

Aleksandra Kołodziejczak¹ • Marta Kowalczyk¹ • Laura Ludwiczak¹ • Arkadiusz Warczyński¹
Jacek Forysiak² ⁽¹⁾ Uniwersytet Łódzki, Wydział Nauk Geograficznych, Studenckie Koło Naukowe Geomonitoringu⁽²⁾ Uniwersytet Łódzki, Wydział Nauk Geograficznych, Katedra Geologii i GeomorfologiiE-mail: aleksandra.kolodziejczak@edu.uni.lodz.pl; jacek.forysiak@geo.uni.lodz.pl

Charakterystyka morfologiczno-hydrologiczna Bzury w Lesie Łągiwnickim i ocena stanu jej naturalności

Hydromorphological characteristics of the Bzura River in the Las Łągiwnicki and assessment of its naturalness

Zarys treści

W artykule przedstawiono wyniki oceny hydromorfologicznej fragmentu koryta górnej Bzury w obszarze Lasu Łągiwnickiego. Syntetyczne wskaźniki hydromorfologiczne wskazują na umiarkowanie dobry stan naturalności koryta. Dno koryta zbudowane jest z osadów piaszczystych, z domieszkami materiału organicznego. Parametry fizykochemiczne osadów dennych pozwalają potwierdzić nieznaczny stopień eutrofizacji koryta. Prace wykonano w celu zweryfikowania dobrego stanu zachowania tego odcinka rzeki przebiegającej przez teren leśny, w stosunku do sąsiednich, silniej przekształconych w wyniku działalności antropogenicznej.

Słowa kluczowe

Metoda RHS, osady rzeczne, przekształcenia koryta rzecznego, Wzniesienia Łódzkie.

Abstract

The article presents the results of the hydromorphological studies of a section of the upper Bzura river in the Las Łągiwnicki area. Synthetic hydromorphological coefficients indicate a moderately good state of the river channel naturalness. The bottom of the river channel is composed of sandy deposits with admixtures of organic material. Physicochemical parameters of the bottom deposits allow us to confirm a slight degree of eutrophication of the riverbed. The fieldwork was carried out in order to verify the good state of preservation of this section of the river running through the forest area, in relation to the neighbouring, more heavily transformed ones as a result of human activity.

Keywords

River Habitat Survey (RHS) method, fluvial deposits, transformation of the river channel, the Łódź Hills.

1. Wprowadzenie

Doliny rzeczne i koryta rzek przeszły w ostatnich stuleciach bardzo poważne zmiany hydrologiczne i morfologiczne wywołane działaniami antropogenicznymi. Przekształceniom podlegały duże doliny rzeczne, gdzie stosunki wodne zmodyfikowano w celu prowadzenia gospodarki rolnej czy zabudowy i rozwoju związanej z nią infrastruktury. Niewielkie formy dolinne i płynące nimi cieki, poza wymienionymi wcześniej celami, przebudowywano także na potrzeby pozyskiwania energii wody płynącej, budowę zbiorników retencyjnych czy rekreacyjnych.

Do analizy wybrany został fragment doliny i koryta rzeki Bzura, leżący w zasięgu miasta Łodzi, ale odcinku przebiegającym przez kompleks leśny Lasu Łągiwnickiego, co powoduje, że jego morfologia jest inna niż na przyległych fragmentach doliny. Obszar północnej części Łodzi stosunkowo późno podlegał osadnictwu i zagospodarowaniu rolniczemu, w porównaniu z północnym czy

zachodnim otoczeniem Łodzi (Dylik 1971). Także procesy urbanizacyjne, przebiegające gwałtownie w XIX wieku nie objęły tej części terytorium miasta. Uznano wobec tego, że w obszarze Lasu Łągiwnickiego mogły zachować się fragmenty koryta o stosunkowo małym przekształceniu antropogenicznym.

Analizę warunków środowiska przyrodniczego wybranego odcinka oparto o materiały kartograficzne, dostępne obrazy hipsometryczne, a także wykonane w terenie pomiary, obserwacje, pobrane próbki materiału geologicznego i fotografie. Podstawą oceny stanu koryta rzecznego są obserwacje wykonane metodą oceny hydromorfologicznej (*River Habitat Survey* – RHS). Metoda ta jest narzędziem o szerokim zastosowaniu badawczym, które dostarcza cennych danych nie tylko do monitorowania stanu ekologicznego rzek, ale także do prowadzenia różnorodnych badań naukowych (Szozkiewicz i in. 2009). Zdecydowano się na tę metodykę ze względu na jej precyzję, powtarzalność, łatwość wdrożenia oraz stosunkowo niski



Original article; Received: 17.02.2025; Revised: 3.03.2025; Accepted: 26.05.2025

© by the author, licensee University of Lodz – Lodz University Press, Lodz, Poland. This article is an open access article distributed under the terms and conditions of the Creative Commons Attribution license CC BY-NC-ND 4.0 (<https://creativecommons.org/licenses/by-nc-nd/4.0/>)
Funding information: Not applicable. **Conflicts of interests:** None. **Ethical considerations:** The Author assures of no violations of publication ethics and takes full responsibility for the content of the publication.

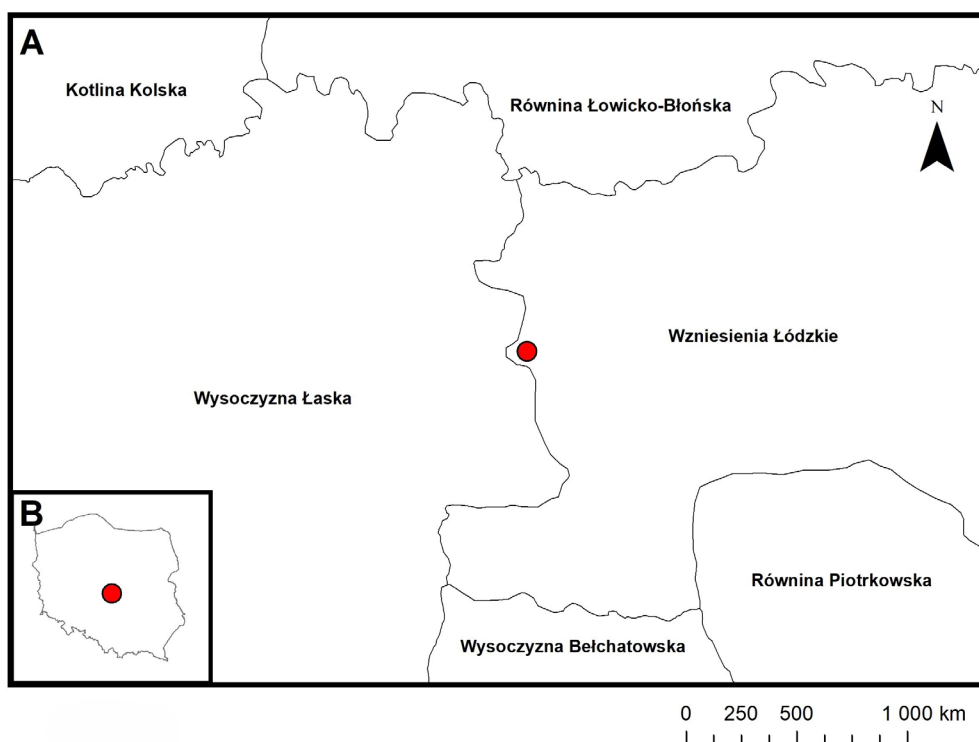
koszt. Wyniki badań uzyskane tą metodą przyjmują formę syntetycznych wskaźników liczbowych, co umożliwia klasyfikację cieków i ich efektywny monitoring. Metoda RHS, rozwinięta w Wielkiej Brytanii w latach 90. XX wieku, jest jedną z najbardziej rozpowszechnionych w Europie (Szczekiewicz i in. 2009). Stosuje się ją m.in. w Niemczech, Szwecji, Danii, Czechach i na Łotwie, a także w zmodyfikowanej wersji we Włoszech, Grecji i Portugalii. W Polsce metoda ta funkcjonuje od połowy lat 90. i objęła już badaniem blisko 1000 odcinków rzek. Wyniki dowodzą, że metoda RHS jest skuteczna w badaniu różnorodnych typów rzek w Polsce, co czyni ją uniwersalnym narzędziem w ocenie i monitoringu ich stanu ekologicznego (Szczekiewicz i in. 2009).

2. Położenie i cechy obszaru badań

Bzura to rzeka nizinna, jest lewym dopływem Wisły o długości 166 km. W górnym odcinku przepływa przez makroregion Wzniesień Południowomazowieckich i mezoregion Wzniesień Łódzkich, następnie przez obszar Równiny Łowicko-Błońskiej (rys. 1). Górna Bzura, stanowiąca hydrograficzną oś północnej części Łodzi, wypływa z terenu Lasu Łągiewnickiego w postaci dwóch cieków, łączących się na pograniczu Łodzi i Zgierza. Południowe ramię Bzury (Czerńca) ma długość w granicach Łodzi ok. 6 km, zaś ramię północno-wschodnie (Łągiewniczanka) około 3,6 km. Badaniem objęty został fragment południowego ramienia (rys. 2). Jego odcinek źródłowy położony jest na wysokości

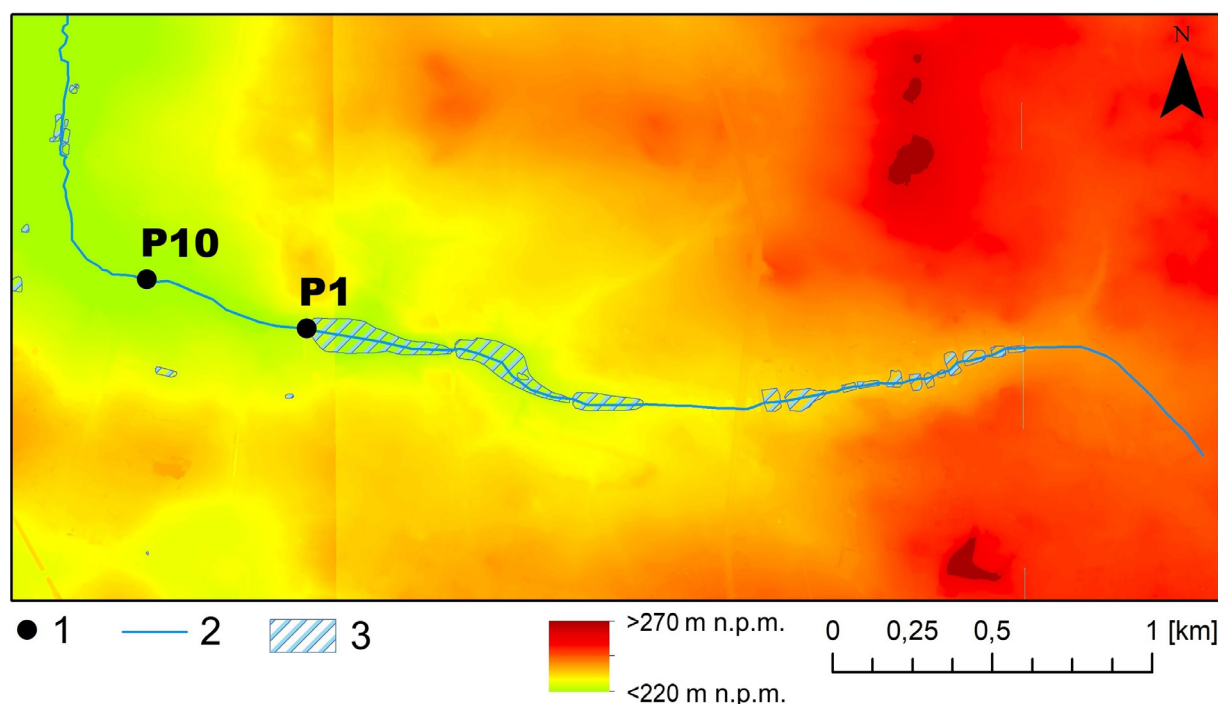
około 235 m n.p.m. w owalnym obniżeniu w rejonie ulicy Strykowskiej, zbudowanym z piasków i żwirów wodnolodowcowych (Trzmiel, Nowacki 1985), mając postać dwóch ramion źródłowych. Wykształcone koryto występuje od przepustu drogowego pod ul. Strykowską, jednak stały przepływ pojawia się poniżej ul. Boruty. Zasila stawy pomiędzy ulicami Boruty i Wycieczkową, dalej Bzura kieruje się ku zachodowi, na tym odcinku utworzono zbiorniki wodne Arturówek, płynie wąską, wyraźnie wciętą doliną. Następnie zmieniając kierunek na północny i przyjmuje wody Łągiewniczanki, a jej dolina staje się już wyraźnie szersza. Na przeważającej długości opisanego biegu rzeka została przekształcona w kanał. Współcześnie udział wód naturalnych w rzece jest niewielki, w Zgierzu wynosi 6,2%, resztę stanowią zrzuty ścieków komunalnych i przemysłowych. Jednak na całej omawianym odcinku rzeki, zgodnie z perspektywnym planem zagospodarowania, skład jej wód powinien spełniać kryteria III klasy czystości. Rzeczywista jakość jednak odbiega od planowanej i we wszystkich punktach kontrolnych zlokalizowanych w Zgierzu i poniżej nie odpowiada normie żadnej klasy.

Dokumentacji poddano odcinek Bzury przebiegający poniżej tamy zbiornika zachodniego w Arturówku, do mostu na ulicy Łągiewnickiej (rys. 2). Ma on długość około 500 m, a koryto rzeki przebiegając od profilu P1 w kierunku zachodnim (rys. 2), obniża się od wysokości około 208,5 m n.p.m. do około 205 m n.p.m., do profilu P10 położonego w rejonie mostu na ulicy Łągiewnickiej.



Rys. 1. Położenie badanego terenu. Obszar badań na tle mezoregionów geograficznych (mapa A), obszar badań na tle obszaru Polski (mapa B) – oznaczono czerwoną kropką

Fig. 1. Location of the study area. Study area against the background of geographical mesoregions (map A), study area against the background of Poland (map B) – indicated by a red dot



Rys. 2. Hipsometria terenu w sąsiedztwie badanego odcinka Bzury (Numeryczny Model Terenu na podstawie www.geoportal.gov.pl); 1 – profile badawcze, 2 – koryto rzeki, 3 – zbiorniki wodne

Fig. 2. Hypsometry of the area in the vicinity of the studied section of the Bzura River (Digital Terrain Model based on www.geoportal.gov.pl); 1 – studied profiles, 2 – river channel, 3 – water reservoirs

Utwory powierzchniowe obszaru otaczającego górny odcinek rzeki Bzury są zróżnicowane, powstały w czwartorzędzie, w wyniku działalności lądolodów oraz późniejszych procesów rzecznych, stokowych i eolicznych (rys. 3.2). Opisywany teren był po raz ostatni pokryty lądolodem podczas zlodowacenia warty (zlodowacenia środkowopolskie), w wyniku jego działalności powstał powierzchniowy pokład gliny zwałowej (Trzmiel, Nowacki 1985; Klatkova i in. 1995; Turkowska 2006; Rdzany 2009). W czasie jego wycofywania się złożone zostały piaski i żwiry wodnolodowcowe i ukształtowane najważniejsze formy polodowcowe obszaru, jak ciągi wzgórz i rozdzielające je obniżenia (Rdzany 2009). W zimnym okresie wistulianu utworzone zostały osady stokowe i rzeczne w dolinie Bzury (Trzmiel, Nowacki 1985; Klatkova i in. 1995). W holoceenie na obszarze górnego odcinka Bzury akumulowane były osady, które są wynikiem działalności rzecznych procesów erozyjnych i akumulacyjnych (rys. 3), ale ich miąższość jest niewielka. W obrębie dna doliny występują holocenijskie namuły oraz piaski rzeczne den dolinnych (Trzmiel, Nowacki 1985).

Obszar Wzniesień Łódzkich, wykorzystywany przez górny odcinek Bzury, ukształtowany jest przez procesy geomorfologiczne związane z działalnością lodowca oraz erozją rzeczna tworząc interesujący krajobraz, w którym dominują formy morenowe oraz formy wodnolodowcowe, takie jak sandry czy kemy (rys. 3.3). W obrazie geomorfologicznym terenu bardzo dobrze zaznacza się wąskie dno doliny (od kilku do kilkunastu metrów) oraz otaczające je stoki, jak i nieciągłe strefy teras. Koryto rzeki jest również

wąskie (do 2 m), a stoki dość strome. W tym odcinku rzeka nie ma jeszcze wykształconej sieci cieków, dopiero w rejonie Łagiewnik Nowych, gdzie znajduje się połączenie z doliną Łagiewniczanki, wspomnianym już drugim ramieniem górnej Bzury, zarysowuje się terasa nadzalewowa doliny.

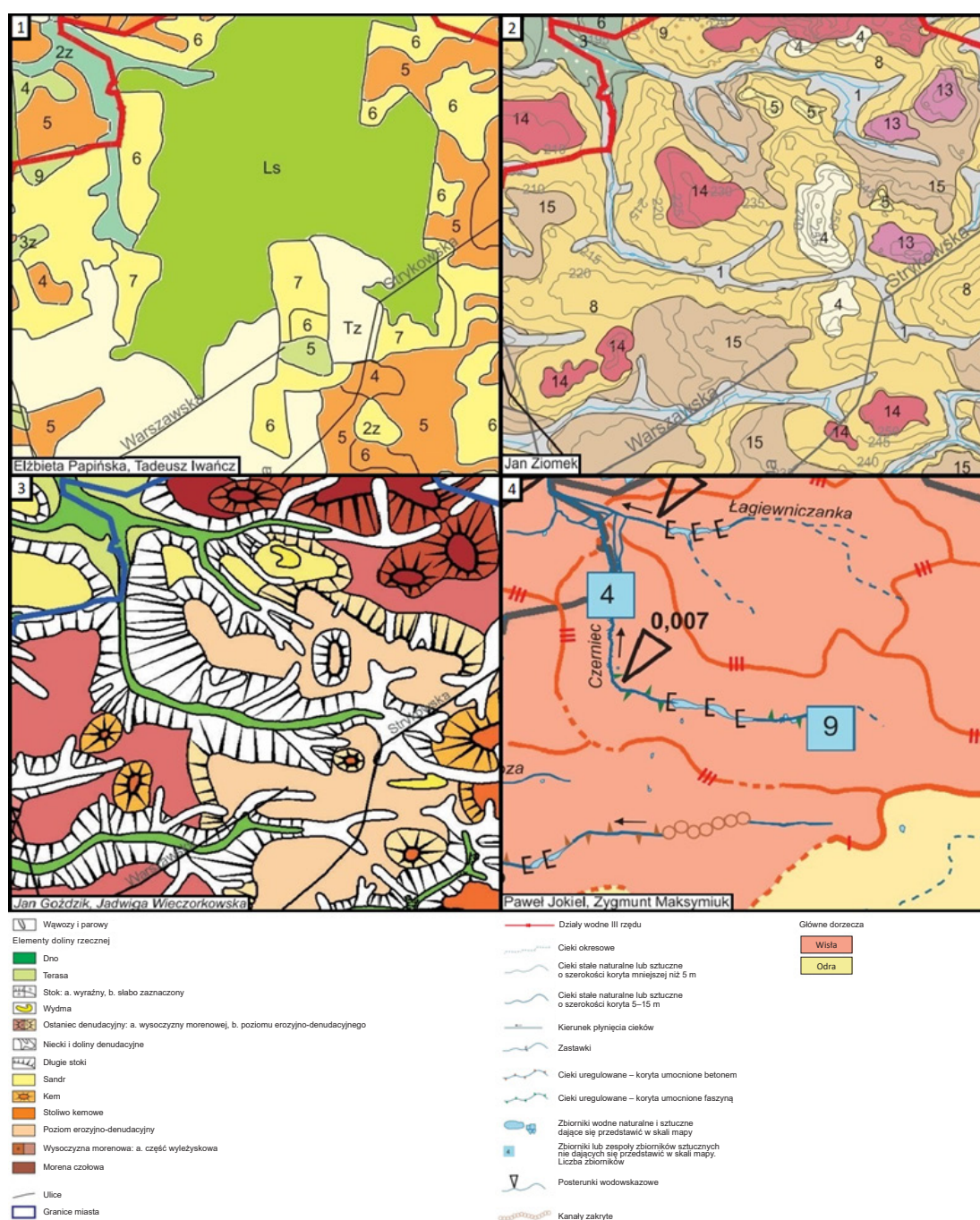
Cechy krajobrazowe obszaru dobrze obrazują geokompleksy, rozumiane jako jednostki przestrzenne, które odzwierciedlają określone układy glebowe i ich właściwości, a kompleksy przydatności rolniczej określają potencjał gleby do prowadzenia różnorodnych prac rolniczych. W centralnej części obszaru dominuje kompleks leśny (rys. 3.1). Jest on otoczony geokompleksami litogenicznymi związanymi z utworami trudnoprzepuszczalnymi, przepuszczalnymi oraz geokompleksami hydrogenicznymi. Przydatność rolnicza gleb, występująca w geokompleksach litogenicznych, to kompleks żytnej dobry, słaby oraz bardzo słaby. Geokompleksy hydrogeniczne zawierają użytki zielone średnie, słabe i bardzo słabe. Od południowej strony rozciągają się tereny zabudowane.

3. Metody badań

Metoda hydromorfologicznej oceny koryta rzecznego (RHS)

Badania przeprowadzono w dniu 3 czerwca 2024 roku na górnym odcinku rzeki Bzury przy niskim stanie wody, zgodnie z metodyką zawartą w podręczniku (Szczepanowicz i in. 2009).

Badania zostały przeprowadzone na 500-metrowym odcinku badawczym, gdzie wyznaczono 10 profili



Rys. 3. Mapy elementów środowiska geograficznego badanego odcinka Bzury i jego najbliższego otoczenia (Goździk, Wieczorkowska 2002; Jokiel, Maksymiuk 2002; Ziomek i in. 2002). 1 – Mapa geokompleksów i kompleksów przydatności rolniczej gleby (E. Papińska, T. Iwańcz), 2 – Mapa utworów powierzchniowych (J. Ziomek), 3 – Mapa geomorfologiczna (J. Goździk, J. Wieczorkowska), 4 – Mapa wód powierzchniowych (P. Jokiel, Z. Maksymiuk);
 Objaśnienia do mapy 1: 4 – kompleks żyrny bardzo dobry, 5 – kompleks żyrny dobry, 6 – kompleks żyrny słaby, 7 – kompleks żyrny bardzo słaby, 9 – kompleks zbożowo-pastewny słaby, 2z – użytki zielone średnie, 3z – użytki zielone słabe i bardzo słabe, Tz – tereny zabudowane, Ls – lasy;
 Objaśnienia do mapy 2: 1 – namuły den dolinnych i zagłębień bezodpływowych, 3 – piaski rzeczne den dolinnych i zagłębień bezodpływowych, 4 – piaski eoliczne, 5 – piaski eoliczne w wydmach, 6 – piaski, żwir i mułki rzeczne terasów nadzalewowych 1–2 m n.p.rz., 8 – piaski wodnolodowcowe, 9 – piaski wodnolodowcowe na glinach zwałowych, 13 – piaski i żwir, miejscami gliny zwałowe moren czołowych, 14 – piaski i żwir, miejscami gliny zwałowe, mułki i ility w morenach z wyciśnięcia i spiętrzenia, 15 – gliny zwałowe

Fig. 3. Maps of geographical environment elements of the studied section of the Bzura River and its immediate surroundings (Goździk, Wieczorkowska 2002; Jokiel, Maksymiuk 2002; Ziomek *et al.* 2002). 1 – Geo-complexes and soil agricultural suitability complexes map (E. Papińska, T. Iwańcz), 2 – Surface deposits map (J. Ziomek), 3 – Geomorphological map (J. Goździk, J. Wieczorkowska), 4 – Surface water map (P. Jokiel, Z. Maksymiuk);
 Explanations for Map 1: 4 – very good rye complex, 5 – good rye complex, 6 – poor rye complex, 7 – very poor rye complex, 9 – poor cereal-fodder complex, 2z – medium-quality grasslands, 3z – poor and very poor grasslands, Tz – built-up areas, Ls – forests;
 Explanations for Map 2: 1 – silts of valley bottoms and closed depressions, 3 – fluvial sands of valley bottoms and closed depressions, 4 – aeolian sands, 5 – aeolian sands in dunes, 6 – fluvial sands, gravels, and silts of floodplain terraces 1–2 m above river level, 8 – glaciofluvial sands, 9 – glaciofluvial sands on top of glacial tills, 13 – sands and gravels, locally glacial tills of terminal moraines, 14 – sands and gravels, locally glacial tills, silts, and clays in squeeze and thrust moraines, 15 – glacial tills

kontrolnych rozmieszczonych co 50 m. Metoda RHS pozwoliła na szczegółową analizę cech morfologicznych koryta i brzegów, uwzględniając parametry fizyczne, takie jak dominujący typ przepływów, rodzaj substratu dna i brzegów, przekształcenia techniczne oraz struktura roślinności wodnej i brzegowej. Dane zostały uporządkowane w tabelach roboczych, zgodnie z instrukcją zawartą w podręczniku, a kluczowe parametry zawarto w tabeli 1.

Na podstawie uzyskanych wyników oceny hydromorfologicznej oraz obserwacji koryta Bzury i dna doliny wykonano obliczenia syntetycznych wskaźników hydromorfologicznych (Szoszkiewicz i in. 2009). Są to:

- wskaźnik naturalności siedliska (HQA), który opisuje różnorodność naturalnych elementów morfologicznych koryta rzeki. Jego wartość pozwala na ocenę stopnia zachowania naturalnych cech hydromorfologicznych cieków, takich jak urozmaicenie dna, brzegów czy obecność elementów sprzyjających różnorodności biologicznej;
- wskaźnik przekształcenia siedliska (HMS), charakteryzujący stopień wpływu działań człowieka na hydromorfologię rzeki. Uwzględnia on m.in. techniczne umocnienia koryta i brzegów oraz inne ingerencje, które mogą zakłócać naturalne funkcjonowanie rzeki;
- polski wskaźnik przekształcenia siedliska (PIHM), który stanowi adaptację wskaźnika HMS do specyficznych warunków polskich. Dzięki uwzględnieniu lokalnych uwarunkowań, takich jak typy rzek czy charakterystyczne dla Polski formy przekształceń, wskaźnik ten zapewnia precyzyjniejszą ocenę wpływu działalności człowieka na rzeki w Polsce.

Parametry fizykochemiczne

Z dna koryta rzeki w profilach obserwacyjnych pobrane zostały próbki osadów dennych, które opisano analogicznie jak profile (od P1 do P10, ale nie pobrano próbki w profilach P3 i P8). Wykonane zostały dla nich oznaczenia: odczynu, konduktywności i zawartości materii organicznej. Pomiar odczynu wykonano przy użyciu pH-metru elektronicznego (Myślińska 2010), natomiast konduktywności przy użyciu konduktometru. Pobrany materiał zalano wodą destylowaną, a następnie odstawiono na 24 godziny. Po upływie tego czasu dokonano pomiarów obu parametrów w zawiesinie. Pomiar dla każdej z próbek przeprowadzono dwukrotnie, a następnie obliczono średnią arytmetyczną z obu pomiarów. Oznaczenie zawartości materii organicznej wykonano przy użyciu metody wyprężania w piecu muflowym, w temperaturze 550°C (Myślińska 2010), obliczając procentowy udział straty wagi próbki podczas prażenia.

Uziarnienie osadów

Odłożoną część pobranych próbek osadów dennych poddano analizie sitowej, po wstępnym przygotowaniu i wysuszeniu materiału (Myślińska 2010). Masa próbek zawierała się w przedziale 30–70 g. Próbkę przesypano do zestawu sit ułożonych w kolejności malejących rozmiarów oczek (sita o wymiarach oczek kolejno 5,0 mm, 2,0 mm, 1,6 mm, 1,0 mm, 0,8 mm, 0,63 mm, 0,5 mm, 0,4 mm, 0,315 mm, 0,25 mm, 0,2 mm, 0,16 mm, 0,125 mm, 0,1 mm, 0,071 mm oraz 0,005 mm), które zostały umieszczone na wytrząsarce laboratoryjnej (Fritsch Analysette), na czas 10 minut. Ważenie pozostałego na każdym z sit materiału wykonano na wadze elektronicznej z dokładnością do 0,01 g. Na podstawie wykonanej analizy wyliczono wskaźniki uziarnienia, takie jak: średnia średnica, odchylenie standardowe i skośność.

Tabela 1. Wyniki wybranych obserwacji koryta Bzury metodą RHS

Table 1. Results of selected observations of the Bzura River channel using the RHS method

Nr profilu	Materiał brzegu	Modyfikacje brzegu	Materiał dna	Typ przepływu	Modyfikacje dna koryta	Użytkowanie terenu w pasie 5 m od brzegu	Struktura roślinności szczytu i stoku brzegu	Typy roślinności w korycie	Sztuczne elementy	Pobrane próbki
P1	żwir i piasek	rozdeptany brzeg	kamienie i piasek	wartki	budowla poprzeczna, śmieci	las liściasty	prosta	brak	przepust i ostrogi	–
P2		brak	piasek	wartki	brak				brak	–
P3		rozdeptany brzeg		gładki					brak	–
P4		brak		wartki					brak	–
P5		rozdeptany brzeg		gładki					przeprawy	–
P6		brak		wartki					–	–
P7		rozdeptany brzeg		gładki			złożona	mchy i wątrobowce	ostrogi	–
P8		brak		wartki			prosta	brak	brak	–
P9		rozdeptany brzeg		wartki			złożona	mchy i wątrobowce	brak	–
P10		brak		wartki			prosta	brak	brak	–

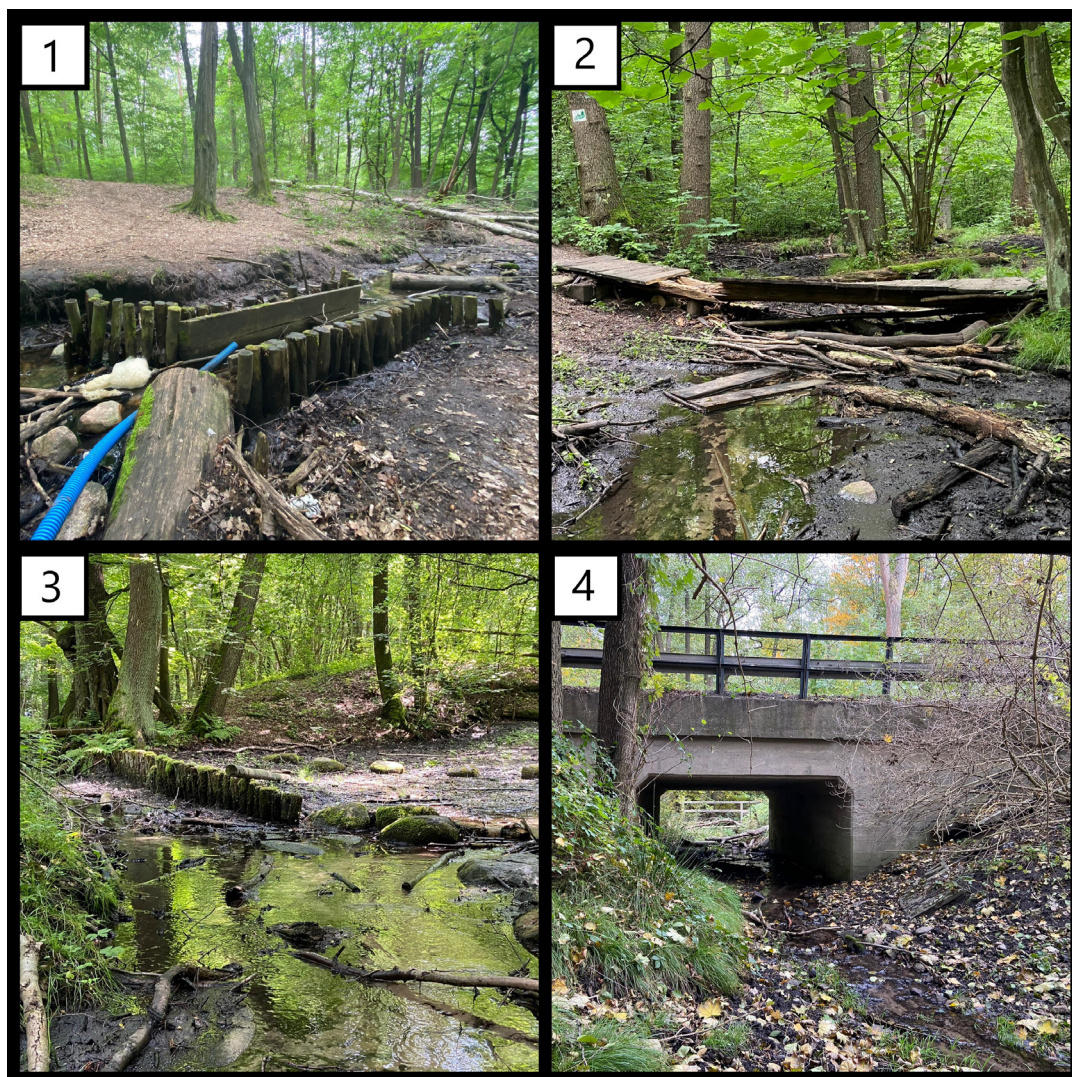
4. Charakterystyka morfologiczno-litologiczna koryta Bzury

Wyniki hydromorfologicznej oceny (RHS) badanego odcinka rzeki

Badania terenowe przeprowadzono w dniu 3 czerwca 2024 roku na prawym brzegu rzeki Bzury. Pomiarów wykonano w dziesięciu wyznaczonych punktach pomiarowych (P1: N 51°49'24,7" E 19°27'59,5", zaś P10: N 51°49'28,9" E 19°27'41"). Szczegółowe informacje dotyczące zebranych danych podczas badań znajdują się w tabeli 1. Na całej badanej długości rzeki dno koryta i jego brzegi zbudowane są z materiału piaszczystego z udziałem żwiru, struktura roślinności na brzegu i w korycie jest generalnie prosta, nieliczne są miejsca występowania zanieczyszczeń, na obserwowanym odcinku stwierdzono trzy obiekty hydrotechniczne (tab. 1; rys. 4, 5).

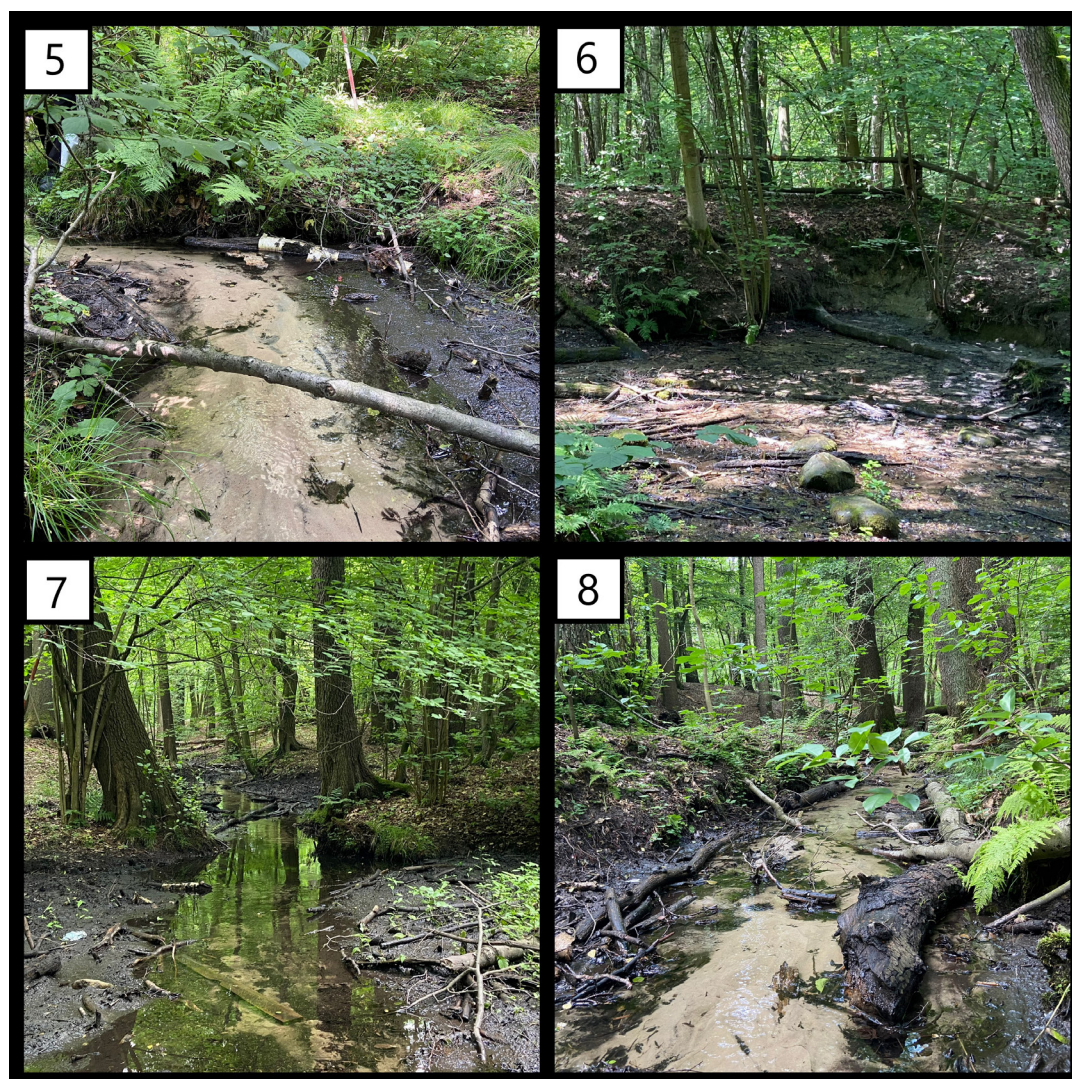
Na podstawie przeprowadzonych obserwacji terenowych obliczono trzy syntetyczne wskaźniki hydromorfologiczne. Wskaźnik naturalności siedliska (HQA) uwzględnia parametry koryta i dna doliny, wskazujące zachowanie jego naturalności, które zebrano w tabeli 2. Teoretycznie wskaźnik ten może przyjmować wartości w przedziale od 0 do 136, jednak w polskich rzekach zwykle wynosi od 15 do 80. Zsumowana wartość częściowych punktów z wszystkich kategorii dla badanego odcinka Bzury wynosi 59, co oznacza dobry stan zachowania naturalnego charakteru badanego odcinka Bzury (Gromiec 2004; Szo-szkiewicz i in. 2009), wskazując na dużą ilość i znaczne zróżnicowanie naturalnych elementów morfologicznych w korycie i w otoczeniu cieku.

Wskaźnik przekształcenia siedliska (HMS) pozwala na określenie stopnia zmian morfologii koryta i jego warunków siedliskowych, zaś jego modyfikacją do postaci



Rys. 4. Zestawienie zdjęć elementów zabudowy koryta na badanym odcinku Bzury; Fot. 1 – ostrogi na rzece przy profilu P1; Fot. 2 – przeprawa w sąsiedztwie profilu P5; Fot. 3 – ostrogi na rzece w sąsiedztwie P7; Fot. 4 – most na ulicy Łagiewnickiej na zachód od profilu P10

Fig. 4. Compilation of photos of channel infrastructure elements in the studied section of the Bzura River; Photo 1 – groynes on the river at profile P1; Photo 2 – crossing near profile P5; Photo 3 – groynes on the river near profile P7; Photo 4 – bridge on Łagiewnicka Street west of profile P10



Rys. 5. Zestawienie zdjęć naturalnych elementów koryta Bzury; Fot. 5 – meander rzeki przy profilu P7; Fot. 6 – niszka źródłiskowa pomiędzy profilami P6 i P7; Fot. 7 – koryto rzeki w sąsiedztwie profilu P3; Fot. 8 – powalone drzewa w korycie rzeki w rejonie profilu P5

Fig. 5. Compilation of photos of natural elements of the Bzura River; Photo 5 – river meander at profile P7; Photo 6 – spring niche between profiles P6 and P7; Photo 7 – river channel near profile P3; Photo 8 – fallen trees in the river channel in the area of profile P5

polskiego wskaźnika przekształcenia siedliska (PIHM) jest bardziej czuła na stan koryt polskich rzek (Szozkiewicz i in. 2009). Wartości przypisane do badanego odcinka rzeki stanowią sumę wartości cząstkowych kategorii ujętych w tabeli 3. Wskaźniki te charakteryzuje sumaryczny stopień antropogenicznych zmian w hydromorfologii rzek, ponieważ biorą pod uwagę wszystkie formy przekształceń. Wskaźniki te uwzględniają zarówno przekształcenia zarejestrowane w profilach kontrolnych, jak i podczas oceny syntetycznej. Niskie wartości wskaźników (12 pkt-HMS oraz 10 pkt-PIHM) wskazują na nieznaczne przekształcenia hydromorfologii cieku, pozwalając określić go jako umiarkowanie zmodyfikowany (Gromiec 2004; Szozkiewicz i in. 2009).

Parametry fizykochemiczne osadów

Odczyn wszystkich zbadanych próbek jest lekko kwaśny (tab. 4). Średnie wartości wahają się od 5,61 do 6,78. Najwyższą wartość reprezentują profile P4 i P5, a najniższe P6 i P10. Ostatni punkt jest położony w sąsiedztwie ul. Łągiewnickiej. Konduktywność badanych próbek jest niewielka. Waha się ona od 68,4 do 291,8 $\mu\text{S}/\text{cm}$. Najniższe wartości występują w profilach P2, P6 i P9, a najwyższa wartość w P7. W lokalizacji ostatniego wymienionego profilu znajdują się umocnienia brzegu rzeki w postaci pali, przy których gromadzą się płynące rzeką fragmenty gałęzi i liście. Podwyższona wartość konduktywności może wskazywać na większy dopływ do koryta wody gruntowej, z większym udziałem jonów lub zanieczyszczeń antropogenicznych. Jednak generalnie wartości obu parametrów sugerują raczej brak silnego zanieczyszczenia wody w rzece.

Tabela 2. Składniki cząstkowe wskaźnika naturalnego siedliska (HQA)**Table 2.** Partial components of the Habitat Quality Assessment (HQA)

Typy przepływu	5
Materiał dna koryta	4
Naturalne elementy morfologiczne koryta	5
Naturalne elementy morfologiczne brzegu prawego	4
Naturalne elementy morfologiczne brzegu lewego	4
Struktura roślinności brzegu prawego	10
Struktura roślinności brzegu lewego	10
Odsypy meandrowe	1
Grupy roślin wodnych	1
Użytkowanie terenu w pasie 50 m od szczytu brzegu lewego	2
Użytkowanie terenu w pasie 50 m od szczytu brzegu prawego	2
Zadrzewienie brzegu lewego	3
Zadrzewienie brzegu prawego	3
Elementy morfologiczne towarzyszące drzewom	5
Wynik ogólny	59

Tabela 3. Składniki cząstkowe wskaźnika przekształcenia siedliska (HMS) i polskiego wskaźnika przekształcenia siedliska (PIHM)**Table 3.** Partial components of the Habitat Modification Score (HMS) and the Polish Habitat Modification Index (PIHM)

Przekształcenia zaobserwowane w profilach kontrolnych	0	Przekształcenia zaobserwowane w profilach kontrolnych	0
Budowle nie zarejestrowane w profilach kontrolnych	12	Budowle nie zarejestrowane w profilach kontrolnych	10
Przekształcenia zaobserwowane podczas oceny syntetycznej, nie zarejestrowane w profilach kontrolnych	0	Przekształcenia zaobserwowane podczas oceny syntetycznej, nie zarejestrowane w profilach kontrolnych	0
Wynik ogólny	12	–	10

Uziarnienie osadów

Analiza sitowa wykazała, że dominującym typem materiału w badanych próbkach są piaski średnioziarniste charakteryzujące się umiarkowanym stopniem wysortowania (tab. 5). Warto jednak zauważyć pewne lokalne różnice w charakterze osadów. W punkcie P1 występuje piasek gruboziarnisty, co może być związane z bardziej dynamicznym środowiskiem. Natomiast w punkcie P6 stwierdzono występowanie piasku drobnoziarnistego.

Tabela 4. Wyniki pomiarów parametrów fizykochemicznych**Table 4.** Results of physicochemical parameter measurements

Próbka/ profil	Pomiary pH	Średnie pH	Pomiary konduktywności		Średnia konduktywność	
P1	5,98	6,26	6,12	121,4	129,3	125,4
P2	6,42	6,38	6,40	77,1	84,9	81,0
P4	6,53	6,86	6,70	154,5	161,2	157,9
P5	6,52	6,92	6,72	96,6	92,8	94,7
P6	5,49	5,73	5,61	76,1	81,7	78,9
P7	6,45	6,58	6,52	266,4	317,2	291,8
P9	6,13	6,30	6,22	69,1	67,6	68,4
P10	5,54	6,01	5,78	121,0	127,5	124,3

Tabela 5. Zestawienie wartości wskaźników uziarnienia**Table 5.** Results of grain-size analysis

Próbka/ profil	Mz (mm)	Mz (φ)	Sd	Sk	KG
P1	0,5359	0,90	0,94	−0,21	1,38
P2	0,2616	1,94	0,83	0,10	1,16
P4	0,2525	1,99	0,71	0,06	1,13
P5	0,3325	1,59	0,64	−0,05	1,06
P6	0,2416	2,05	0,69	0,06	1,37
P7	0,3201	1,64	1,01	0,10	1,27
P9	0,2658	1,91	0,69	0,05	1,15
P10	0,2513	1,99	0,65	0,06	1,17

5. Stan zachowania koryta Bzury

Analizowany odcinek koryta i doliny Bzury położony jest w obrębie Wzniesień Łódzkich, ma morfologię typową dla górnych odcinków rzek nizinnych: dość duży spadek podłużny o wartości około 10‰, wąskie koryto i wąskie dno dolinne z wyraźnie zaznaczonymi stokami. Dodatkowym ważnym dla stanu zachowania koryta czynnikiem jest to, że przebiega przez kompleks leśny Lasu Łągiwnickiego, o cechach drzewostanu zbliżonego do naturalnych. Zarówno w dnie doliny, jak i jej sąsiedztwie nie zauważono wyraźnych śladów świadczących o intensywniejszej działalności gospodarczej czy osadniczej. Badany obszar stanowi część Parku Krajobrazowego Wzniesień Łódzkich, a w niewielkiej odległości znajduje się Rezerwat leśny Las Łągiwnicki. Teren ten administracyjnie należy do miasta Łodzi i stanowi miejsce turystyczno-wypoczynkowej aktywności mieszkańców. Wybrany do oceny odcinek Bzury leży bezpośrednio poniżej sztucznego zbiornika Arturówek (rys. 2), a koryto rzeki przecinają piesze szlaki turystyczne, dlatego jego środowisko przyrodnicze nie może uchodzić za pozbawione wpływów antropogenicznych.

Do analizy stanu rzeki i jej warunków morfologicznych i hydromorfologicznych zastosowano metodę RHS. Dane zebrane podczas wykonywania oceny taką metodą, poza ustaleniem stanu obecnego koryta, pozwalają także na

porównywanie wyników na różnych odcinkach rzeki, jak też wykonane w pewnych odstępach czasu dają możliwość zarejestrowania zmian (Szoszkiewicz i in. 2009). W ten sposób można wnioskować o wpływie zmian klimatycznych na ekosystemy rzeczne. RHS jest niezwykle przydatny w ocenie skuteczności działań renaturyzacyjnych, takich jak odbudowa koryt rzecznych, renaturyzacja terenów zalewowych czy wprowadzanie struktur poprawiających siedliska. Porównanie danych sprzed i po realizacji projektów renaturyzacyjnych pozwala na ocenę, czy podjęte działania przyniosły zamierzone efekty. Metoda ta dostarcza szczegółowych informacji na temat różnorodności siedlisk rzecznych, co jest kluczowe dla badań nad bioróżnorodnością (Szoszkiewicz i in. 2009).

Zastosowana metoda hydromorfologiczna pozwoliła na ocenę stopnia naturalności i wielkości przekształcenia koryta w wyniku działań ludzkich. Aby zobiektywizować te oceny, a jednocześnie dać możliwość porównywania z innymi podobnymi ciekami, opracowane zostały syntetyczne wskaźniki (Gromiec 2004; Szoszkiewicz i in. 2009).

Z przeprowadzonych badań wynika, że rzeka Bzura zachowuje relatywnie wysoki poziom naturalności. Wartość wskaźnika HQA (59) badanego odcinka wskazuje jej dobry stan w klasyfikacji hydromorfologicznej. Obecność różnorodnych elementów morfologicznych, takich jak naturalne brzegi czy roślinność wodna i przybrzeżna, sprzyja bioróżnorodności i świadczy o stosunkowo niewielkich przekształceniach na tym odcinku. Wprawdzie jednorodna struktura roślinności na brzegach i na dnie doliny znacząco wpływa na podniesienie wartości tego wskaźnika, a więc pogorszenie wyniku oceny naturalności, ale całkowite zalesienie dna doliny i brzegów rzeki oraz naturalne formy koryta rzeki (tab. 1 i 2), spowodowały uzyskanie wysokiego wyniku, jak na rzekę w obszarze miejskim. Z kolei wskaźniki HMS i PIHM wskazują na wyraźne oddziaływanie antropogeniczne. Odcinek Bzury powyżej Arturówka został znacznie przekształcony, m.in. przez regulację koryta i budowę zbiorników wodnych. Na badanym odcinku także widać wpływ hydrotechnicznych umocnień koryta i brzegów, co zakłóca naturalne funkcjonowanie rzeki. Stwierdzone obiekty zabudowy koryta są jednak nieliczne (tab. 1, 2), co dało w efekcie niską wartość wskaźników przekształcenia koryta – HMS oraz PIHM (Gromiec 2004; Szoszkiewicz i in. 2009). Stawy, tamy i zbiorniki wodne zmieniają przepływ i retencję wody, co ma wpływ na procesy erozyjne i akumulacyjne poniżej takich budowli, a więc na analizowanym odcinku.

Opisywany odcinek Bzury podlegał już ocenie hydromorfologicznej (Bartnik, Tomalski 2016), trudno jednak ustalić na ile wykonane wówczas profile obserwacyjne pokrywały się z obecnie analizowanymi. Uzyskane wskaźniki nieco odbiegają wartościami od wykazanych na podstawie obserwacji z roku 2024 (tab. 2, 3), jednak porównanie górnej Bzury z innymi rzekami terenu Łodzi jednoznacznie wykazało, że jest ona najlepiej zachowanym ciekim w Łodzi.

Podobną ocenę stanu hydromorfologicznego wykonano dla górnego Neru – w trzech odcinkach położonych w granicach administracyjnych Łodzi (Szymkiewicz, Twar-

dy 2016). Uzyskane wyniki obserwacji oraz obliczone wskaźniki wykazały zróżnicowanie stanu koryta tej rzeki na analizowanym odcinku, ale też udowodniły wysoki stopień przekształcenia antropogenicznego tej rzeki, znacznie wyższy niż badanego odcinka Bzury. Stan hydromorfologiczny niektórych łódzkich rzek był także przedmiotem analiz statystycznych, które pozwoliły na wnioskowanie o ich walorach geotechnicznych (Michalska 2017; Michalska, Lefik 2021).

Dane z RHS mogą być wykorzystywane do tworzenia modeli ekohydrologicznych, które symulują interakcje między elementami ekosystemów rzecznych. Analiza wyników oceny hydromorfologicznej pozwala na identyfikację obszarów problemowych, takich jak odcinki rzek narażone na erozję, degradację siedlisk czy zanieczyszczenie wód. Uzyskane dla Bzury wyniki wskazują wyraźnie, że stan koryta jest dobry i zdecydowanie korzystny, co powinno wskazać organom administracji miejskiej podjęcie starań nad jego zachowaniem w takiej formie.

Bzura, przepływając przez kompleks Lasu Łągiewnickiego, zachowuje większy stopień naturalności niż większość rzek w granicach Łodzi. W wielu miejscach w mieście rzeki zostały całkowicie skanalizowane lub uregulowane, co praktycznie wyeliminowało ich naturalne cechy hydromorfologiczne. W porównaniu z innymi łódzkimi ciekami, Bzura na badanym odcinku prezentuje kształt i układ koryta zbliżony do naturalnego, choć procesy urbanizacyjne odcisnęły swoje piętno zarówno powyżej badanego odcinka, jak i poniżej. Koryto badanej rzeki jest silnie przekształcone w sąsiedztwie osiedla Łągiewniki Nowe oraz w obrębie miasta Zgierz.

Istotnym elementem oceny stanu naturalności koryta rzeczno jest materiał tworzący jego dno i brzegi. Poza przewidzianymi w metodyce RHS jakościowymi elementami oceny materiału rzeczno wykonano analizy laboratoryjne, dostarczające informacji o jego podstawowych parametrach. Materiał denny, pobrany w miejscach wykonywania profili daje możliwość udokumentowania podstawowych cech litologicznych i fizykochemicznych utworów korytowych. Badania i pobór próbek wykonywane były przy niskim stanie wody i relatywnie niskiej prędkości nurtu (nie wykonywano bezpośrednich hydrologicznych pomiarów). Średnia średnica materiału wskazuje wielkość ziaren osadu, które stanowią połowę masy badanej próbki, pozwala to na interpretowanie prędkości przepływu, przy którym akumulowany był osad (Zieliński 2015). Obliczona wartość Mz około 0,53 mm wskazuje na prędkość przepływu około 8–10 cm/sek (Zieliński 2015), dotyczy jednak pierwszego profilu, usytuowanego najbliżej zapory zbiornika, gdzie energia przepływu jest największa. W następnych profilach średnia średnica jest już znacznie mniejsza (0,24–0,32 mm), co przekłada się na prędkość przepływu około 5–6 cm/sek (Zieliński 2015). Wskaźnik wysortowania materiału (Sd, tab. 4) wynosi od 0,64 do 1,01, co wskazuje na dość dobre i umiarkowane wysortowanie. Można taki wynik interpretować jako dość stabilne warunki prędkości przepływu podczas akumulacji materiału dennego (Mycielska-Dowgiałło 1995).

Parametry fizykochemiczne osadów dennych wskazują z kolei na domieszkę materiału dostarczanego do koryta, zarówno naturalnego, jak i zanieczyszczeń antropogenicznych (Myślińska 2010). Rozszerzenie oceny hydromorfologicznej o oznaczanie takich podstawowych parametrów osadów dałoby znacznie szerszą charakterystykę koryt badanych metodą RHS.

6. Wnioski

Bzura to typowa dla regionu łódzkiego rzeka, wypływająca z silnie zróżnicowanego pod względem geologicznym i geomorfologicznym obszaru Wzniesień Łódzkich, następnie przebiegając ku północy na obszar Równiny Łowicko-Błońskiej przyjmuje postać typowej rzeki nizinnej.

Górny odcinek Bzury przeszedł istotne zmiany spowodowane działalnością człowieka. Koryto w dużym stopniu zostało wyregulowane, a przyległy teren podlegał zagospodarowaniu osadniczemu i przemysłowemu.

Badany fragment górnego odcinka Bzury charakteryzuje się wąską doliną, stromymi stokami, koryto ma niewielką szerokość – do 2 m w badanym odcinku, a także z dobrze zachowanymi elementami naturalnymi, jak stosunkowo kręty przebieg i zróżnicowany profil dna i brzegów. Taki stan zachowania wynika głównie z położenia na obszarze Lasu Łagiewnickiego i Parku Krajobrazowego Wzniesień Łódzkich.

Osady denne Bzury to głównie dość dobrze wysortowane średnio- i drobnopziarniste piaski, typowe dla górnych odcinków niewielkich rzek środkowej Polski, zaś niska konduktywność i lekko kwaśny odczyn materiału dennego wskazuje na niewielkie zanieczyszczenie wód rzeki i jej zlewni.

Do badań zastosowano metodę hydromorfologicznej oceny rzek (RHS), która jest skutecznym narzędziem do monitorowania i analizy stanu ekologicznego rzek, dostarczając precyzyjnych i powtarzalnych wyników w postaci wskaźników. Wskaźnik naturalności siedliska (HQA) dla badanego odcinka Bzury wskazuje na dobry stan zachowania naturalnych cech morfologicznego koryta i brzegów. Wskaźniki przekształcenia siedliska (HMS i PIHM) wskazują na niewielki stopień antropogenicznych zmian koryta rzeki i doliny.

Obecność kompleksu leśnego Lasu Łagiewnickiego oraz brak intensywnej działalności gospodarczej w tym regionie przyczyniają się do zachowania naturalnych cech środowiska. W bezpośrednim sąsiedztwie rzeki nie występuje zabudowa. Mimo pewnych śladów działalności człowieka badany odcinek Bzury zachowuje dobry stan ekologiczny.

Podziękowania

Autorzy dziękują Norbertowi Pietrasikowi i Pawłowi Włodarskiemu za udostępnienie części materiałów terenowych oraz recenzentom za wskazówki, które posłużyły do poprawy treści artykułu.

7. Literatura

- Bartnik A., Tomalski P. 2016. Parametryczna ocena łódzkich rzek pod względem hydromorfologicznym. Monografie Komitetu Gospodarki Wodnej PAN 16: 77–92.
- Dylik J. 1971. Województwo ze stolicą bez antenatów: geografia historyczna województwa łódzkiego. PWN, Łódź.
- Goździk J., Wieczorkowska J. 2002. Rzeźba terenu. Atlas Miasta Łodzi. Plansza VIII.
- Gromiec M.J. 2004. Wybrane aspekty Ramowej Dyrektywy Wodnej w świetle wspólnej strategii jej wdrażania i poradników Unii Europejskiej. SIGMA-NOT: 268–271.
- Jokiel P., Maksymiuk Z. 2002. Wody. Atlas Miasta Łodzi. Plansza IX.
- Klatkowska H., Kamiński J., Szafranska D. 1995. Szczegółowa mapa geologiczna Polski 1:50 000, arkusz Zgierz. Państwowy Instytut Geologiczny – Państwowy Instytut Badawczy.
- Michalska B. 2017. Zastosowanie sieci neuronowych do hydromorfologicznego opisu rzeki Jasień. Konferencja Hydrogeologia w Praktyce – Praktyka w Hydrogeologii.
- Michalska B., Lefik M. 2021. Zastosowanie sieci neuronowych do hydromorfologicznego opisu rzeki Olechówki. Zastosowanie metod numerycznych w analizie wybranych zagadnień geotechniki i geotechniki środowiskowej. Politechnika Łódzka, Łódź.
- Mycińska-Dowgiało E. (red.) 1995. Badania osadów czwartorzędowych. Wybrane metody i interpretacja wyników. Warszawa.
- Myślińska E. 2010. Laboratoryjne badania gruntów. Wydawnictwo Uniwersytetu Warszawskiego, Warszawa.
- Rdzany Z. 2009. Rekonstrukcja przebiegu zlodowacenia warty w regionie łódzkim. Wydawnictwo Uniwersytetu Łódzkiego, Łódź.
- Szozkiewicz K., Jusik S., Zgola T., Hryc-Jusik B. 2009. Hydromorfologiczna ocena wód płynących: podręcznik do badań terenowych według metody River Habitat Survey w warunkach polskich. Warrington, Poznań.
- Szymkiewicz J., Twardy J. 2016. Stan hydromorfologiczny górnego odcinka rzeki Ner w świetle zastosowania metody River Habitat Survey (RHS). Acta Universitatis Lodzensis. Folia Geographica Physica 15: 63–75.
- Trzmiel B., Nowacki K. 1985. Szczegółowa mapa geologiczna Polski 1:50 000, arkusz Łódź Wschód. Państwowy Instytut Geologiczny – Państwowy Instytut Badawczy.
- Turkowska K. 2006. Geomorfologia regionu łódzkiego. Wydawnictwo Uniwersytetu Łódzkiego, Łódź.
- Zieliński T. 2015. Sedymentologia: osady rzek i jezior. Wydawnictwo Naukowe Uniwersytetu im. Adama Mickiewicza, Poznań.
- Ziomek J., Iwańcz T., Laskowski S. 2002. Geologia i gleby. Atlas Miasta Łodzi. Plansza VII.
- www.geoportal.gov.pl