwiązań dostosowanych do lokalnego kontekstu w zmieniającym się klimacie globalnym.

Studia przypadków przedstawione w niniejszym podręczniku ilustrują wszechstronność i transformacyjny potencjał zielonej infrastruktury w różnych skalach i regionach – od wielkoskalowych korytarzy ekologicznych i inicjatyw odtwarzania krajobrazu po miejskie systemy gospodarowania wodami opadowymi oraz wielofunkcyjne parki. Przykłady te pokazują, w jaki sposób zasady

teoretyczne mogą być przekładane na konkretne rezultaty przestrzenne. Ujawniają, że skuteczne wdrażanie zależy nie tylko od rozwiązań technicznych, lecz także od struktur zarządzania, zaangażowania interesariuszy oraz długoterminowego zaangażowania instytucjonalnego. Sumarycznie przypadki te potwierdzają, że zielona infrastruktura stanowi dynamiczne i elastyczne ramy działania zdolne do przeciwdziałania degradacji środowiska, wyzwaniom klimatycznym oraz potrzebom społecznym. Czerpiąc z różnorodnych doświadczeń globalnych, planiści i projektanci mogą rozwijać strategie innowacyjne, odporne i wrażliwe na lokalny kontekst.

Sfinansowane ze środków Unii Europejskiej w ramach Funduszu Europejskiego dla Rozwoju Społecznego 2021–2027 (FERS) jako część projektu NAWA pt. „Wsparcie tworzenia i realizacji międzynarodowych programów kształcenia” nr FERS.01.05-IP.08-0436/23. Projekt Katamaran „Polsko-indonezyjskie podwójne studia magisterskie z architektury krajobrazu. »Architektura krajobrazu w warunkach planetarnych zmian klimatu«”. Akronim: PanPLAN BPI/KAT/2024/1/00007







