

*Sylvia Bródka, Oliwia Świączkowska*

Uniwersytet im. Adama Mickiewicza w Poznaniu, Zakład Ekologii Krajobrazu

SB: [brodka@amu.edu.pl](mailto:brodka@amu.edu.pl),  <https://orcid.org/0000-0002-1825-8013>

OŚ: [o.swieczkowska@wp.pl](mailto:o.swieczkowska@wp.pl)

## Rola błękitno-zielonej infrastruktury w kształtowaniu zdolności adaptacyjnych miast do zmian klimatu. Studium wybranych miast województwa wielkopolskiego położonych w dolinie Warty

**Zarys treści:** Artykuł przedstawia wyniki oceny potencjału ekologicznego miast w aspekcie adaptacji i mitygacji do zmian klimatu. Do badań wytypowano pięć miast województwa wielkopolskiego położonych w dolinie Warty: Luboń, Oborniki, Puszczykowo, Pyzdry i Sieraków. Analizę oparto na inwentaryzacji elementów błękitno-zielonej infrastruktury (BZI) z uwzględnieniem ich struktury rodzajowej, funkcji oraz układu przestrzennego. W ocenie zastosowano system wskaźników określających rolę BZI w kształtowaniu odporności miast na zagrożenia wynikające ze zmian klimatu. W związku z tym wskaźniki zagregowano do czterech głównych kategorii cech, takich jak: różnorodność przyrodnicza, modułowość struktur przyrodniczych, łączność ekologiczna oraz funkcjonalność ekologiczna. W podsumowaniu wyników badań zidentyfikowano mocne i słabe cechy błękitno-zielonej infrastruktury w poszczególnych miastach oraz przeprowadzono charakterystykę działań kierunkowych zawartych w lokalnych dokumentach strategicznych, które uwzględniają BZI oraz jej rolę w adaptacyjnym zarządzaniu miastami. W tym celu dokonano przeglądu opracowań z zakresu planowania przestrzennego oraz ochrony środowiska.

**Słowa kluczowe:** błękitno-zielona infrastruktura, zarządzanie adaptacyjne, zmiany klimatu, ekosystem miasta, ochrona środowiska

### Wprowadzenie

Problematyka zmian klimatu w aspekcie planowania rozwoju miast oraz budowania odporności na zagrożenia jest obecnie przedmiotem licznych opracowań naukowych oraz działań praktycznych realizowanych na styku ekologii, ochrony środowiska, urbanistyki oraz gospodarki przestrzennej. Wielu autorów podkreśla,

że miasta są nie tylko czynnikiem sprawczym niekorzystnych procesów klimatycznych, ale ponoszą również ich konsekwencje (Kronenberg 2012, Biela i in. 2023, Aboagye, Sharifi 2024, Nowak, Bera 2024). Jednym z ważnych kontekstów zarządzania przestrzenią miast w kierunku adaptacji i mitygacji do zmian klimatu są działania oparte na przyrodzie, polegające na ochronie i kształtowaniu błękitno-zielonej infrastruktury (BZI) (Gill i in. 2007, Coutts, Hahn 2015, Koc i in. 2017, Zwierzchowska, Mizgajski 2019, Januchta-Szostak 2020, Lupa 2020, Leda i in. 2023).

W literaturze przedmiotu funkcjonuje wiele alternatywnych definicji BZI o różnym zakresie merytorycznym, zależnym od problematyki prowadzonych badań (Benedict, Mc Mahon 2006, Garmendia i in. 2016, Koc i in. 2017, Wang, Banzhaf 2018, Kim, Song 2019, Mell, Scott 2023.). Benedict i Mc Mahon (2006) określają BZI jako połączoną sieć wód powierzchniowych, terenów podmokłych, lasów, terenów zieleni urządzonej, agrocenoz oraz innych otwartych przestrzeni, które wspierają rodzime gatunki, utrzymują zasoby powietrza i wód oraz regulują procesy ekologiczne, a także przyczyniają się do poprawy zdrowia i jakości życia społeczeństw. Kabisch i in. (2016) podkreślają rolę BZI w zrównoważonym zarządzaniu miastami, wskazując, że jest to system połączonych ze sobą obszarów wodnych i zielonych, który wspomaga funkcjonowanie ekosystemu miasta oraz zwiększa jego odporność na zjawiska klimatyczne. Z kolei Unia Europejska (por. European Commission 2013, 2019) definiuje BZI jako strategicznie zaplanowaną sieć obszarów naturalnych i półnaturalnych z innymi cechami środowiskowymi, która zawiera w sobie obszary zielone i niebieskie, oraz jest zarządzana w sposób zapewniający dostarczanie usług ekosystemowych. Warto zauważyć, że w przypadku miast ważną rolę w przeciwdziałaniu niekorzystnym skutkom zmian klimatu odgrywają drobne elementy BZI w formie zielonych dachów, zielonych ścian i fasad budynków, kwietnych łąk, ogrodów deszczowych czy też stawów, niecek i rowów retencyjnych (por. Bergier, Kowalewska 2019, Szulczewska, Stankowska 2020).

Koncepcja adaptacyjnego zarządzania środowiskiem zakłada budowanie odporności systemów ekologicznych poprzez oddziaływanie na przyrodnicze zmienne kluczowe, bioróżnorodność, modułowość struktur przyrodniczych oraz łączność ekologiczną (por. Holling, Gunderson 2002, Walker, Salt 2006, Biggs i in. 2012). Zmienne kluczowe są wyrazem specyficznej struktury systemu ekologicznego, właściwej dla poziomu jego organizacji (Holling 2001). Do zmiennych kluczowych zalicza się przede wszystkim elementy pełniące funkcje regulacyjne w środowisku przyrodniczym i wpływające na jego równowagę (Gunderson 2000). Wysoka bioróżnorodność wzmacnia odporność i stabilność ekosystemów, zapewnia ich nadmiarowość, a także chroni ekosystemy przed stratami oraz zmniejsza ryzyko naruszenia ich funkcji (Naeem 2002, Folke i in. 2004, Elmqvist i in. 2010). Z kolei modułowość i łączność ekologiczna określają zakres, w jakim zasoby lub gatunki mogą się rozprasać, migrować lub współdziałać ze sobą w różnych skalach przestrzennych. Łączność wpływa na rozprzestrzenianie się zmian oraz ułatwia odzyskiwanie równowagi po ustąpieniu zaburzeń. Rola modułowości wynika ze sposobu, w jakim elementy systemu są skonfigurowane

i połączone wewnętrznie. Odporne systemy składają się z autonomicznych części, które są jednak ze sobą powiązane (Kornatowska 2012, Knutelski 2018). Wielu autorów podkreśla, że wymieniane powyżej cechy i funkcje struktur ekologicznych w sposób szczególnie oddziałują na potencjał adaptacyjny miast, czyli zdolność dostosowania się obszarów zurbanizowanych do zmian klimatu (Fussel, Klain 2006, European Commission 2013, 2019).

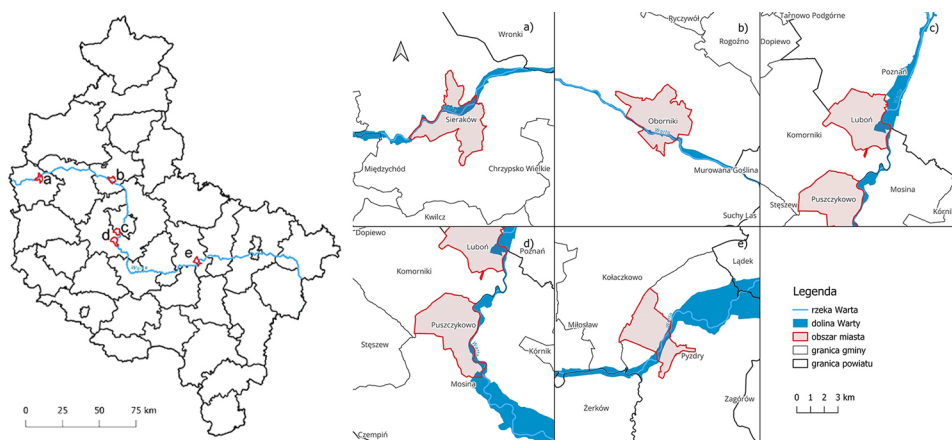
Kompleksowe podejście do zarządzania środowiskiem nie powinno koncentrować się wyłącznie na przedmiocie działań, jakim są zasoby przyrodnicze, ale rozpatrywać je w relacji do instrumentów zarządzania (por. Walker, Salt 2006, Bródka 2021). Decydujące znaczenie ma w tym przypadku identyfikacja i ocena sprzężeń zwrotnych w systemach społeczno-ekologicznych. Sprzężeniami zwrotnymi są procesy, które dążą do równowagi poprzez osłabianie lub eliminowanie niewłaściwych zmian (sprzężenia ujemne) lub sprzyjają powstawaniu zaburzeń w systemie i wzmacniają ich negatywne efekty (sprzężenia dodatnie) (Bony i in. 2006, Scheffer i in. 2009). W przypadku relacji między człowiekiem i środowiskiem przyrodniczym wśród różnych form sprzężeń ujemnych wymienić należy: ochronę przyrody, monitoring środowiska lub planowanie krajobrazowe.

Głównym celem opracowania jest ocena znaczenia błękitno-zielonej infrastruktury w kształtowaniu odporności miast na zmiany klimatu. Badania przeprowadzono, realizując kilka celów szczegółowych, do których zaliczono:

- inwentaryzację elementów BZI pod kątem struktury rodzajowej, funkcji i układu przestrzennego;
- opracowanie zestawu wskaźników umożliwiających analizę wpływu BZI na zdolności adaptacyjne miast w ramach czterech grup tematycznych, takich jak: różnorodność przyrodnicza, modułowość struktur przyrodniczych, łączność ekologiczna oraz funkcjonalność ekologiczna;
- identyfikację mocnych i słabych cech błękitno-zielonej infrastruktury w poszczególnych miastach oraz charakterystykę działań kierunkowych, zapisanych w lokalnych dokumentach strategicznych, zmierzających do wzmacniania zdolności adaptacyjnych miast z wykorzystaniem elementów BZI.

## Obszar badań, metody oraz źródła danych

Badaniami objęto pięć miast położonych w dolinie rzeki Warty, w granicach województwa wielkopolskiego. Są to: Luboń, Oborniki, Puszczykowo, Pyzdry i Sieraków (ryc. 1, tab. 1). Analizowane miasta zajmują podobną powierzchnię wynoszącą od 12,2 km<sup>2</sup> dla Pyzdr do 16,4 km<sup>2</sup> dla Puszczykowa. Większość jednostek osadniczych to niewielkie ośrodki miejskie o liczbie ludności nieprzekraczającej 20 tys. mieszkańców. Wyjątek stanowi Luboń, w którym mieszka 31,9 tys. osób. Przy niewielkich różnicach w powierzchni miast przekłada się to na znaczne dysproporcje pod względem gęstości zaludnienia, która wynosi aż 2361,2 os./km<sup>2</sup> w Luboniu i zaledwie 251,5 os./km<sup>2</sup> w Pyzdrach. Miasta charakteryzują się odmiennymi warunkami przyrodniczymi. Są one położone w zasięgu dużej jednostki fizycznogeograficznej rangi megaregionu, jaką jest Pozaalpejska Europa



Ryc. 1. Położenie administracyjne badanych miast: a) Sieraków, b) Oborniki, c) Luboń, d) Puszczykowo, e) Pyzdry

Źródło: opracowanie własne na podstawie dostępnych baz danych.

Środkowa, w prowincji Niż Środkowoeuropejski i podprowincji Pojezierza Południowobałtyckie. Pyzdry znajdują się również w zasięgu podprowincji Niziny Środkowopolskie. Pojezierza Południowobałtyckie to duża jednostka fizycznogeograficzna obejmująca swoim zasięgiem północną i środkową część województwa wielkopolskiego. Region wyróżnia się występowaniem krajobrazów młodoglacjalnych o dynamicznej rzeźbie terenu (Richling i in. 2021). Występują tam liczne jeziora oraz torfowiska. Południowa część województwa należy do Nizin Środkowopolskich z przewagą krajobrazów równin denudacyjnych, rozciętych dolinami rzek i kotlinami oraz pozbawionych jezior. Większe zróżnicowanie jednostek regionalnych uwidacznia się na niższych poziomach podziału fizycznogeograficznego (mezo- i mikroregiony) i dotyczy wszystkich badanych miast (por. tab. 1) (Macias, Bródka 2021).

Miasta znajdują się w granicach różnych form prawnej ochrony przyrody: parku narodowego (Wielkopolski PN – Luboń i Puszczykowo), rezerwatu przyrody (RP Słonawy – Oborniki), parków krajobrazowych (Sierakowski PK – Sieraków oraz Nadwarciański PK – Pyzdry), obszaru chronionego krajobrazu (Pyzdrowski OCHK – Pyzdry). Większość miejscowości jest objętych ochroną w ramach sieci obszarów Natura 2000 (por. tab. 1). Dodatkowo miasta są zlokalizowane w zasięgu ponadlokalnych korytarzy ekologicznych, takich jak.: Zachodnia Puszcza Notecka (Sieraków), Puszcza Notecka – Puszcza Zielonka (Oborniki), Dolina Obrzy (Puszczykowo) oraz Dolina Warty (Pyzdry).

Badane miasta różnią się pod względem intensywności zagospodarowania przestrzennego oraz dominujących kierunków działalności gospodarczej, co ma wpływ na strukturę i układ BZI. Oborniki charakteryzują się dogodnym położeniem komunikacyjnym (droga krajowa nr 11), co sprzyja rozwojowi gospodarczemu. Większość przedsiębiorstw specjalizuje się w produkcji stolarki okiennej, mebli tapicerowanych i płyt warstwowych. Z kolei Sieraków to miasto na

Tabela 1. Wybrane elementy ogólnej charakterystyki miast

| Wyszczególnienie                           | Miasta                                                                                         |                                                                                    |                                                                                                                    |                                                                                                          |                                                                                                               |
|--------------------------------------------|------------------------------------------------------------------------------------------------|------------------------------------------------------------------------------------|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----------------------------------------------------------------------------------------------------------|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
|                                            | Luboń                                                                                          | Oborniki                                                                           | Puszczykowo                                                                                                        | Pyzdry                                                                                                   | Sieraków                                                                                                      |
| Powierzchnia miasta [km <sup>2</sup> ]     | 13,5                                                                                           | 14,1                                                                               | 16,4                                                                                                               | 12,2                                                                                                     | 14,1                                                                                                          |
| Liczba ludności [tys.]                     | 31,9                                                                                           | 17,7                                                                               | 9,5                                                                                                                | 3,1                                                                                                      | 5,9                                                                                                           |
| Gęstość zaludnienia [os./km <sup>2</sup> ] | 2361,2                                                                                         | 1257,7                                                                             | 578,6                                                                                                              | 251,5                                                                                                    | 418,1                                                                                                         |
| Położenie administracyjne                  | powiat poznański                                                                               | powiat obornicki                                                                   | powiat poznański                                                                                                   | powiat wrzesiński                                                                                        | powiat międzychodzki                                                                                          |
| Położenie fizycznogeograficzne             | Mezoregion Wysoczyzna Grodziska, Pojezierze Poznańskie, Poznański Przełom Warty                | Kotlina Gorzowska, Pojezierze Poznańskie                                           | Wysoczyzna Grodziska, Poznański Przełom Warty, Kotlina Śremska                                                     | Równina Wrzesińska, Kotlina Śremska, Dolina Konińska                                                     | Kotlina Gorzowska, Pojezierze Poznańskie                                                                      |
| Mikroregion                                | Poznański Przełom Warty – Odcinek Puszczykowski, Pagórki Mosińskie, Równina Zachodniopoznańska | Obniżenie Obornickie, Dolina Środkowej Warty – Odcinek Obornicki, Pagórki Moraskie | Poznański Przełom Warty – Odcinek Puszczykowski, Pagórki Mosińskie, Obniżenie Mosińskie                            | Kotlina Pyzdrowska, Zaniemska, Wysoczyzna Pyzdrowska, Miłosławska, Dolina Konińska                       | Kotlina Międzychodzko-Sierakowska, Pojezierze Sierakowskie                                                    |
|                                            | Położenie w granicach obszarów ochrony przyrody                                                | RP Słonawy, obszary Natura 2000 (OSO Puszcza Notecka, SOO Dolina Wełny)            | Wielkopolski PN, obszary Natura 2000 (OSO Ostoja Rogalińska, SOO Rogalińska Dolina Warty, SOO Ostoja Wielkopolska) | Nadwarciański PK, Pyzdry OCHK, obszary Natura 2000 (OSO Notecka, SOO Sieraków, SOO Ostoja Nadwarciańska) | Sierakowski PK, obszary Natura 2000 (OSO Puszcza Notecka, SOO Sieraków, SOO Ostoja Międzychodzko-Sierakowska) |

Objaśnienia skrótów: PN – park narodowy, RP – rezerwat przyrody, PK – park krajobrazowy, OCHK – obszar chronionego krajobrazu, OSO – obszar specjalnej ochrony praków, SOO – specjalny obszar ochrony siedlisk.  
Źródło: opracowanie własne na podstawie dostępnych baz danych oraz Richling i in. (2021), Macias i Bródka (2021).



przecięciu dróg wojewódzkich nr 133, 150, 182, 198. W mieście działa kilka przedsiębiorstw, z których największym jest huta szkła należąca obecnie do firmy BA Glass Poland Sp. z o.o. Luboń jest położony na południe od Poznania, w sąsiedztwie autostrady A2 oraz linii kolejowej nr 271 Wrocław–Poznań. Miasto wykazuje systematyczny wzrost liczby mieszkańców oraz dużą gęstość zaludnienia. Do niedawna działały tam dwa duże zakłady – Wielkopolskie Przedsiębiorstwo Przemysłu Ziemniaczanego (zamknięte w 2005 r.) oraz Zakłady Chemiczne Luboń produkujące m.in. nawozy fosforowe (od 2008 r. Zakłady Luvena S.A.). Obecnie rozwój Lubonia opiera się przede wszystkim na inwestycjach w budownictwo mieszkaniowe, przemysł budowlany i usługi towarzyszące. Niedaleko Lubonia jest położone Puszczykowo. Miasto otaczają kompleksy leśne należące do Wielkopolskiego Parku Narodowego. Puszczykowo to malownicza miejscowość o funkcjach usługowych z przewagą zabudowy jednorodzinnej i ograniczonych możliwościach rozwoju przestrzennego. Pyzdry to jedno z najstarszych miast lokacyjnych Wielkopolski. Prowadzona tam działalność gospodarcza opiera się na produkcji odzieży jeździeckiej i siodła, pasów, toreb i pokrowców narzędziowych, a także wytwarzaniu podłóży na bazie włókna kokosowego i mat kokosowych.

Ocenę potencjału BZI przeprowadzono z wykorzystaniem wskaźników szczegółowych opisujących strukturalne i funkcjonalne cechy elementów błękitno-zielonej infrastruktury. Wskaźniki szczegółowe zostały zagregowane do czterech grup cech uznanych za kluczowe dla kształtowania zdolności adaptacyjnych miast. Zaliczono do nich: różnorodność przyrodniczą (grupa A), modułowość struktur przyrodniczych (grupa B), łączność ekologiczną (grupa C) oraz funkcjonalność ekologiczną (grupa D) (por. tab. 2). Dla każdej z wymienionych grup dobrano po cztery wskaźniki szczegółowe. W przypadku różnorodności przyrodniczej skupiono się na analizie cech związanych z obecnością terenów o funkcjach przyrodniczych, ich strukturą rodzajową oraz rangą wynikającą z ochrony prawnej. Wśród wskaźników opisujących modułowość struktur przyrodniczych szczególną uwagę zwrócono na wielkość płatów ekologicznych (maksymalną i średnią), zagęszczenie płatów w przestrzeni miasta oraz ich ponadlokalny charakter. W tym celu wykorzystano metryki krajobrazowe obliczane zgodnie z metodyką przyjętą w programie Fragstats. W trzeciej grupie cech, dotyczących łączności ekologicznej, ocenie poddano system korytarzy i barier ekologicznych uwzględniając ich gęstość, rangę oraz kolizyjność względem siebie. W ostatniej grupie wskaźników przeanalizowano funkcjonalność struktur przyrodniczych wskazując na ich rolę w regulacji wymiany powietrza, retencji wód oraz występowaniu miejskiej wyspy ciepła i strefy chłodu. Wskaźniki określające udział powierzchniowy miejskiej wyspy ciepła i miejskiej strefy chłodu obliczono zgodnie z metodyką zaproponowaną przez Ministerstwo Klimatu i Środowiska (por. *Przyrodniczo-klimatyczne wskaźniki...* 2022). Są to wskaźniki teledetekcyjne, obliczone na podstawie oszacowanej temperatury powierzchni ziemi (TPC) w oparciu o obrazy satelitarne. Należy zauważyć, że rozpoznanie struktury przestrzennej wyspy ciepła i strefy chłodu stanowi ważną przesłankę dla łagodzenia negatywnych skutków wysokich temperatur powietrza w okresie letnim.

Tabela 2. Wskaźniki zastosowane w ocenie błękitno-zielonej infrastruktury badanych miast

| Wskaźnik                                                                                               | Wzór                                                                                                                                                                                                | Wartości wskaźników oraz ich ocena punktowa |              |               |               |               |
|--------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|---------------------------------------------|--------------|---------------|---------------|---------------|
|                                                                                                        |                                                                                                                                                                                                     | 1 pkt                                       | 2 pkt        | 3 pkt         | 4 pkt         | 5 pkt         |
| Różnorodność przyrodnicza                                                                              |                                                                                                                                                                                                     |                                             |              |               |               |               |
| Udział terenów o funkcjach przyrodniczych [udział procentowy ogólnej powierzchni miasta]               | $\frac{\text{(suma powierzchni lasów, zieleni urządzonej, zieleni nieurządzonej oraz wód powierzchniowych)}}{\text{(powierzchnia miasta ogółem)}} \times 100$                                       | 32,27–39,94                                 | 39,94–47,6   | 47,61–55,26   | 55,27–62,93   | 62,94–70,59   |
| Zróżnicowanie rodzajowe terenów o funkcjach przyrodniczych [indeks Shannona-Wienera ( $H'$ )]          | $H' = \sum_{i=1}^s p_i \ln p_i$ <p>gdzie: s – liczba typów terenów o funkcjach przyrodniczych, pi – udział powierzchni typu terenu i w całkowitej powierzchni wszystkich terenów przyrodniczych</p> | 0,74–0,9                                    | 0,91–1,06    | 1,07–1,22     | 1,23–1,38     | 1,39–1,54     |
| Udział terenów przyrodniczych objętych ochroną prawną [udział procentowy ogólnej powierzchni miasta]   | $\frac{\text{całkowita powierzchnia obszarów ochrony przyrody}}{\text{powierzchnia miasta ogółem}} \times 100$                                                                                      | 2,62–22,1                                   | 22,11–41,57  | 41,58–61,05   | 61,05–80,52   | 80,53–100,00  |
| Zróżnicowanie rodzajowe form ochrony przyrody [udział procentowy wszystkich kategorii ochrony prawnej] | $\frac{\text{liczba występujących form ochrony przyrody}}{\text{liczba wszystkich kategorii ochrony prawnej}} \times 100$                                                                           | 20,00–26,00                                 | 26,01–32,00  | 32,01–38,00   | 38,01–44,00   | 44,01–50,00   |
| Modułowość struktur przyrodniczych                                                                     |                                                                                                                                                                                                     |                                             |              |               |               |               |
| Maksymalna powierzchnia płata o funkcjach przyrodniczych [ha]                                          | Odczyt statystyk w programie Fragstats                                                                                                                                                              | 35,54–110,49                                | 110,5–185,43 | 185,44–260,38 | 260,39–335,32 | 335,33–410,27 |
| Średnia powierzchnia płata o funkcjach przyrodniczych [ha]                                             | Odczyt statystyk w programie Fragstats                                                                                                                                                              | 0,96–4,77                                   | 4,78–8,58    | 8,59–12,38    | 12,39–16,19   | 16,20–20,00   |
| Gęstość płatów o funkcjach przyrodniczych [liczba/100 ha]                                              | Odczyt statystyk w programie Fragstats                                                                                                                                                              | 0,34–0,29                                   | 0,28–0,22    | 0,21–0,16     | 0,15–0,09     | 0,08–0,03     |
| Udział płatów o ponadlokalnych funkcjach przyrodniczych [udział procentowy ogólnej powierzchni płatów] | $\frac{\text{suma powierzchni płatów o funkcjach ponadlokalnych}}{\text{powierzchnia płatów ogółem}} \times 100$                                                                                    | 2,62–21,91                                  | 21,92–41,20  | 41,21–60,49   | 60,50–79,78   | 79,79–99,07   |

| Wskaźnik                                                                                                       | Wzór                                                                                                                                                           | Wartości wskaźników oraz ich ocena punktowa |             |             |             |             |
|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|---------------------------------------------|-------------|-------------|-------------|-------------|
|                                                                                                                |                                                                                                                                                                | 1 pkt                                       | 2 pkt       | 3 pkt       | 4 pkt       | 5 pkt       |
| Łączność ekologiczna                                                                                           |                                                                                                                                                                |                                             |             |             |             |             |
| Gęstość korytarzy ekologicznych [km/km <sup>2</sup> ]                                                          | całkowita długość zadrzewień liniowych i pasmowych, cieków i rowów melioracyjnych<br>powierzchnia miasta ogółem                                                | 0,85–1,34                                   | 1,35–1,84   | 1,85–2,33   | 2,34–2,83   | 2,84–3,32   |
| Udział korytarzy ekologicznych o funkcjach ponadlokalnych [udział procentowy powierzchni miasta]               | (suma powierzchni ponadlokalnych korytarzy ekologicznych)<br>powierzchnia miasta ogółem × 100                                                                  | 1,30–6,33                                   | 6,34–11,35  | 11,36–16,38 | 16,39–21,40 | 21,41–26,43 |
| Gęstość barier ekologicznych [km/km <sup>2</sup> ]                                                             | (całkowita długość ciągów komunikacyjnych o randze ponadlokalnej)<br>powierzchnia miasta ogółem                                                                | 13,86–11,90                                 | 11,89–9,92  | 9,91–7,95   | 7,94–5,97   | 5,96–3,99   |
| Zagęszczenie miejsc kolizyjnych między systemem ekologicznym i siecią infrastruktury [liczba/km <sup>2</sup> ] | liczba miejsc kolizyjnych<br>powierzchnia miasta ogółem                                                                                                        | 2,37–1,98                                   | 1,97–1,58   | 1,57–1,18   | 1,17–0,78   | 0,77–0,37   |
| Funkcjonalność ekologiczna                                                                                     |                                                                                                                                                                |                                             |             |             |             |             |
| Udział terenów z dominującą funkcją przewietrzania [udział procentowy ogólnej powierzchni miasta]              | suma powierzchni terenów zieleni wysokiej i dolin rzek<br>powierzchnia miasta ogółem                                                                           | 7,36–17,47                                  | 17,48–27,58 | 27,59–37,70 | 37,71–47,81 | 47,82–57,92 |
| Udział terenów z dominującą funkcją retencji wód [udział procentowy ogólnej powierzchni miasta]                | suma powierzchni wód powierzchniowych, lasów i zadrzewień, roślinności krzewiastej roślinności trwałostajowej oraz upraw rolnych<br>powierzchnia miasta ogółem | 46,11–55,07                                 | 55,08–64,03 | 64,04–72,98 | 72,99–81,94 | 81,94–90,90 |
| Udział terenów z dominującą funkcją miejskiej wyspy ciepła [udział procentowy ogólnej powierzchni miasta]      | suma powierzchni terenów o funkcji miejskiej wyspy ciepła<br>powierzchnia miasta ogółem                                                                        | 18,75–16,10                                 | 16,09–13,45 | 13,44–10,79 | 10,78–8,15  | 8,14–5,47   |
| Udział terenów z dominującą funkcją wyspy chłodu [udział procentowy ogólnej powierzchni miasta]                | suma powierzchni terenów o istotnej funkcji chłodzącej<br>powierzchnia miasta ogółem                                                                           | 13,80–16,19                                 | 16,20–18,59 | 18,60–20,98 | 20,99–23,38 | 23,39–25,77 |

Źródło: opracowanie własne.



Ponieważ zaproponowane cechy i wskaźniki są wyrażone w różnych jednostkach miary, dokonano ich ujednolicenia, stosując metodę bonitacji punktowej. W tym celu użyto pięciostopniowej skali (1–5 pkt). Przedziały wartości i odpowiadająca im liczba punktów zostały dobrane indywidualnie dla każdego ze wskaźników szczegółowych. Przedziały wartości ustalono w pięciu równych interwałach

Tabela 3. Zróżnicowanie rodzajowe elementów błękitno-zielonej infrastruktury w badanych miastach

| Element błękitno-zielonej infrastruktury        | Miasta   |          |        |             |        |
|-------------------------------------------------|----------|----------|--------|-------------|--------|
|                                                 | Sieraków | Oborniki | Luboń  | Puszczykowo | Pyzdry |
| Wody powierzchniowe płynące [długość w km]      |          |          |        |             |        |
| 1. Wody płynące ogółem, w tym:                  | 32,15    | 19,07    | 13,03  | 6,27        | 13,82  |
| 1a. Rzeki                                       | 8,52     | 9,40     | 1,81   | 2,37        | 5,19   |
| 1b. Potoki/strumienie                           | 5,96     | 9,16     | 10,83  | 1,01        | 3,55   |
| 1c. Kanały                                      | –        | 0,51     | –      | 1,56        | –      |
| 1d. Rowy melioracyjne                           | 17,67    | –        | 0,39   | 1,33        | 5,08   |
| Wody powierzchniowe płynące [powierzchnia w ha] |          |          |        |             |        |
| 2. Wody płynące                                 | 50,12    | 38,61    | 13,44  | 23,16       | 13,14  |
| Wody powierzchniowe stojące [powierzchnia w ha] |          |          |        |             |        |
| 3. Wody stojące ogółem, w tym:                  | 119,65   | 20,12    | 11,34  | 2,50        | 25,81  |
| 3a. Jeziora                                     | 109,65   | –        | 0,52   | –           | 14,50  |
| 3b. Pozostałe zbiorniki wodne                   | 10,00    | 20,12    | 10,83  | 2,50        | 11,31  |
| Tereny zieleni [powierzchnia w ha]              |          |          |        |             |        |
| 4. Tereny zieleni nieurządzonej ogółem, w tym:  | 737,02   | 737,27   | 359,65 | 1113,11     | 328,96 |
| 4a. Lasy ogółem, w tym:                         | 424,04   | 410,27   | 63,49  | 879,82      | 13,30  |
| lasy iglaste                                    | 340,57   | –        | –      | 131,87      | 10,61  |
| lasy liściaste                                  | 83,28    | –        | 60,31  | 24,48       | 2,70   |
| lasy mieszane                                   | 0,19     | 410,27   | 3,19   | 723,47      | –      |
| 4b. Zadrzewienia                                | 9,97     | 16,85    | 6,27   | 6,82        | 24,49  |
| 4c. Zagajniki                                   | 17,19    | 55,03    | –      | 0,53        | 0,21   |
| 4d. Zarośla krzewów                             | 3,92     | –        | 0,55   | 1,42        | 12,96  |
| 4e. Roślinność trawiasta                        | 281,90   | 255,12   | 289,33 | 224,52      | 277,99 |
| 5. Tereny zieleni urządzonej ogółem, w tym:     | 35,76    | 58,17    | 73,09  | 20,30       | 29,20  |
| 5a. Parki                                       | 8,70     | 3,00     | 14,30  | 2,00        | 8,10   |
| 5b. Zieleńce                                    | 3,50     | 7,30     | 5,03   | 1,30        | 0,30   |
| 5c. Zieleń osiedlowa                            | 0,96     | 17,27    | 9,15   | 1,30        | 0,50   |
| 5d. Zieleń cmentarzy                            | 2,20     | 8,80     | 5,00   | 2,60        | 3,50   |
| 5e. Zieleń uliczna                              | 8,20     | 11,50    | 20,28  | 9,80        | 8,40   |
| 6. Inne tereny zieleni, w tym:                  | 10,80    | 31,82    | 37,98  | 18,93       | 284,20 |
| 6a. Ogrody działkowe                            | 4,21     | 27,92    | 19,78  | –           | 3,60   |
| 6b. Sady, plantacje, szkółki roślin             | 6,59     | 3,90     | 18,20  | 18,93       | 280,60 |

Źródło: opracowanie własne na podstawie Bazy Danych Obiektów Topograficznych (BDOT10k) oraz Banku Danych Lokalnych.

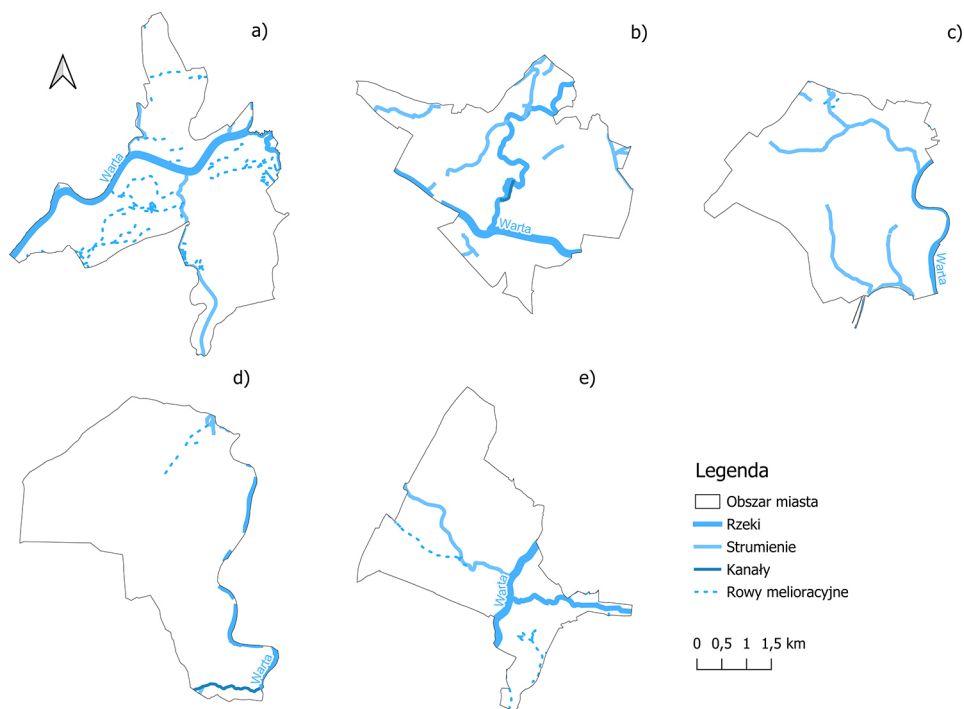
na podstawie analizy najwyższych i najniższych wartości wskaźnika w zbiorze badanych miast (por. tab. 2). W przypadku wskaźników o charakterze pozytywnym (stymulanta) największą liczbę punktów przyporządkowano do przedziałów o najwyższych wartościach. W odniesieniu do wskaźników o negatywnym wpływie (destymulanta) ich wyższa wartość oznaczała niższą liczbę punktów. Analiza wyników została przeprowadzona na poziomie wskaźników szczegółowych oraz na drodze prostego sumowania punktów (wskaźniki zagregowane) w ramach każdej grupy cech, a także dla potencjału ogólnego BZI (por. tab. 3). Na dokładność i szczegółowość przeprowadzonych obliczeń wpłynęły zastosowane w pracy materiały źródłowe.

Do zbadania struktury przestrzennej i zróżnicowania elementów BZI wykorzystano źródła informacji dostępne w ramach Centralnego Zasobu Geodezyjnego i Kartograficznego, w tym: Bazę Danych Obiektów Topograficznych, Ewidencję Gruntów i Budynków (<https://geoportal.gov.pl>). Wśród innych danych tematycznych znalazły się zobrazowania satelitarne (<https://earthexplorer.usgs.gov/>) oraz dane meteorologiczne (<http://ogimet.com/resynops.phtml.en>). Dodatkowo dysponowano informacjami pochodzącymi z Banku Danych Lokalnych Głównego Urzędu Statystycznego (<https://bdl.stat.gov.pl>) oraz Generalnej Dyrekcji Ochrony Środowiska (<https://geoserwis.gdos.gov.pl>). Uzupełniający charakter w stosunku do wymienionych zasobów miały warstwy wektorowe zawierające m.in. podział fizycznogeograficzny (Macias, Bródka 2021, Richling i in. 2021), podział krajobrazowy wykonany na potrzeby audytu krajobrazowego województwa wielkopolskiego przez Wielkopolskie Biuro Planowania Przestrzennego w Poznaniu (por. <https://wbpp.poznan.pl>) oraz zasoby kulturowe udostępniane przez Narodowy Instytut Dziedzictwa (<https://nid.pl>). Do analizy sprzężeń zwrotnych zastosowano dokumentację udostępnianą za pośrednictwem „Biuletynu Informacji Publicznej” (BIP) oraz Systemu Informacji Przestrzennej (SIP) w formie lokalnych dokumentów strategicznych.

## Wyniki badań

### Zróżnicowanie rodzajowe oraz struktura przestrzenna elementów błękitno-zielonej infrastruktury w miastach

Inwentaryzację błękitno-zielonej infrastruktury w miastach przeprowadzono, uwzględniając ich charakterystykę ilościową i przestrzenną w ramach różnych kategorii obiektów. Klasyfikację elementów BZI oraz dane dotyczące ich powierzchni lub długości zawarto w tabeli 3. Najlepiej rozwiniętą sieć wód powierzchniowych ma Sieraków (32,15 km długości). W granicach administracyjnych miasta naturalne ciekі mają łącznie 14,48 km długości (tab. 3, ryc. 2). Zalicza się do nich rzekę Wartę (6,56 km) i rzekę Osiecznicę (1,96 km) oraz mniejsze ciekі (takie jak m.in. Lichwińska Struga i Jaroszevska Struga). W Sierakowie ważnym elementem układu hydrograficznego są rowy melioracyjne (17,67 km) oraz jeziora (109,65 ha), w tym dwa największe zbiorniki – Jezioro Jaroszevskie i Jezioro Lutomskie.



Ryc. 2. Rozmieszczenie elementów błękitno-zielonej infrastruktury w miastach na przykładzie wód płynących: a) Sieraków, b) Oborniki, c) Luboń, d) Puszczykowo, e) Pyzdry  
Źródło: opracowanie własne na podstawie Bazy Danych Obiektów Topograficznych (BDOT10k).

Drugą najdłuższą sieć wodną mają Oborniki (19,07 km). Znaczną część wód płynących stanowią dwie rzeki: Wełna (6,13 km) oraz Warta (3,26 km) wraz z dopływami. W miejscowości nie ma rowów melioracyjnych, natomiast Kanał Młynówka ma zaledwie 0,51 km. Na trzecim miejscu pod względem długości sieci hydrograficznej są Pyzdry (13,82 km) i Luboń (13,03 km). W Pyzdrach rzeka Warta oraz rowy melioracyjne mają porównywalną długość wynoszącą około 5 km, z kolei dopływy Warty mają 3,5 km długości. W przypadku Lubonia w granicach miasta położony jest stosunkowo krótki odcinek Warty (2 km). Jeśli chodzi o mniejsze cieki, to ich łączna długość wynosi 10,83 km (m.in. Kotówka, Junikowski Strumień, Czapnica). Rowy melioracyjne w Luboniu przebiegają na długości niecałych 0,39 km. W Obornikach i Pyzdrach powierzchnia zbiorników wodnych jest porównywalna i wynosi odpowiednio 20,12 ha i 25,81 ha, natomiast w Luboniu jest znacznie mniejsza (11,34 ha). W Puszczykowie całkowita długość wód płynących wynosi 6,26 km i obejmuje cieki naturalne (3,38 km), w tym rzekę Wartę (2,37 km) oraz kanały i rowy melioracyjne (2,89 km).

Jednym z istotnych elementów zielonej infrastruktury w miastach są lasy. Jednostką osadniczą o najwyższej lesistości jest Puszczykowo, w którym całkowita powierzchnia terenów leśnych wynosi 880 ha, co stanowi 53,65% obszaru miasta (tab. 3, ryc. 3). Jest to wartość dwukrotnie wyższa niż w Sierakowie

i Obornikach, w których areal lasów wynosi odpowiednio 424,04 ha i 410,27 ha (30,07% i 29,14% ogólnej powierzchni miast). Miejscowością o najmniejszym zalesieniu są Pyzdry, w których powierzchnia lasów to zaledwie 13,3 ha (1,1%). W Luboniu lasy zajmują 63,49 ha, co stanowi 4,7% jego obszaru. Średni udział lasów w powierzchni analizowanych miejscowości wynosi 23,73%, w tym dla lasów iglastych jest to 6,61%, liściastych – 2,54% oraz mieszanych – 14,7%. Wskaźnik powierzchni lasów przypadającej na jednego mieszkańca jest wyraźnie zróżnicowany w poszczególnych jednostkach: Sieraków (71,91 m<sup>2</sup>), Oborniki (23,17 m<sup>2</sup>), Luboń (1,99 m<sup>2</sup>), Puszczykowo (92,77 m<sup>2</sup>) oraz Pyzdry (4,35 m<sup>2</sup>). W strukturze terenów zieleni ważną rolę odgrywa roślinność trawiasta oraz zadrzewienia i zakrzewienia. Pod względem zajmowanej powierzchni dominującą formą zieleni jest roślinność trawiasta (tab. 3). Należy podkreślić, że w każdym z badanych miast jej powierzchnia jest podobna. Najwięcej terenów trawiastych występuje w Luboniu (289 ha, co stanowi 21,43% obszaru miasta), a najmniej w Puszczykowie (224,5 ha oraz 13,69%). W przypadku zadrzewień różnice są większe. W Pyzdrach oraz Obornikach ich powierzchnia wynosi odpowiednio 24,5 ha (2,01%) i 16,85 ha (1,2%). W Sierakowie zadrzewienia stanowią 10 ha (0,71%), natomiast w Luboniu i Puszczykowie ich powierzchnia jest podobna i wynosi odpowiednio 6,27 ha (0,46%) i 6,82 ha (0,42%). Najwięcej zagajników



Ryc. 3. Rozmieszczenie elementów błękitno-zielonej infrastruktury w miastach na przykładzie lasów: a) Sieraków, b) Oborniki, c) Luboń, d) Puszczykowo, e) Pyzdry  
Źródło: opracowanie własne na podstawie Bazy Danych Obiektów Topograficznych (BDOT10k).

jest w Obornikach (55,03 ha i 3,91%). W Sierakowie zagajniki zajmują 17,19 ha (1,22%). W pozostałych miastach omawiana kategoria zieleni nie występuje lub zajmuje poniżej 1 ha (<0,03% obszaru miast). Elementem zieleni o najmniejszym udziale są zarośla krzewów, które w Pyzdrach osiągają 12,96 ha (1,06%), w Sierakowie 3,92 ha (0,28%), a w Puszczykowie ponad 1,42 ha (0,09%).

Jedynym miastem, w którym udział zieleni nieurządzonej kształtuje się poniżej średniej, jest Puszczykowo (0,53 ha). W pozostałych miastach wartości średnie zostały przekroczone w Obornikach i Pyzdrach – dla zadrzewień, w Sierakowie i Obornikach – dla zagajników, w Pyzdrach – dla zarośli krzewów oraz w Sierakowie, Luboniu i Pyzdrach – dla roślinności trawiastej. Najwięcej terenów zieleni nieurządzonej na jednego mieszkańca przypada w Pyzdrach – 103,22 m<sup>2</sup>. W Sierakowie wartość ta jest o połowę mniejsza (53,07 m<sup>2</sup>/mieszkańca), w Obornikach wynosi 18,47 m<sup>2</sup>, w Puszczykowie 24,60 m<sup>2</sup>, a w Luboniu 9,28 m<sup>2</sup>.

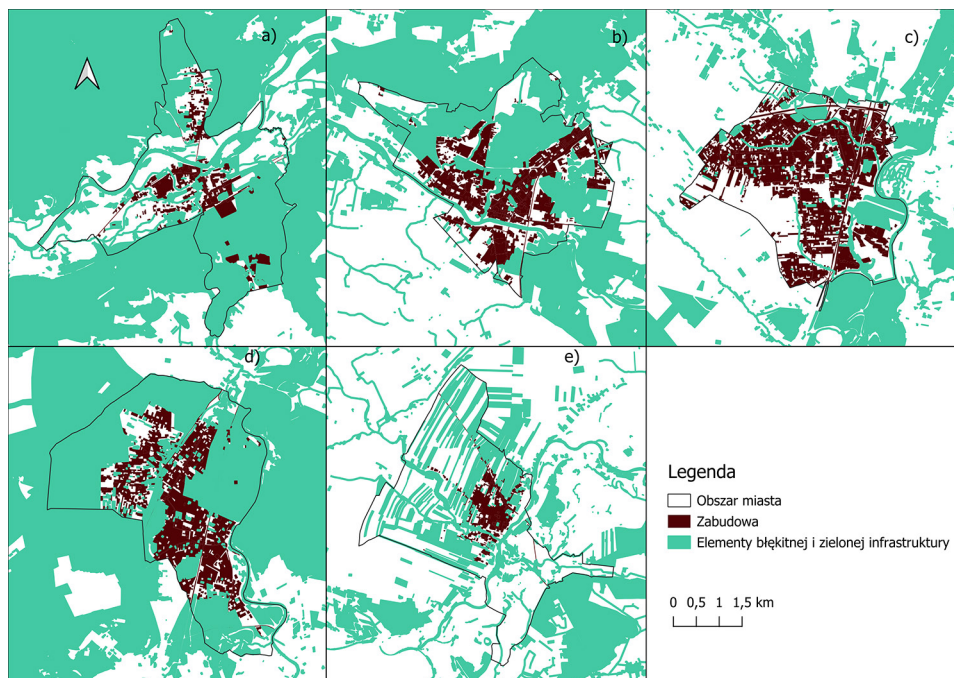
W grupie zieleni urządzonej szczególnie miejsce zajmują parki i zieleńce. Występują one we wszystkich miastach, przy czym największą powierzchnię osiągają w Luboniu (19,3 ha, co stanowi 1,43% obszaru miasta) oraz w Sierakowie (odpowiednio 12,2 ha i 0,87%). Tereny zieleni osiedlowej są charakterystyczne dla Obornik (17,3 ha i 1,22%) oraz Lubonia (9,15% i 0,68%). W przypadku zieleni ulicznej jej powierzchnia kształtuje się od 20,3 ha w przypadku Lubonia (1,5%) do 8,2 ha dla Sierakowa (0,6%). Średni udział zieleni urządzonej w powierzchni analizowanych jednostek wynosi 3,14%, przy czym dla parków i zieleńców osiąga wartość 0,78%, dla terenów osiedlowych – 0,42% a dla terenów komunikacyjnych – 0,84%. Jeśli chodzi o powierzchnię zieleni urządzonej przypadającą na jednego mieszkańca to jest ona wyraźnie wyższa w przypadku Pyzdr (9,42 m<sup>2</sup>) i Sierakowa (6,06 m<sup>2</sup>), a w przypadku pozostałych miast nie przekracza 3 m<sup>2</sup>.

Analiza innych kategorii zieleni wykazała, że znaczący udział ogródków działkowych jest charakterystyczny dla Obornik oraz Lubonia i wynosi odpowiednio 27,92 ha (1,98%) oraz 19,78 ha (1,47%). W Sierakowie i Pyzdrach ta kategoria zieleni zajmuje około 4 ha (0,30%). Elementem zielonej infrastruktury obecnym we wszystkich analizowanych miastach są sady i plantacje. Zdecydowanie największą powierzchnię zajmują one w Pyzdrach, osiągając wartość 280,6 ha (22,68%). W Luboniu i Puszczykowie mają one około 18 ha. W pozostałych miastach powierzchnia sadów nie przekracza 2 ha. Średni udział tych elementów zieleni wynosi 0,81% dla ogrodów działkowych oraz 4,94% dla sadów i plantacji. Miastami, które przekroczyły wartości średnie, są Oborniki i Luboń dla ogrodów działkowych oraz Luboń i Pyzdry dla sadów i plantacji (por. tab. 3).

Struktura przestrzenna elementów BZI w poszczególnych miastach jest odmienna i zależy od lokalnych uwarunkowań przyrodniczych oraz dawnych i obecnych kierunków ich rozwoju. W przypadku Puszczykowa, Sierakowa i Obornik zasadniczym tworzywem BZI są zwarte płaty kompleksów leśnych, będące częścią większych struktur przyrodniczych, znacznie wykraczających poza granice administracyjne miast. Omawiany czynnik wpływa na rozwój przestrzenny tych jednostek, regulując zasięg i intensywność zabudowy. W przypadku Puszczykowa układ zieleni stanowi tło i dominuje powierzchniowo nad terenami zabudowanymi. Z kolei w Sierakowie i Obornikach jest to kompilacja struktur pasmowych,



nawiązujących do sieci hydrograficznej, oraz płatów zieleni o różnej wielkości i kształcie. W Luboniu i Pyzdrach udział obszarów leśnych jest nieznaczny, a głównym tworzywem BZI są powierzchnie zajęte przez roślinność trawiastą (Luboń) oraz uprawy sadownicze (Pyzdry). Układy zieleni w tych miastach są konsekwencją silnych procesów inwestycyjnych związanych z rozwojem zabudowy mieszkaniowej (Luboń) oraz podziałów własnościowych na obszarach użytkownych rolniczo (tereny sadownicze w Pyzdrach) (por. ryc. 4).



Ryc. 4. Różnice w układach przestrzennych błękitno-zielonej infrastruktury w badanych miastach: a) Sieraków, b) Oborniki, c) Luboń, d) Puszczykowo, e) Pyzdry

Źródło: opracowanie własne na podstawie Bazy Danych Obiektów Topograficznych (BDOT10k).

## Ocena wpływu błękitno-zielonej infrastruktury na zdolności adaptacyjne miast

Ocenę roli BZI w kształtowaniu odporności miast na zmiany klimatu przeprowadzono na poziomie wskaźników szczegółowych, wskaźników sumarycznych dla grup cech oraz wskaźnika ogólnego dla każdej z badanych jednostek osadniczych. Analiza wyników badań wykazała, że zdolności adaptacyjne miast są wyraźnie zróżnicowane na każdym z etapów oceny (por. tab. 4, ryc. 5).

Wskaźnik sumaryczny potencjału BZI dla analizowanych jednostek mieści się w przedziale 22–66 pkt i stanowi 27,5–82,5% możliwej do uzyskania wartości maksymalnej. Najwyższy potencjał ogólny odnotowano w Sierakowie a najniższy



Tabela 4. Wyniki oceny potencjału błękitno-zielonej infrastruktury w badanych miastach

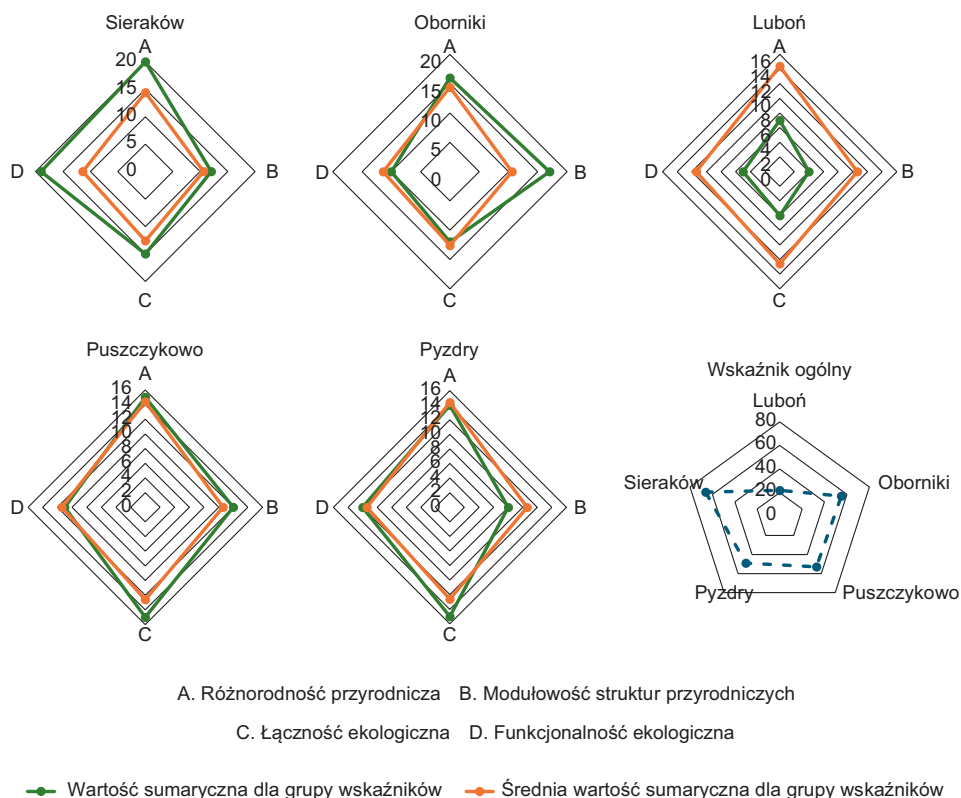
| Wskaźnik                              |                                                                                                   | Sieraków | Oborniki | Luboń  | Puszczykowo | Pyzdry |        |
|---------------------------------------|---------------------------------------------------------------------------------------------------|----------|----------|--------|-------------|--------|--------|
| A. Różnorodność przyrodnicza          | Udział terenów o funkcjach przyrodniczych [procent ogólnej powierzchni miasta]                    | a        | 65,27    | 58,86  | 32,27       | 70,59  | 53,45  |
|                                       |                                                                                                   | b        | 5        | 4      | 1           | 5      | 3      |
|                                       | Zróżnicowanie rodzajowe terenów o funkcjach przyrodniczych [indeks Shannona-Wienera (H')]         | a        | 1,54     | 1,40   | 1,27        | 0,74   | 1,30   |
|                                       |                                                                                                   | b        | 5        | 5      | 4           | 1      | 4      |
|                                       | Udział terenów przyrodniczych objętych ochroną prawną [procent ogólnej powierzchni miasta]        | a        | 100,00   | 31,83  | 2,62        | 98,09  | 32,48  |
|                                       |                                                                                                   | b        | 5        | 3      | 1           | 5      | 2      |
|                                       | Zróżnicowanie rodzajowe form ochrony przyrody [procent wszystkich kategorii ochrony prawnej]      | a        | 50,00    | 40,00  | 20,00       | 40,00  | 50,00  |
|                                       |                                                                                                   | b        | 5        | 4      | 1           | 4      | 5      |
|                                       | Suma punktów dla grupy wskaźników                                                                 |          | 20       | 16     | 7           | 15     | 14     |
| B. Modułowość struktur przyrodniczych | Maksymalna powierzchnia płata o funkcjach przyrodniczych [ha]                                     | a        | 205,36   | 410,27 | 35,54       | 302,87 | 134,52 |
|                                       |                                                                                                   | b        | 3        | 5      | 1           | 4      | 2      |
|                                       | Średnia powierzchnia płata o funkcjach przyrodniczych [ha]                                        | a        | 3,40     | 20,00  | 0,96        | 3,22   | 2,52   |
|                                       |                                                                                                   | b        | 1        | 5      | 1           | 1      | 1      |
|                                       | Gęstość płatów o funkcjach przyrodniczych [liczba/100 ha]                                         | a        | 0,21     | 0,03   | 0,34        | 0,22   | 0,21   |
|                                       |                                                                                                   | b        | 3        | 5      | 1           | 2      | 3      |
|                                       | Udział płatów o ponadlokalnych funkcjach przyrodniczych [procent ogólnej powierzchni płatów]      | a        | 100,00   | 36,94  | 2,62        | 99,07  | 32,83  |
|                                       |                                                                                                   | b        | 5        | 2      | 1           | 5      | 2      |
|                                       | Suma punktów dla grupy wskaźników                                                                 |          | 12       | 17     | 4           | 12     | 8      |
| C. Łączność ekologiczna               | Gęstość korytarzy ekologicznych [km/km2]                                                          | a        | 3,32     | 1,75   | 2,00        | 0,85   | 1,33   |
|                                       |                                                                                                   | b        | 5        | 2      | 3           | 1      | 1      |
|                                       | Udział korytarzy ekologicznych o funkcjach ponadlokalnych [procent ogólnej powierzchni miasta]    | a        | 12,05    | 16,00  | 1,3         | 26,43  | 24,45  |
|                                       |                                                                                                   | b        | 2        | 3      | 1           | 5      | 4      |
|                                       | Gęstość barier ekologicznych [km/km²]                                                             | a        | 6,53     | 10,12  | 13,86       | 7,89   | 3,99   |
|                                       |                                                                                                   | b        | 4        | 2      | 1           | 4      | 5      |
|                                       | Zagęszczenie miejsc kolizyjnych między systemem ekologicznym i siecią infrastruktury [liczba/km²] | a        | 1,06     | 0,57   | 2,37        | 0,37   | 0,57   |
|                                       |                                                                                                   | b        | 4        | 5      | 1           | 5      | 5      |
|                                       | Suma punktów dla grupy wskaźników                                                                 |          | 15       | 12     | 6           | 15     | 15     |
| D. Funkcjonalność ekologiczna         | Udział terenów z dominującą funkcją przewietrzania [procent ogólnej powierzchni miasta]           | a        | 43,04    | 34,10  | 7,36        | 57,92  | 8,64   |
|                                       |                                                                                                   | b        | 4        | 3      | 1           | 5      | 1      |
|                                       | Udział terenów z dominującą funkcją retencji wód [procent ogólnej powierzchni miasta]             | a        | 86,84    | 69,56  | 46,11       | 72,14  | 90,90  |
|                                       |                                                                                                   | b        | 5        | 3      | 1           | 3      | 5      |
|                                       | Udział terenów z dominującą funkcją miejskiej wyspy ciepła [procent ogólnej powierzchni miasta]   | a        | 7,43     | 18,75  | 16,1        | 17,04  | 5,47   |
|                                       |                                                                                                   | b        | 5        | 1      | 1           | 1      | 5      |
|                                       | Udział terenów z dominującą funkcją strefy chłodu [procent ogólnej powierzchni miasta]            | a        | 25,77    | 20,77  | 15,00       | 17,21  | 13,80  |
|                                       |                                                                                                   | b        | 5        | 3      | 1           | 2      | 1      |
|                                       | Suma punktów dla grupy wskaźników                                                                 |          | 19       | 10     | 4           | 11     | 12     |
| Łączna suma punktów                   |                                                                                                   |          | 66       | 55     | 21          | 53     | 49     |

Źródło: opracowanie własne.

Objaśnienia: a - wartość wskaźnika, b - liczba punktów.

w Luboniu. Dla pozostałych trzech miast (Oborniki, Puszczykowo i Pyzdry) wartości wskaźnika zagregowanego są zbliżone do siebie i kształtują się w przedziale 49–55 pkt, co odpowiada 61,25–68,75% wartości maksymalnej. W przypadku Obornik, Puszczykowa oraz Sierakowa wskaźnik ogólny osiąga wartość powyżej średniej dla badanych miast wynoszącej 49 pkt. Rozpatrując różnice w zdolnościach adaptacyjnych BZI, należy zauważyć, że uwidaczniają się one wyraźnie na poziomie wskaźników sumarycznych obliczonych dla poszczególnych grup cech, do których zaliczono: różnorodność przyrodniczą (grupa A), modułowość struktur przyrodniczych (grupa B), łączność ekologiczną (grupa C) oraz funkcjonalność ekologiczną (grupa D).

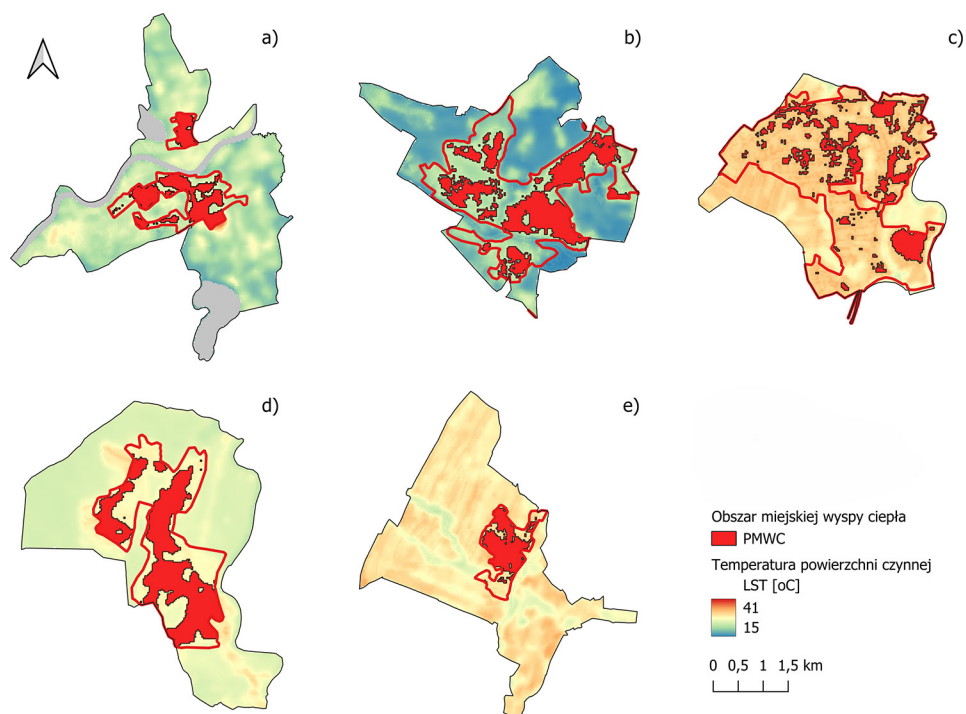
Najniższe wartości wskaźnika sumarycznego dla wszystkich analizowanych grup cech uzyskał Luboń. Nie przekraczają one wartości średniej dla badanych miast i stanowią zaledwie 20–30% wartości maksymalnej. W przypadku Lubonia niski potencjał BZI jest związany z grupą cech opisujących modułowość struktur przyrodniczych (grupa B – 4 pkt i 20% wartości maksymalnej) oraz funkcjonalność ekologiczną (grupa D – 5 pkt i 25%). Dotyczy to przede wszystkim



Ryc. 5. Zróżnicowanie wartości wskaźników syntetycznych charakteryzujących potencjał błękitno-zielonej infrastruktury w badanych miastach

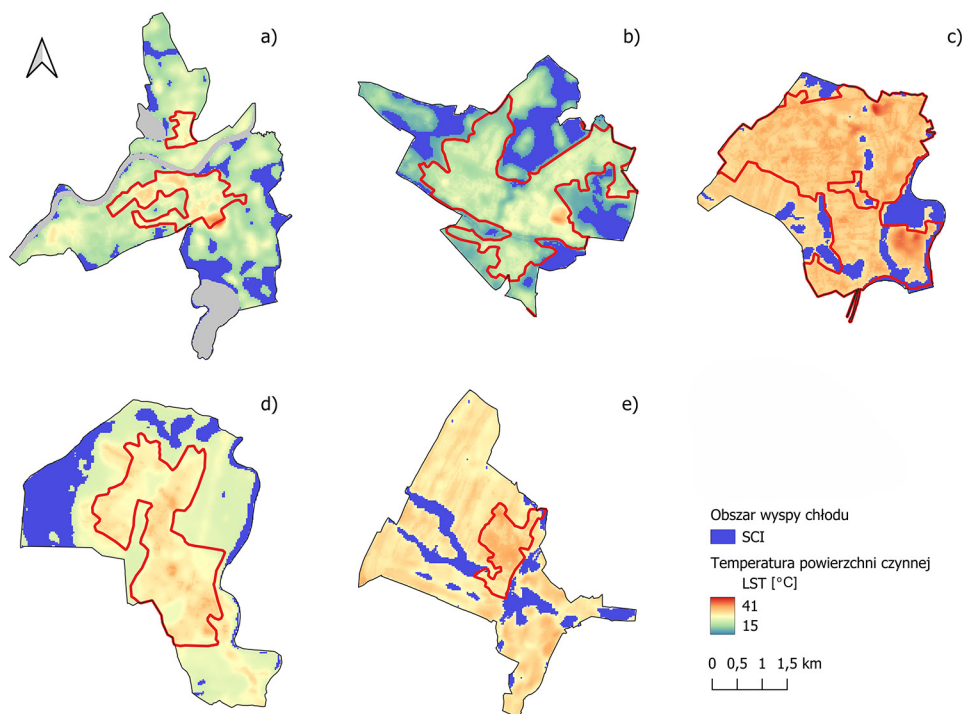
Źródło: opracowanie własne.

wielkości i gęstości płatów ekologicznych oraz ich rangi przyrodniczej, a także zdolności do przewietrzania miasta, retencjonowania wody i występowania miejskiej wyspy ciepła oraz strefy chłodu (por. ryc. 6, 7). Nieco lepsze wyniki uzyskano w przypadku różnorodności przyrodniczej (grupa A – 7 pkt i 35%) i łączności ekologicznej (grupa C – odpowiednio 6 pkt i 30%). Pozytywny wpływ na taką ocenę miały wskaźniki szczegółowe charakteryzujące zróżnicowanie rodzajowe terenów o funkcjach przyrodniczych oraz gęstość korytarzy ekologicznych (por. tab. 4, ryc. 5).



Ryc. 6. Rozkład przestrzenny miejskiej wyspy ciepła jako element oceny wpływu błękitno-zielonej infrastruktury na zdolności adaptacyjne badanych miast: a) Sieraków, b) Oborniki, c) Luboń, d) Puszczykowo, e) Pyzdry  
 Objasnienia: czerwona granica wyznacza zasięg terenów zabudowanych.  
 Źródło: opracowanie własne.

Odwrotna sytuacja występuje w Sierakowie oraz Puszczykowie. W przypadku tych miast wyniki sumaryczne dla niemal wszystkich wyróżnionych grup wskaźników wyraźnie przekroczyły wartości średnie. W Sierakowie najwyższą ocenę uzyskały kryteria związane z różnorodnością przyrodniczą (grupa A – 20 pkt i 100% wartości maksymalnej) oraz funkcjonalnością ekologiczną (grupa D – odpowiednio 19 pkt i 95%). Korzystne wyniki odnotowano również dla łączności ekologicznej (grupa C), szczególnie w zakresie wskaźników analitycznych charakteryzujących gęstość korytarzy i barier ekologicznych oraz ilości miejsc



Ryc. 7. Rozkład przestrzenny miejskiej strefy ciepła jako element oceny wpływu błękitno-zielonej infrastruktury na zdolności adaptacyjne badanych miast: a) Sieraków, b) Oborniki, c) Luboń, d) Puszczykowo, e) Pyzdry

Objaśnienia: czerwona granica wyznacza zasięg terenów zabudowanych.

Źródło: opracowanie własne.

kolizyjnych między nimi. W Puszczykowie wskaźniki sumaryczne kształtowały się na zdecydowanie niższym poziomie i nie przekroczyły 15 pkt, co odpowiadało 75% wartości maksymalnej. Dotyczy to cech opisujących różnorodność przyrodniczą (grupa A) oraz łączność ekologiczną (grupa C). Wyjątek stanowi zestaw wskaźników związanych z funkcjonalnością ekologiczną (grupa D), dla którego ocena sumaryczna kształtowała się nieznacznie poniżej średniej wynoszącej 11,4 pkt. Na poziomie wskaźników analitycznych bardzo korzystnie wypadły kryteria odnoszące się do udziału terenów o funkcjach przyrodniczych oraz poziomu ich ochrony prawnej (grupa A), ponadlokalnego znaczenia płatów i korytarzy ekologicznych (grupa B) oraz występowania miejsc kolizyjnych między systemem ekologicznym i siecią infrastruktury (grupa C).

Ostatnią grupę tworzą miasta, dla których oceny sumaryczne są najsilniej zróżnicowane. Należą do nich Oborniki oraz Pyzdry. W obu miastach wartości średnie wskaźników sumarycznych są przekroczone tylko dla dwóch spośród czterech analizowanych grup. (por. tab. 4, ryc. 5). W przypadku Obornik wyższe wyniki oceny uzyskano dla zestawu cech związanych z różnorodnością przyrodniczą (grupa A – 16 pkt i 80% wartości maksymalnej) oraz modułowścią

struktur przyrodniczych (grupa B – 17 pkt i 85%). Dla pierwszej grupy wskaźników szczególnie znaczenie mają kryteria określające udział powierzchniowy oraz zróżnicowanie rodzajowe terenów o funkcjach przyrodniczych i prawnych form ochrony przyrody. W drugiej grupie wskaźników wiodącą rolę uzyskują wielkość oraz zagęszczenie płatów ekologicznych. W Pyzdrach potencjał BZI jest zależny przede wszystkim od kryteriów opisujących łączność ekologiczną (grupa C – 15 pkt i 75% wartości maksymalnej) oraz funkcjonalność obszarów przyrodniczych (grupa D – 12 pkt i 60%). Analiza wskaźników szczegółowych pozwala stwierdzić, że korzystny wpływ na ocenę sumaryczną mają cechy określające obecność korytarzy ekologicznych o funkcjach ponadlokalnych, zagęszczenie miejsc kolizyjnych między systemem ekologicznym i siecią infrastruktury oraz występowanie obszarów z dominującą funkcją przewietrzania.

Podsumowując, należy zauważyć, że wyniki analiz pozwalają na zidentyfikowanie czynników, które w jednoznaczny sposób wzmacniają bądź osłabiają zdolności adaptacyjne badanych miastach. W grupie cech, dla których rozkład wartości wskaźników analitycznych jest szczególnie korzystny i wskazuje na pozytywną rolę BZI w budowaniu odporności miast na zmiany klimatu, znajdują się:

- znaczący udział terenów o funkcjach przyrodniczych w powierzchni miasta (grupa A) – Oborniki, Puszczykowo i Sieraków;
- zróżnicowanie rodzajowe terenów o funkcjach przyrodniczych (grupa A) – Oborniki i Sieraków;
- różnorodność form ochrony przyrody oraz ich wysoki status prawny (grupa A) – Puszczykowo i Sieraków;
- znaczna powierzchnia płatów o funkcjach przyrodniczych oraz ich gęstość (grupa B) – Oborniki;
- małe zagęszczenie miejsc kolizyjnych między systemem ekologicznym i siecią infrastruktury (grupa C) – Oborniki, Puszczykowo, Pyzdry;
- obecność terenów z dominującą funkcją retencji wód (grupa D) – Pyzdry i Sieraków;
- wyraźna przewaga terenów z dominującą funkcją strefy chłodu w stosunku do terenów z dominującą funkcją miejskiej wyspy ciepła (grupa D) – Sieraków i Oborniki.

Z kolei wśród cech analitycznych BZI, dla których wartości wskaźników wpływają niekorzystnie na potencjał adaptacyjny miast, należy wymienić:

- niewielki udział terenów o funkcjach przyrodniczych oraz ich niski status prawny (grupa A) – Luboń;
- małą powierzchnię płatów o funkcjach przyrodniczych (grupa B) – Luboń i Pyzdry;
- niewielką gęstość korytarzy ekologicznych (grupa C) – Puszczykowo, Pyzdry i Oborniki;
- znaczne zagęszczenie barier ekologicznych i miejsc kolizyjnych między systemem ekologicznym i siecią infrastruktury (grupa C) – Luboń;
- równowagę między terenami z dominującą funkcją miejskiej wyspy ciepła oraz terenami z przewagą funkcji ochładzania (grupa D) – Oborniki, Luboń i Puszczykowo (por. ryc. 6).

Interesująco przedstawiają się wyniki analizy rozmieszczenia miejskiej wyspy ciepła i strefy chłodu w poszczególnych miastach. Relacje przestrzenne między tymi obszarami pozwalają na wyznaczenie w strukturze miast stref szczególnie wrażliwych pod kątem zdrowia publicznego, polityki przestrzennej oraz gospodarki wodnej. W przypadku Sierakowa, Lubonia i Puszczykowa widoczne jest peryferyjne położenie obszarów o istotnej funkcji chłodzącej w stosunku do terenów z tendencją do występowania podwyższonej temperatury powietrza. Zjawisko to jest szczególnie niekorzystne w Luboniu, który od północy i północnego zachodu sąsiaduje bezpośrednio z Poznaniem. Odmienny układ przestrzenny stref chłodu można zaobserwować w Obornikach i Pyzdrach, gdzie wnikają one do centrum miast, tworząc struktury o wyraźnie klinowym układzie. Ma to duże znaczenie dla łagodzenia skutków wysokich temperatur w Obornikach, w których udział terenów z miejską wyspą ciepła jest stosunkowo wysoki i wynosi 18,8% ogólnej powierzchni miasta.

Zrównoważony rozwój miast wymusza planowanie działań opartych na przesłankach przyrodniczych, w których ochrona i kształtowanie BZI są traktowane jako podstawowy wyznacznik adaptacji obszarów zurbanizowanych do wyzwań klimatycznych. Analiza polityk lokalnych, na przykładzie studiów uwarunkowań i kierunków zagospodarowania przestrzennego gmin oraz programów ochrony środowiska (por. spis literatury – dokumenty strategiczne i inne opracowanie eksperckie), pozwala stwierdzić, że brakuje w nich bezpośrednich odniesień do błękitno-zielonej infrastruktury oraz jej roli w adaptacji do zmian klimatu. Co prawda w każdym z miast wyzwania związane z klimatem są ujmowane jako osobny obszar interwencji, to jednak zapisy odwołują się do zagadnień technicznych, takich jak: ograniczanie emisji zanieczyszczeń do powietrza, termomodernizacja budynków, rozwój infrastruktury technicznej, wdrażanie programów edukacji ekologicznej, wspieranie partycypacji społecznej. Jedynie w wybranych programach ochrony środowiska uwzględnia się planowanie i utrzymanie terenów zieleni jako elementu adaptacji do zmian klimatu. Dotyczy to takich miast, jak Luboń i Puszczykowo. W przypadku Lubonia jest to szczególnie istotne, ponieważ w przeprowadzonej ocenie miasto wypada niekorzystnie na tle innych badanych jednostek.

Należy zauważyć, że analizowane dokumenty strategiczne zawierają szereg ustaleń dedykowanych poszczególnym elementom lub cechom BZI, np.: ochronie różnorodności przyrodniczej, rewitalizacji lub rozwojowi terenów zieleni, wprowadzaniu zalesień, zachowaniu i rozbudowie sieci istniejących korytarzy ekologicznych, zwiększaniu retencji wodnej, ochronie terenów odpowiedzialnych za przewietrzanie miasta czy też przeciwdziałaniu zagrożeniom powodziowym. Najwięcej tego typu zaleceń zostało sformułowanych w studiach uwarunkowań i kierunków zagospodarowania przestrzennego dla Lubonia i Puszczykowa oraz w programach ochrony środowiska w przypadku Obornik i Lubonia, co znajduje uzasadnienie w uzyskanych wynikach badań. Wymienione powyżej rekomendacje nie są jednak poprzedzone pogłębioną analizą BZI w części diagnostycznej omawianych dokumentów. Utrudnia to ustalenie, w jakim zakresie proponowane w części kierunkowej rozwiązania odpowiadają realnym potrzebom rozpoznanym na etapie diagnozy.



## Podsumowanie

Ocenę znaczenia błękitno-zielonej infrastruktury miast w procesie adaptacji i mitygacji do zmian klimatu przeprowadzono dla pięciu jednostek osadniczych położonych w dolinie Warty na obszarze województwa wielkopolskiego. Przyjęte założenia metodyczne umożliwiły ocenę BZI w zakresie cech uznawanych za ważne dla budowania zdolności adaptacyjnych złożonych systemów społeczno-ekologicznych, jakimi są obszary zurbanizowane. Dostępne zasoby danych pozwoliły na inwentaryzację, a następnie waloryzację elementów BZI oraz wskazanie jej mocnych i słabych stron.

Analiza ujawniła odmienną strukturę i układ przestrzenny błękitno-zielonej infrastruktury w poszczególnych miastach, co wpłynęło na ocenę jej roli w kształtowaniu zdolności adaptacyjnych badanych jednostek. Sieraków i Puszczykowo wyróżniają się kompleksowym i dobrze rozwiniętym systemem BZI, o ponadlokalnym znaczeniu i dużej funkcjonalności. Wśród kluczowych czynników wpływających na wysoką ocenę BZI w miastach znalazły się: duży udział terenów o funkcjach przyrodniczych, ich zróżnicowanie rodzajowe oraz funkcje regulacyjne związane z wymianą mas powietrza i retencją wód. Z kolei Luboń cechuje się niskimi wartościami potencjału w niemal wszystkich grupach cech. Do szczególnie problematycznych kwestii zaliczyć należy: znaczną fragmentację płątów zieleni oraz ich niewielką powierzchnię, nieznaczną gęstość korytarzy ekologicznych oraz ich kolizyjność względem elementów infrastruktury technicznej, a także niekorzystny rozkład przestrzenny miejskiej wyspy ciepła. Negatywne uwarunkowania występujące w Luboniu częściowo dotyczą również Pyzdr i Obornik.

Uzyskane wyniki wskazują, że zarządzanie błękitno-zieloną infrastrukturą powinno uwzględniać nie tylko ilość terenów zieleni, ale przede wszystkim ich jakość, różnorodność oraz powiązania funkcjonalne i zdolności regulacyjne. Wpływa to na możliwości kompleksowej oceny odporności ekologicznej miast na zmiany klimatu w ramach uznanych powszechnie kryteriów oraz pozwala identyfikować problemy wymagające wsparcia.

Analiza obowiązujących dokumentów strategicznych (studia uwarunkowań i kierunków zagospodarowania przestrzennego gmin oraz programy ochrony środowiska) pozwala na stwierdzenie, że zawarte w nich rekomendacje w niewystarczającym stopniu odnoszą się do roli BZI w kształtowaniu zdolności adaptacyjnych miast. Możliwość szerszego spojrzenia na to zagadnienie dają realizowane obecnie prace nad planami ogólnymi gmin oraz wprowadzone z początkiem 2025 r. działania formalne wspierające proces dostosowania miast do zmian klimatu (por. ustawa z dnia 27 listopada 2024 r. o zmianie ustawy – Prawo ochrony środowiska oraz niektórych innych ustaw, Dz.U. z 2024 r. poz. 1940). Nowe regulacje prawne definiują kierunki polityk lokalnych w zakresie adaptacji do zmian klimatu oraz wprowadzają obowiązek opracowania miejskiego planu adaptacji do zmian klimatu (MPA) przez miasta o liczbie mieszkańców wynoszącej co najmniej 20 tys. osób.

## Konflikt interesów

Autorki deklarują brak występowania konfliktu interesów oraz oświadczają, że tekst artykułu jest w całości ich dziełem. Wkład w opracowanie artykułu przedstawiał się następująco:

- konceptualizacja: SB, OŚ,
- metodologia: SB, OŚ,
- organizacja badań: OŚ, SB,
- analiza formalna: SB, OŚ,
- pisanie: OŚ, SB.

## Literatura / References

- Aboagye P.D., Sharifi A. 2024. Urban climate adaptation and mitigation action plans: A critical review. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, 189: 113886. <https://doi.org/10.1016/j.rser.2023.113886>
- Benedict M.A., Mc Mahon E.T. (red.) 2006. *Green Infrastructure: Linking Landscapes and Communities*. The Conservation Fund. Island Press, Washington, London
- Bergier T., Kowalewska A. (red.) 2019. *Błękitno-zielona infrastruktura dla łagodzenia zmian klimatu w miastach*. Katalog techniczny. Fundacja Sendzimira, Kraków.
- Biela A., Biela M., Stalmachová B., Sierka E. 2023. Prawne i środowiskowe aspekty rozwoju zielonej infrastruktury miast w dobie zmian klimatu na przykładzie dachów zielonych. *Prawne Problemy Górnictwa i Ochrony Środowiska*, 2: 1–22. <https://doi.org/10.31261/ppgos.2023.02.06>
- Biggs R., Schlüter M., Biggs D., Bohensky E.L., Cundill G., Dakos V., Daw T.M., Evans L. S., Kot-schy K., Leitch A.M., Meek C., Quinlan A., Raudsepp-Hearne C., Robarbs M.D., Schoon M.L., Schultz L., West P.C. 2012. Toward principles for enhancing the resilience of ecosystem services. *Annual Review of Environment and Resources*, 37: 421–448. <https://doi.org/10.1146/annurev-environ-051211-123836>
- Bony S., Colman R., Kattsov V., Allan R., Bretherton C., Dufresne J.L., Hall A., Hallegatte S., Holland M., Ingram W., Randall D., Soden B., Tselioudis G., Webb M. 2006. How well do we understand and evaluate climate change feedback processes? *Journal of Climate*, 19(15): 3445–3482. <https://doi.org/10.1175/JCLI3819.1>
- Bródka S. 2020. *Adaptacyjne zarządzanie środowiskiem. Podstawy teoretyczne i zastosowania*. Wydawnictwo Naukowe PWN.
- Coutts C., Hahn M. 2015. Green infrastructure, ecosystem services, and human health. *International Journal of Environmental Research and Public Health*, 12(8): 9768–9798. <https://doi.org/10.3390/ijerph120809768>
- Elmqvist T., Folke C., Nyström M., Peterson G., Bengtsson J., Walker B., Norberg J. 2003. Response diversity, ecosystem change, and resilience. *Frontiers in Ecology and the Environment*, 1: 488–494. <https://doi.org/10.2307/3868116>
- Folke C., Carpenter S., Walker B., Scheffer M., Elmqvist T., Gunderson L., Holling C.S. 2004. Regime shifts, resilience, and biodiversity in ecosystem management. *Annual Review of Ecology Evolution and Systematics*, 35: 557–581. <https://doi.org/10.1146/annurev.ecolsys.35.021103.105711>
- Fussel H.-M., Klein R. 2006. Climate Change Vulnerability Assessments: An Evolution Of Conceptual Thinking. *Climatic Change*, 75(3): 301–329. <https://doi.org/10.1007/s10584-006-0329-3>
- Garmendia E., Apostolopoulou E., Adams W.M., Bormpoudakis D. 2016. Biodiversity and green infrastructure in Europe: boundary object or ecological trap? *Land Use Policy*, 56: 315–319. <https://doi.org/10.1016/j.landusepol.2016.04.003>
- Gill S.E., Handley J.F., Ennos A.R., Pauleit S. 2007. Adapting cities for climate change: the role of the green infrastructure. *Built Environment*, 33(1): 115–133. <https://doi.org/10.2148/benv.33.1.115>
- Gunderson L.H. 2000. Ecological resilience – in theory and application. *Annu. Rev. Ecol. Syst.*, 31: 425–439. <https://doi.org/10.1146/annurev.ecolsys.31.1.425>

- Holling C.S. 2001. Understanding the complexity of economic, ecological and social systems. *Ecosystems*, 4: 390–405. <https://doi.org/10.1007/s10021-001-0101-5>
- Holling C.S., Gunderson L. 2002. Resilience and adaptive cycles. [W:] L. Gunderson, C.S. Holling (red.), *Panarchy: understanding transformations in human and natural systems*. Island Press, Washington, s. 25–62.
- Januchta-Szostak A. 2020. Błękitno-zielona infrastruktura jako narzędzie adaptacji miast do zmian klimatu i zagospodarowania wód opadowych. *Zeszyty Naukowe Politechniki Poznańskiej. Architektura, Urbanistyka, Architektura Wnętrz*, 3: 37–74. <https://doi.org/10.21008/j.2658-2619.2020.3.3>
- Kim D., Song S.K. 2019. The multifunctional benefits of green infrastructure in community development: an analytical review based on 447 cases. *Sustainability*, 11(14): 3917. <https://doi.org/10.3390/SU11143917>
- Knutelski S. 2018. Różnorodność biotyczna dobrostanem ludzkości. *Polish Journal for Sustainable Development*, 2(1): 27–38. <https://doi.org/10.15584/pjsd.2018.22.1.4>
- Koc C.B., Osmond P., Peters A. 2017. Towards a comprehensive green infrastructure typology: a systematic review of approaches, methods and typologies. *Urban Ecosystems*, 20(1): 15–35. <https://doi.org/10.1007/s11252-016-0578-5>
- Kornatowska B. 2012. Koncepcja i metody oceny różnorodności biologicznej lasów Europy, *Leśne Prace Badawcze*, 73(3): 237–244. <https://doi.org/10.2478/v10111-012-0023-3>
- Kronenberg J. 2012. Usługi ekosystemów w miastach. *Zrównoważony rozwój – Zastosowania*, 3(1): 13–30.
- Ledda A., Kubacka M., Calia G., Bródka S., Serra V., De Montis A. 2023. Italy vs. Poland: A Comparative Analysis of Regional Planning System Attitudes toward Adaptation to Climate Changes and Green Infrastructures. *Sustainability*, 15, 3: 1–18. <https://doi.org/10.3390/su15032536>
- Lupa P. 2020. Wpływ zielonej infrastruktury na warunki termiczne miast północnej wielkopolski oraz jej miejsce w lokalnej polityce klimatycznej. *Rozwój Regionalny i Polityka Regionalna*, 52: 219–233. <https://doi.org/10.14746/rpr.2020.52.13>
- Macias A., Bródka S. (red.) 2021. *Regiony fizycznogeograficzne województwa wielkopolskiego*. Bogucki Wydawnictwo Naukowe, Poznań.
- Mell I., Scott A. 2023. Definitions of blue and green infrastructure. [W:] C. Washbourne, C. Wansbury (red.), *The ICE Manuel of Blue Green Infrastructure*. Chapter 1, London, s. 3–22.
- Naeem S. 2002. Ecosystem consequences of biodiversity loss: The evolution of a paradigm. *Ecology*, 83: 1537–1552. [https://doi.org/10.1890/0012-9658\(2002\)083](https://doi.org/10.1890/0012-9658(2002)083)
- Nowak M., Bera M. (red.) 2024. *Prawo planowania przestrzennego a wdrażanie wyzwań klimatycznych*. KPZK PAN, Studia, 24/216. Warszawa
- Richling A., Solon J., Macias A., Balon J., Kistowski M., Borzyszkowski J. (red.) 2021. *Regionalna geografia fizyczna Polski*. Bogucki Wydawnictwo Naukowe, Poznań.
- Scheffer M. 2009. *Critical Transitions in Nature and Society*. Princeton Univ. Press, Princeton.
- Szulczewska B., Stankowska A. (red.) 2020. *O znaczeniu zieleni w miastach. Zieleń, Woda, Infrastruktura Techniczna – Bez Granic*, 1. Instytut Rozwoju Miast i Regionów, Kraków.
- Walker B.H., Salt D. 2006. *Resilience thinking: Sustaining ecosystems and people in a changing world*. Island Press, Washington.
- Wang J., Banzhaf E. 2018. Towards a better understanding of green infrastructure: a critical review. *Ecological Indicators*, 85: 758–772. <https://doi.org/10.1016/j.ECOLIND.2017.09.018>
- Zwierzchowska I., Mizgański A. 2019. Potencjał zielonej infrastruktury w dużych polskich miastach do świadczenia usług ekosystemowych. *Rozwój Regionalny i Polityka Regionalna*, 47: 21–37. <https://doi.org/10.14746/rpr.2019.47.03>

## Dokumenty strategiczne i inne opracowania eksperckie

- European Commission 2013. *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*. European Commission, Brussels, Belgium.
- European Commission 2019. *Guidance on a Strategic Framework for Further Supporting the Deployment of EU-level Green and Blue Infrastructure*. European Commission, Brussels, Belgium.
- Program ochrony środowiska dla gminy Oborniki na lata 2019–2022 z perspektywą na lata 2023–2026.

- Program ochrony środowiska dla gminy Pyzdry na lata 2017–2020 z perspektywą do roku 2030.  
Program ochrony środowiska dla gminy Sieraków na lata 2022–2025 z perspektywą do roku 2030.  
Program ochrony środowiska miasta Luboń na lata 2021–2030.  
Program ochrony środowiska miasta Puszczykowo na lata 2020–2023.  
Przyrodniczo-klimatyczne wskaźniki zrównoważonego rozwoju miast. Przewodnik dla miast. 2022. Ministerstwo Klimatu i Środowiska, Warszawa.  
Studium uwarunkowań i kierunków zagospodarowania przestrzennego gminy Oborniki. 2018.  
Studium uwarunkowań i kierunków zagospodarowania przestrzennego gminy Pyzdry. 2015.  
Studium uwarunkowań i kierunków zagospodarowania przestrzennego miasta Luboń. 2017.  
Studium uwarunkowań i kierunków zagospodarowania przestrzennego miasta Puszczykowo. 2018.  
Zmiana studium uwarunkowań i kierunków zagospodarowania przestrzennego gminy Sieraków. Kierunki zagospodarowania przestrzennego gminy oraz uzasadnienie zawierające objaśnienia przyjętych rozwiązań wraz z syntezą ustaleń zmiany studium. 2023. Tom II. Tekst jednolity ze zmianami.

## The role of blue-green infrastructure in developing the adaptive capacity of cities to climate change. A study of selected cities in the Wielkopolska Province located in the Warta River Valley

**Abstract:** The article presents the results of an assessment of the ecological potential of cities in terms of adaptation and mitigation to climate change. Five cities in Wielkopolska province located in the Warta River Valley were selected for the study: Luboń, Oborniki, Puszczykowo, Pyzdry and Sieraków. The analysis was based on an inventory of blue-green infrastructure (BGI) elements, taking into account their generic structure, function and spatial layout. The assessment used a system of indicators defining the role of BGI in shaping the resilience of cities to threats resulting from climate change. Therefore, the indicators were aggregated into four main categories of characteristics, i.e., natural diversity, modularity of natural structures, ecological connectivity, and ecological functionality. In summarizing the research results, the strengths and weaknesses of blue-green infrastructure in individual cities were identified, and an analysis was conducted of the targeted measures contained in local strategic documents that take into account the role of BGI in adaptive management. To this end, a review of studies in the field of spatial planning and environmental protection was conducted. The analysis revealed a different structure and spatial arrangement of blue-green infrastructure in the studied cities, which weighed on the assessment of their adaptability. Sieraków and Puszczykowo stand out for their comprehensive and well-developed BGI system, with supra-local importance and high functionality. Among the main factors contributing to the high potential of BGI are the large share of natural areas, their generic diversity and functions related to climate regulation and water retention. Lubon is characterized by low potential values in almost all groups of features. Particularly problematic issues include: significant fragmentation of ecological patches, low density of ecological corridors and their collision with technical infrastructure elements, as well as unfavorable spatial distribution of the urban heat island. The negative conditions found in Lubon also partially affect to Pyzdry and Oborniki.

**Keywords:** blue-green infrastructure, adaptive management, climate change, urban ecosystem, environmental protection

Data przekazania tekstu: 22.04.2025; data zaakceptowania tekstu: 12.11.2025.

Article submitted: 22.04.2025; article accepted: 12.11.2025.