

MARIUSZ TSZYDEL, ANDRZEJ KRUK, WANDA GALICKA, SZYMON TYBULCZUK,  
DARIUSZ PIETRASZEWSKI, LIDIA MARSZAŁ, BARTOSZ JANIC

Uniwersytet Łódzki, Katedra Ekologii i Zoologii Kręgowców

## FAUNA BEZKRĘGOWA W STRUMIENIACH I RZEKACH MIASTA ŁÓDZI\*

### MACROINVERTEBRATES IN STREAMS AND RIVERS IN THE CITY OF ŁÓDŹ

**Abstract:** In the City of Łódź there are 29 streams and rivers of various sizes, 18 of them named and 11 unnamed, whose total length is 125 km. The aim of the present study was gaining initial knowledge of the abundance and diversity of aquatic macroinvertebrates in water courses in the City of Łódź.

Collected aquatic macroinvertebrates were represented by 18 taxons. The highest occurrence was recorded for Dipterans (Chironomidae) (present in all samples), Oligochaeta, Ephemeroptera and Gastropoda.

The distribution of macroinvertebrates along the investigated streams varied very much. The Jasiień and Łódka Streams turned out least abundant and taxonomically diverse in macroinvertebrates. The opposite were the Bzura and Łagiewniczanka Streams. It confirmed that usually the differences in macroinvertebrate distribution and diversity resulted from pollution of the running waters with domestic and industrial sewage, transforming of certain water courses into sewage-storm canals, regulation including covering of river beds and banks with concrete.

**Słowa kluczowe:** bezkręgowce wodne, ciekі miejskie, regulacja koryta, zanieczyszczenie

**Key words:** aquatic invertebrates, urban streams, channel regulation, pollution

#### 1. WSTĘP

Rewolucja przemysłowa rozpoczęta w połowie XIX w. doprowadziła do powstania i dynamicznego rozwoju wielu miast Europy i Świata. Przemysłowe ambicje Rajmunda Rembielińskiego nazywanego „ojcem chrzestnym przemysłowej Łodzi”, skłoniły go w 1820 r. do wskazania Łodzi jako centrum rozwoju

---

\* Praca powstała w ramach grantu Nr Ed.VII.4346/G-17/2009 i 2010 Prezydenta Miasta Łodzi, finansowanego ze środków budżetu miasta Łodzi.

włókiennictwa ówczesnej Polski. Z czasem wieś na bagnach licząca 1300 osób stała się aglomeracją miejską, utożsamianą z fabrykami i intensywnie rozwijającą się zabudową komunalną oraz liczbą mieszkańców przekraczającą 800 tys. Większość cieków terenu miasta uregulowano, a niektóre wybetonowano i „schowano” pod ulicami. Zwykle taka regulacja cieków nie tylko zmniejsza zróżnicowanie oferty środowiskowej, ale znacznie skraca ich długości (LUBINI-FERLIN 1989). Regulacja rzek prowadzi też często do destabilizacji wielu parametrów abiotycznych i biotycznych rzek, w tym do znacznych zmian w obfitości i różnorodności zoobentosu (WARD, STANFORD 1980; PETTS 1984; BEDNAREK 2001).

Faunę terenów zurbanizowanych Polski zaczęto intensywnie badać dopiero po drugiej wojnie światowej (LUNIAK 1990). Badania nad ekologią zwierząt w środowiskach miejskich, zwłaszcza obecnie, rozwijają się bardzo dynamicznie. Ciągłe jednak znajomość fauny miast w porównaniu ze środowiskami naturalnymi jest niewielka, a do najlepiej poznanych grup zwierzęcych należą ptaki, ssaki i płazy wśród kręgowców oraz owady wśród bezkręgowców (BANASZAK, KASPRZAK 1978; LUNIAK 1998; MARKOWSKI *et al.* 1998). Stopień poznania bezkręgowców obszarów miejskich jest znacznie mniejszy niż kręgowców. Porównanie bezkręgowców lądowych z wodnymi wypada jeszcze gorzej – nasza wiedza o bezkręgowcach środowisk wodnych miast jest fragmentaryczna i wysoce niezadowalająca (PIECZYŃSKA, PRASZKIEWICZ 1977; BANASZAK, KASPRZAK 1978). W szeroko zakrojonych badaniach Instytutu Zoologii PAN, prowadzonych przez ponad 30 lat na terenie Warszawy, bezkręgowce wodne nie były uwzględniane (LUNIAK, PISARSKI 1994). W dwóch wydanych ostatnio monografiach dotyczących fauny miast (BARCZAK, INDYKIEWICZ 1998; INDYKIEWICZ *et al.* 2001), na ponad 90 prac, tylko jedna dotyczyła bezkręgowców wodnych (PIETRZAK 2001), a w podsumowaniu badań nad fauną miast BANASZAK (1998) w ogóle nie wspomina bezkręgowców wodnych. Bezkręgowce są integralną częścią środowisk wodnych, a szczególnie istotne jest ich znaczenie ekologiczne w utrzymaniu różnorodnych interakcji organizmów ze środowiskiem (ANDERSON, SEDEL 1979). MARQUES *et al.* (2003) uważają, że znajomość struktury zgrupowań bezkręgowców wodnych dostarcza precyzyjnych informacji o ewentualnych lokalnych zmianach krótkookresowych w ciekach.

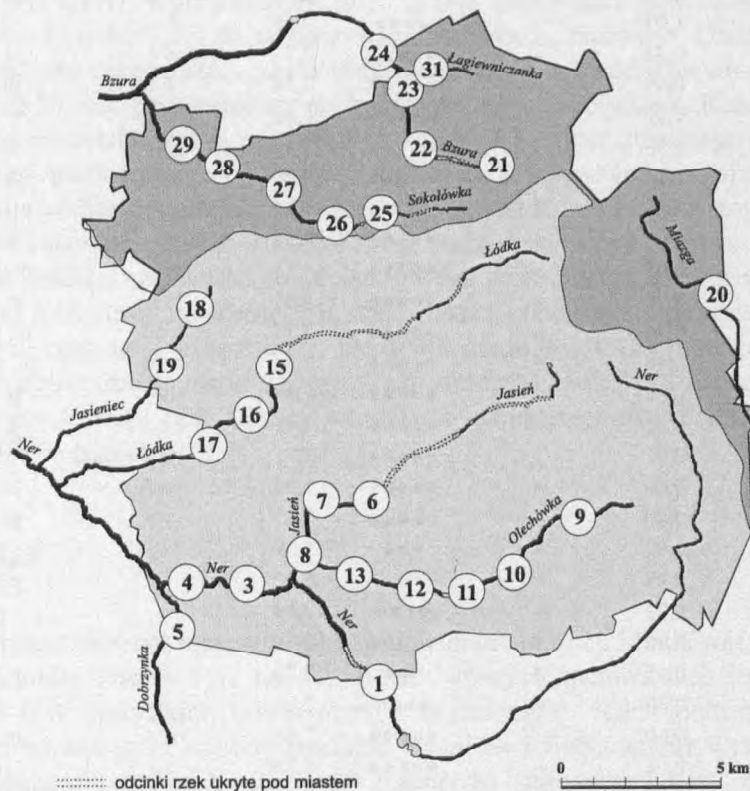
Inwentaryzacyjne badania fauny Łodzi liczą łącznie ponad 400 publikacji (KURANTOWSKA, RÓZGA 2001; MARKOWSKI *et al.* 2001), w których stwierdzono 3059 gatunków, z czego 2429 to bezkręgowce (MARKOWSKI *et al.* 2004). Niewiele jest jednak badań i kompleksowych opracowań dla bezkręgowców wodnych łódzkich rzek i strumieni. Zestawienia te dotyczą zwykle wybranych cieków (TSZYDEL *et al.* 2007), wybranych obszarów (GRZYBKOWSKA *et al.* 2008), wybranych taksonów (TOŃCZYK, PAKULNICKA 2004) lub spisu entomofauny, a nie ujęcia hydrobiologicznego (TOMASZEWSKI 1962; KOWALCZYK *et al.* 1991; ŚLIWIŃSKI, MARCINIAK 1991). Te informacje wskazują, że bezkręgowce łódzkich strumieni stanowią „białą plamę” w inwentaryzacji fauny w Łodzi, co wynika z bardzo ubogich zasobów wód powierzchniowych Łodzi i znacznego stopnia ich

degradacji (MARKOWSKI *et al.* 1998), a wskutek tego małego zainteresowania zoologów bezkręgowcami wodnymi łódzkich cieków jako nieatrakcyjnych faunistycznie.

Celem badań było wstępne rozpoznanie obfitości i różnorodności biologicznej bezkręgowców wodnych w łódzkich ciekach.

## 2. TEREN BADAŃ

Pierwotnie, obszar Łodzi obfitował w dużą liczbę różnej wielkości cieków, co związane jest z przebiegającym przez miasto Łódź głównym działem wodnym między zlewiskami Wisły i Odry. Badania dotyczyły wybranych stanowisk na dziesięciu łódzkich ciekach: Nerze, Dobrzynce, Jasieniu, Olechówce, Łódce i Jasieńcu należących do zlewni Odry oraz Miazdze, Bzurze, Sokolówce i Łagiewniczance należących do zlewni Wisły (ryc. 1).



Ryc. 1. Mapa terenu badań z zaznaczonymi miejscami poboru prób

Fig. 1. Study area with marked sampling sites

**Tabela 1.** Parametry morfometryczne, hydrauliczne i fizyko-chemiczne wody na stanowiskach badań strumieni i rzek Łodzi

○ ≤ 500, ○○ ≤ 800, ○○○ ≤ 1600 μS cm<sup>-1</sup>; – brak, • ≤ 5, ● ≤ 20, ●● ≤ 40, ●●● ≤ 60, ●●●● ≤ 80, ●●●●● > 80%; p – piasek, m – muł, pl – płyty betonowe lub cegły, z – żwir, k – kamienie

**Table 1.** Morphometric, hydraulic and physico-chemical parameters of sampling sites on the streams and rivers of Łódź

○ ≤ 500, ○○ ≤ 800, ○○○ ≤ 1600 μS cm<sup>-1</sup>; – absent, • ≤ 5, ● ≤ 20, ●● ≤ 40, ●●● ≤ 60, ●●●● ≤ 80, ●●●●● > 80 %; p – sand, m – mud, pl – bricks and/or slabs, z – gravel, k – pebbles

Stanowisko Site	Prędkość nurtu [m s <sup>-1</sup> ] Flow rate [m s <sup>-1</sup> ]	Roślinność zanurzona [%] Submerged vegetation [%]	Nasylenie tlenem [%] Oxygen saturation [%]	pH	Konduktywność [μS cm <sup>-1</sup> ] Conductivity [μS cm <sup>-1</sup> ]	Dominujące podłoże Dominant substratum
(1)	0,30	●●●	●●	7,50	○○	p
(2)	0,94	●	●●●●●	6,50	○○	p, pl
(3)	1,03	•	●●●●	7,58	○○○	pl
(4)	0,63	–	●●●●●	7,77	○○	pl, m
(5)	0,69	•	●●●●●	7,34	○○	pl, p
(6)	1,32	–	●●●●●	7,60	○○	p, pl
(7)	1,93	–	●●●●●	7,46	○○	p, pl
(8)	1,14	–	●●●●●	7,46	○○○	pl, m
(9)	1,53	•	●●●●	7,24	○	pl, z, k
(10)	1,69	•	●●●●●	7,58	○	p, pl
(11)	0,65	•	●●●●●	8,18	○	m, p, k
(12)	0,71	–	●●●●●	8,41	○○	pl, p
(13)	0,71	–	●●●●●	7,77	○○○	pl, p, z
(14)	0,48	•	●●●●●	7,64	○○○	pl, p, m
(15)	0,36	–	●●●●●	7,84	○○○	p, m
(16)	0,82	•	●●●●●	7,51	○○○	p, m
(17)	0,91	•	●●●●●	7,71	○○○	p, z
(18)	0,60	•	●●●●●	7,93	○○○	pl, p
(19)	0,49	–	●●●●●	7,82	○○	p, m
(20)	0,92	●	●●●	5,69	○	p
(21)	0,48	–	●●●	7,20	○	p, m
(22)	0,23	–	●●●●	7,44	○	p
(23)	0,96	•	●●●●●	7,64	○	p
(24)	0,55	●	●●●	7,28	○	p, m
(25)	0,30	–	●●●●	7,19	○	p
(26)	0,50	–	●●●●●	7,86	○○○	m, p
(27)	0,68	–	●●●●●	8,25	○○	m
(28)	0,50	•	●●●	7,44	○○○	pl, m
(29)	0,24	–	●●●●	7,44	○○○	pl, m
(30)	0,77	•	●●●●●	7,59	○○○	p
(31)	0,41	●	●●●●	7,59	○○○	p

Zależnie od wielkości cieków na każdym wyznaczono od jednego do sześciu stanowisk. Najwięcej (po sześć) zlokalizowano na Olechówce i Sokołówce, najmniej (po jednym) na Miazdze i Dobrzynce – ta ostatnia, mimo sporych rozmiarów względem innych badanych cieków, tylko na krótkim odcinku płynie na terenie miasta Łodzi – stąd jeden punkt badań (ryc. 1). Niektóre odcinki badanych rzek, zwłaszcza te w centrum miasta nie zostały zbadane. Włączenie ich w system kanalizacji ogólnospławnej i „schowanie” pod miastem w postaci zamkniętych kanałów uniemożliwiło dotarcie do tych miejsc.

### 3. MATERIAŁY I METODY

Badania przeprowadzono w okresie wiosennym (kwiecień–maj) 2010 roku. Zebrany materiał pochodził z 28 stanowisk z 31 zaproponowanych (brak prób z trzech stanowisk – 2, 14, 30 – spowodowany był niemożnością poboru materiału z dna rzeki). Wybetonowane dno i brzegi części odcinków badanych cieków (tab. 1) uniemożliwiło wykorzystanie chwytacza rurowego. Dlatego unifikując metodę poboru prób, użyto siatki bentosowej o kwadratowym przekroju (krawędź 25 cm), posługując się nią bardzo często jak skobakiem. Każdorazowo zbierano materiał z dna o powierzchni 0,5 m<sup>2</sup>. Charakter zebranego materiału był zatem półilościowy. Wyszortowane z osadu bezkręgowce pogrupowano na taksony – podstawą podziału były rzędy; w przypadku niektórych grup bezkręgowców dokonano bardziej szczegółowego podziału taksonomicznego.

Dla każdego stanowiska dokonano również opisu z uwzględnieniem rodzaju podłoża i roślinności zanurzonej. Na stanowiskach poboru prób makrozoobentosu dokonano pomiarów temperatury, prędkości prądu wody (za pomocą młynka elektromagnetycznego marki *Valeport*), pH, stężenia tlenu rozpuszczonego i konduktywności wody (za pomocą miernika wieloparametrowego *Multiline P4* marki *WTW*, Niemcy).

### 4. WYNIKI

Zebrany materiał reprezentowało 18 taksonów (tab. 2). Muchówki z rodziny Chironomidae obecne były na wszystkich badanych stanowiskach i stanowiły prawie 48% wszystkich odnotowanych organizmów. Jętki (Ephemeroptera) reprezentowane przez rodziny Beatidae, Ceanidae i Ephemeridae występowały na większości stanowisk (23 z 28 badanych) stanowiąc 23,5% zebranych bezkręgowców. Najmniej liczne okazały się widelnice (Plecoptera) reprezentowane przez *Nemoura cinerea* stanowiące zaledwie 0,06% wszystkich zebranych osobników (tab. 3).

**Tabela 2.** Liczebność poszczególnych grup taksonomicznych oraz liczba stanowisk, na których zostały odnotowane w badanych ciekach**Table 2.** Number of taxa and number of sampling sites at which the taxa were observed

Takson Taxon	N stanowisk N sites	N osobników N individuals	Takson Taxon	N stanowisk N sites	N osobników N individuals
Oligochaeta	16	184	Trichoptera	17	159
Hirudinea	16	63	Plecoptera	2	4
Gastropoda	22	268	Zygoptera	4	8
Bivalvia	11	82	Coleoptera	10	21
Amphipoda	6	503	Culicidae	4	19
Decapoda	5	5	Chironomidae	28	3 221
Isopoda	13	274	Simuliidae	15	257
Heteroptera	10	35	Ceratopogonidae	3	8
Ephemeroptera	23	1 596	Diptera inne/other Diptera	10	51

**Tabela 3.** Obfitość oraz różnorodność grup taksonomicznych bezkręgowców wodnych w badanych strumieniach i rzekach**Table 3.** Abundance and diversity of aquatic invertebrate taxa in investigated streams

Strumień Stream	Numer stanowiska Site number	Ulica / stanowisko Street / site	N taksonów N taxons	N osobników N individuals
Ner	(1)	Lucerniana	12	733
	(3)	Chocianowicka	7	382
	(4)	Sanitariuszek	10	168
Dobrzyńka	(5)	Łaskowice	10	153
	Jasień	(6)	Cieszkowskiego	5
Olechówka		(7)	Basenowa	2
	(8)	Prądzyńskiego	2	6
	(9)	Olechowska	7	260
	(10)	Zygmunta	9	85
	(11)	św. Wojciecha	5	55
	(12)	Obszerna	7	628
Łódka	(13)	Rzemieślnicza	9	206
	(15)	Jarzynowa	4	16
	(16)	Lontowa	9	257
Jasieniec	(17)	Krańcowa	4	108
	(18)	Złotno	6	211
Miazga	(19)	Dąbrowa	12	451
	(20)	Małownicza	5	23
Bzura	(21)	Wycieczkowa	13	348
	(22)	Łagiewnicka	16	383
	(23)	Mrówcza	17	446
	(24)	Okólna / Długa	11	341
Sokolówka	(25)	Folwarczna	7	56
	(26)	Czereśniowa	9	417
	(27)	Brokowa	6	414
	(28)	Wronia / Spadkowa	8	115
Łagiewniczanka	(29)	Drozdowa	13	389
	(31)	Wycieczkowa	11	108

Występowanie bezkręgowców w badanych ciekach miało charakter koncentryczny. Liczba taksonów i różnorodność bezkręgowców wodnych rosła od centrum w kierunku peryferii miasta (tab. 3). Rzeki płynące przez centrum miasta (Jasień, Łódka) cechowała mała różnorodność i obfitość fauny. Badane odcinki tych rzek cechowały się wyższą konduktywnością wody, wybetonowanym dnem, brakiem naturalnych kryjówek, w tym roślinności zanurzonej (tab. 1). Cieki płynące przez obrzeża miast w sąsiedztwie luźnej zabudowy jednorodzinnej (Olechówka, Sokołówka, Jasieniec) oraz te, których koryta zlokalizowane są w kompleksach leśnych (Łagiewniczanka, Bzura), nie wykazywały tak silnego zubożenia gatunkowego makrozoobentosu (tab. 3). Jest to wynikiem mniejszego stopnia przekształcenia i zanieczyszczenia wymienionych strumieni, przejawiającego się m.in. niższą konduktywnością, wyższym stężeniem tlenu rozpuszczonego w wodzie, piaszczystym dnem pokrytym niekiedy roślinnością zanurzoną (tab. 1 i 3).

Najbardziej różnorodną taksonomicznie okazała się rzeka Bzura na stanowisku przy ulicy Mrówczej (st. 23), gdzie odnotowano 17 z 18 taksonów. Najbardziej obfitym w makrobentofaunę wodną był Ner w odcinku przy ulicy Lucernianej (st. 1). Najmniej liczne i różnorodne taksonomicznie okazały się zespoły bezkręgowców w Łódce oraz Jasieniu, w którym odnotowano najuboższe stanowisko (st. 7) ze wszystkich zbadanych (tab. 3).

## 5. DYSKUSJA

Konsekwencją urbanizacji jest zmniejszenie różnorodności i obfitości bezkręgowców wodnych (WHITING, CLIFFORD 1983; LENAT, CRAWFORD 1994), wzrost dominacji organizmów eurytopowych, tolerancyjnych na zanieczyszczenia (HALL *et al.* 2001; WALSH *et al.* 2001) oraz zmiany w proporcjach grup troficznych (LAMBERTI, BERG 1995), gdyż poszczególne organizmy wodne różnią się wrażliwością na czynniki związane z urbanizacją (BIESIADKA, KASPRZAK 1977; INGLISS, KROSS 2000; LINDEGARTH, HOSKIN 2001). Reakcja bezkręgowców wodnych na procesy urbanizacyjne jest skorelowana z uszczelnieniem powierzchni miast, zawartością zabudowy, zagęszczeniem ludzi i ilości produkowanych przez nich ścieków (KLEIN 1979; BENKE *et al.* 1981; JONES, CLARK 1987; TATE, HEINY 1995; KENNEN 1999). Wielkie nieprzepuszczalne powierzchnie w miastach, w połączeniu z siecią kanalizacyjno-ściekową, powodują przyspieszenie spływu powierzchniowego. Prowadzi to z jednej strony do kseryzacji środowisk lądowych, a z drugiej do wzrostu stężenia związków mineralnych i metali ciężkich w środowiskach wodnych. Wynika to z faktu, że wody spłukiwane z miasta są poważnie zanieczyszczone (PIECZYŃSKA, PRASZKIEWICZ 1977; BEDNAREK 1980; WICHTOWSKA, SOBCZAK 1994; ZAPPAROLI 1997; WINTER, DUTHIE 1998; LINDEGARTH, HOSKIN 2001; ORUSO 2001;

WALSH *et al.* 2001). Zanieczyszczenia organiczne mogą dramatycznie ograniczyć występowanie organizmów wodnych, a zwłaszcza ich różnorodność. W zgrupowaniu bezkręgowców wodnych zaczynają wówczas dominować Chironomidae, Oligochaeta i Gastropoda (CAMPBELL 1978; PRATT *et al.* 1981; SEAGER, ABRAHAMS 1990; WRIGHT *et al.* 1995; THORNE *et al.* 2000). Opisane zjawiska nasilają się w miarę zbliżania się do centrów miast. Dodatkowo w centrach dużych miast jeszcze większym zagrożeniem dla jakości wody jest włączenie cieków do sieci kanalizacyjno-burzowej. W tym systemie kanalizacji, zwanym również ogólnospławnym, ścieki i wody deszczowe są transportowane do oczyszczalni ścieków jednym systemem kanałów. Wskutek redukcji wydatków na budowę sieci kanalizacyjnej, kanały mają przekrój, który po ulewnych deszczach nie pozwala odprowadzić całości mieszaniny ścieków i wód opadowych. Jej nadmiar przelewa się do najbliższego cieku poprzez przelewy burzowe. Nawet nieliczne w ciągu roku przypadki przedostania się w ten sposób ścieków komunalnych do strumieni lub rzek powodują spustoszenia wśród organizmów wodnych. W Łodzi opisany problem dotyczy głównie płynących przez jej centrum Jasienia i Łódki, na których funkcjonuje odpowiednio 9 i 11 przelewów burzowych (KRUK *et al.* 2003).

Kolejnym ważnym powodem ograniczenia występowania organizmów bezkręgowych jest regulacja badanych cieków, w tym ujęcie ich w betonowe kanały. Problem ten w miastach jest zwykle bardziej nasilony w centrach niż na obrzeżach. W Łodzi najbardziej dotyczy Jasienia i Łódki. Na uregulowanych odcinkach strumieni ma miejsce niedobór refugium i zubożenie mikrohabitatów (BORCHARDT, STATZNER 1990). Podłoża o zróżnicowanym uziarnieniu charakteryzują się zwykle większym bogactwem gatunków niż dno jednorodne (ALLAN 1998). Zmniejszenie liczebności lub całkowity brak poszczególnych grup owadów wodnych dotyczy w pierwszej kolejności Plecoptera, Ephemeroptera i Trichoptera (PRATT *et al.* 1981; HACHMOLLER *et al.* 1991).

Wybetonowanie koryt i włączenie cieków do kanalizacji ogólnospławnej sprawia, że jakość środowiska wodnego w rzekach takich jak Jasień i Łódka wyjątkowo nie sprzyja obecności bezkręgowców wodnych. Monotonia uziarnienia podłoża, pogorszenie jakości wody oraz zaburzenie trofii zawsze negatywnie wpływają na organizmy wodne miejskich cieków (SUREN 2000). To tłumaczy obecność tolerancyjnych Chironomidae na wszystkich badanych stanowiskach łódzkich rzek, a Oligochaeta i Gastropoda na większości z nich. Dotyczy to zwłaszcza tych najmniej gościnnych odcinków rzek, w tym Jasienia na stanowiskach Basenowa i Prądyńskiego.

Dużo lepiej wyglądała sytuacja bezkręgowców wodnych w ciekach płynących poza centrum takich jak: Olechówka, Sokołówka lub Jasieniec. Tereny podmiejskie różnią się zarówno od środowisk miejskich, jak i naturalnych, a natężenie zmian zależy zarówno od form użytkowania tych terenów, jak i ich historii (KAROLEWSKI 1981; SOLON 1994; ZIMNY 1994; MCINTYRE *et al.*



2001). Środowisko miejskie jest mozaiką siedlisk całkowicie zmienionych oraz naturalnych i półnaturalnych. W enklawach takich jak np. parki miejskie, cmentarze lub podmiejskie cieki może występować fauna naturalna charakterystyczna dla terenów, na których powstało miasto (ZAPPAROLI 1997).

Zestawienie występowania bezkręgowców w łódzkich strumieniach i rzekach może stanowić punkt wyjścia do monitorowania zmian zachodzących w ekosystemach wodnych cennych przyrodniczo terenów Łodzi, a także podczas prowadzonej obecnie rewitalizacji łódzkich rzek. Ostatnio coraz częściej realizowane są projekty mające na celu poprawę jakości środowiska wodnego na terenach miejskich poprzez oczyszczanie ścieków komunalnych lub zabiegi renaturyzacyjne; niestety niewiele jest prac dowodzących skuteczności tych zabiegów poprzez pryzmat odpowiedzi organizmów (BENKE *et al.* 1981; RILEY 1998).

## 6. LITERATURA

- ALLAN, J. D. 1998. Ekologia wód płynących. Wydawnictwo Naukowe PWN, Warszawa.
- ANDERSON, N. H., SEDELL, J. R. 1979. Detritus processing by macroinvertebrates in some ecosystems. *Ann. Rev. Entomol.* 24: 357–377.
- BANASZAK, J. 1998. Z badań nad fauną i ekologią miast. [W:] T. BARCZAK, P. INDYKIEWICZ (red.), *Fauna miast*. ART., Bydgoszcz, ss. 21–45.
- BANASZAK, J., KASPRZAK, K. 1978. Przegląd badań nad fauną bezkręgowców terenów miejskich. *Przeł. zool.* 22 (3): 239–249.
- BARCZAK, T., INDYKIEWICZ, P. 1998. *Fauna miast*. Wyd. ATR, Bydgoszcz, ss. 1–263.
- BEDNAREK, A. 1980. Fauna pluskwiaków (Heteroptera) sztucznych zbiorników wodnych terenów zurbanizowanych. *Wiad. entomol.* 1 (3): 159–174.
- BEDNAREK, A. T. 2001. Undamming rivers: A review of the ecological impacts of dam removal. *Environ. Manage.* 27: 803–814.
- BENKE, A. C., WILLEKE, G. E., PARRISH, F. K., STITES, D. L. 1981. Effects of urbanization on stream ecosystems. *Environ. Resour. Ctr. Rep.* 07–81, Georgia Inst. Tech., Atlanta.
- BIESIADKA, E., KASPRZAK, K. 1977. An investigation on the macrofauna of the River Warta within the city of Poznań. *Acta hydrobiol.* 19 (2): 109–122.
- BORCHARDT, D., STATZNER, B. 1990. Ecological impact of urban stormwater runoff studied in experimental flumes: population loss by drift and availability of refugial space. *Aquat. Sci.* 52: 299–314.
- CAMPBELL, I. C. 1978. Biological investigation of an organically polluted urban stream in Victoria. *Aust. J. Mar. Freshw. Res.* 29: 275–291.
- GRZYBKOWSKA, M., MAJECKI, J., KURZAWSKI, M., MAJECKA, K., 2008. Owady wodne: Chironomidae (Diptera) i Trichoptera cennych przyrodniczo obszarów Łodzi. [W:] P. INDYKIEWICZ, J. LESZEK, T. BARCZAK (red.), *Fauna miast. Ochronić różnorodność biologiczną w miastach*. Bydgoszcz, ss. 383–388.
- HACHMOLLER, B., MATTHEWS, R. A., BRAKKE, D. F. 1991. Effects of riparian community structure, sediment size, and water quality on the macroinvertebrate communities in a small, suburban stream. *Northwest. Sci.* 65: 125–132.

- HALL, M. J., CLOSS, G. P., RILEY, R. H. 2001. Relationships between land use and stream invertebrate community structure in a South Island, New Zealand, coastal stream. *N. Z. J. Mar. & Freshwat. Res.* 35: 591–603.
- INDYKIEWICZ, P., BARCZAK, T., KACZOROWSKI, G. 2001. Bioróżnorodność i ekologia populacji zwierzęcych w środowiskach zurbanizowanych. Wyd. Nice, Bydgoszcz, ss. 1–297.
- INGLIS, G. J., KROSS, J. E. 2000. Evidence for Systemic Changes in the Benthic Fauna of Tropical Estuaries as a Result of Urbanization. *Mar. Pollut. Bull.* 41 (7–12): 367–376.
- JONES, R. C., CLARK, C. C. 1987. Impact of watershed urbanization on stream insect communities. *Water Resour. Bull.* 23: 1047–1055.
- KAROLEWSKI, M. A. 1981. Specyfika i status ekologiczny miasta. *Wiad. ekol.* 27: 3–35.
- KENNEN, J. G. 1999. Relation of macroinvertebrate community impairment to catchment characteristics in New Jersey streams. *J. Am. Water Resour. Assoc.* 35: 939–955.
- KLEIN, R. D. 1979. Urbanization and stream quality impairment. *Water Resour. Bull.* 15: 948–963.
- KOWALCZYK, J. K. 1991. Materiały do znajomości żądłówek (Hymenoptera: Aculeata) Łodzi. *Acta Univ. Lodz., Folia zool. Anthr.* 7: 67–114.
- KRUK, A., GALICKA, W., SPYCHALSKI, P. 2003. Wpływ kanalizacji miejskiej na ichtiofaunę strumieni miasta Łodzi. [W:] K. GWOŹDZIŃSKI (red.), Bory Tucholskie II. Zasoby i ich ochrona. Wydawnictwo Uniwersytetu Łódzkiego, Łódź, ss. 185–192.
- KURNATOWSKA, A., RÓZGA, A. 2001. Pasożyty i grzyby chorobotwórcze człowieka. [W:] Przyroda Łodzi. Bibliografia. ŁTN 30, Łódź.
- LAMBERTI, G. A., BERG, M. B. 1995. Invertebrates and other benthic features as indicators of environmental change in Juday Creek, Indiana. *Nat. Areas Jour.* 15: 249–258.
- LENAT, D. R., CRAWFORD, J. K. 1994. Effects of land use on water quality and aquatic biota of three North Carolina Piedmont streams. *Hydrobiologia* 294: 185–199.
- LINDEGARTH, M., HOSKIN, M. 2001. Patterns of Distribution of Macro-fauna in Different Types of Estuarine, Soft Sediment Habitats Adjacent to Urban and Non-urban Areas. *Estuar. Coast. Shelf Sci.* 52: 237–247.
- LUBINI-FERLIN, V. 1989. Hydrobiologisches Bachinventar der Stadt Zürich. *Vierteljahrsschr. Naturforsch. Gesellsch. Zürich* 134 (4): 229–250.
- LUNIAK, M. 1990. Awifauna miasta – jej skład, zróżnicowanie oraz udział w procesach ekologicznych na przykładzie Warszawy. [W:] H. ZIMNY (red.), Funkcjonowanie układów ekologicznych w warunkach zurbanizowanych. SGGW, Warszawa, ss. 209–229.
- LUNIAK, M. 1998. Synurbizacja – dostosowanie się zwierząt do urbanizacji. [W:] T. BARCZAK, P. INDYKIEWICZ (red.), Fauna miast. Wyd. ATR, Bydgoszcz, ss. 13–19.
- LUNIAK, M., PISARSKI, B. 1994. State of research into the fauna of Warsaw (up to 1990). *Memorabilia zool.* 49: 155–165.
- MARKOWSKI, J., WOJCIECHOWSKI, Z., KOWALCZYK, J. K., TRANDA, E., ŚLIWIŃSKI, Z., SOSZYŃSKI, B. 1998. Fauna Łodzi. Fundacja „Człowiek i Środowisko”, Łódź.
- MARKOWSKI, J., DOMAŃSKI, J., GLUBOWSKI, M., RADZICKI, G., HEJDUK, J. 2001. Fauna. [W:] Przyroda Łodzi. Bibliografia. ŁTN 30, Łódź.
- MARKOWSKI, J., KOWALCZYK, J. K., JANISZEWSKI, T., WOJCIECHOWSKI, Z., SZCZEPKO, K., DOMAŃSKI, J. 2004. Fauna Łodzi – stan poznania, zmiany, gatunki chronione i zagrożone. [W:] P. INDYKIEWICZ, T. BARCZAK (red.), Fauna miast Europy Środkowej 21. wieku. P. M. Logo, Bydgoszcz, ss. 19–36.
- MARQUES, M. J., MARTINEZ-CONDE, E., ROVIRA, J. V. 2003. Effects of zinc and lead mining on the benthic macroinvertebrate fauna of a fluvial Ecosystem. *Water air and soil pollution* 148: 363–388.
- MCINTYRE, N. E., RANGO, J., FAGAN, W. F., FAETH, S. H. 2001. Ground arthropod community structure in a heterogeneous urban environment. *Landsc. Urban Plann.* 52: 257–274.

- ORUSO, R. T. 2001. Effects of Urbanization on Benthic Macroinvertebrate Communities in Streams, Anchorage, Alaska. U.S. Geological Survey, Water-Res. Invest. Rep. 01.4278, ss. 1–38.
- PETTS, G. E. 1984. Impounded rivers. Perspectives for ecological management. Chichester. Wiley and Sons, ss. 1–326.
- PIECZYŃSKA, E., PRASZKIEWICZ, A. 1977. Ekosystemy wodne związane z terenami zurbanizowanymi. *Wiad. ekol.* 23 (4): 379–387.
- PIETRZAK, L. 2001. Próba oceny naturalności zbiorników wodnych miasta Złocieńca przy użyciu współczynnika naturalności, w oparciu o chruściki (Trichoptera). [W:] P. INDYKIEWICZ, T. BARCZAK, G. KACZOROWSKI (red.), Bioróżnorodność i ekologia populacji zwierzęcych w środowiskach zurbanizowanych. Wyd. Nice, Bydgoszcz, ss. 105–109.
- PRATT, J. M., COLER, R. A., GODFREY, P. J. 1981. Ecological effects of urban stormwater runoff on benthic macroinvertebrates inhabiting the Green River, Massachusetts. *Hydrobiologia* 83: 29–42.
- RILEY, A. C. 1998. Restoring Streams in Cities: A Guide for Planners, Policymakers, and Citizens. Island Press, Washington, DC.
- SEAGER, J., ABRAHAMS, R. G. 1990. The impact of storm sewage discharges on the ecology of a small urban river. *Water Sci. Technol.* 22: 163–171.
- SOLON, J. 1994. Vegetation differentiation and its changes in the Warsaw suburban zone – a general review. *Warsaw. Memorabilia zool.* 49: 99–113.
- SUREN, A. M. 2000. Effects of urbanisation. [W:] K. J. COLLIER, M. J. WINTERBOURN (red.), New Zealand Stream Invertebrates: Ecology and Implications for Management. Hamilton, ss. 260–288.
- ŚLIWIŃSKI, Z., MARCINIAK, B. 1991. Zmiany w składzie gatunkowym motyli na terenie parków łódzkich w latach 1946–1987. *Acta Univ. Lodz., Folia zool., Anthr.* 7: 131–154.
- TATE, C. M., HEINY, J. S. 1995. The ordination of benthic invertebrate communities in the South Platte River Basin in relation to environmental factors. *Freshw. Biol.* 33: 439–54.
- THORNE, R. S. J., WILLIAMS, W. P., GORDON, C. 2000. The macroinvertebrates of a polluted stream in Ghana. *J. Freshw. Ecol.* 15: 209–217.
- TOMASZEWSKI, C. 1962. Chruściki (Trichoptera) Wyżyny Łódzkiej. *Fragm. Faun.* 22: 331–353.
- TOŃCZYK, G., PAKULNICKA, J. 2004. Wstępna analiza wybranych grup owadów wodnych (Odonata, Heteroptera i Coleoptera) Łodzi. [W:] P. INDYKIEWICZ, T. BARCZAK (red.), Fauna miast Europy Środkowej 21. wieku. P. M. Logo, Bydgoszcz, ss. 95–101.
- TSZYDEL, M., GRZYBKOWSKA, M., KURZAWSKI, M., KALISIAK, N. 2007. Response of benthofauna associated with gravel-pebble riverine bottom downstream of an impoundment – intrahabitat comparison. *Oceanol. & Hydrobiol. Stud.* 36: 81–96.
- WALSH, C. J., SHARPE, A. K., BREEN, P. F., SONNEMAN, J. A. 2001. Effects of urbanization of the Melbourne region, Victoria, Australia. I. Benthic macroinvertebrate communities. *Freshw. Biol.* 46: 535–551.
- WARD, J. V., STANFORD, J. A. 1980. Tailwater biota: ecological response to environmental alternations. Proceedings of the symposium on surface water impoundment's ASCE, June 2–5, 1980, Minneapolis, Minnesota, ss. 1516–1525.
- WHITING, E. R., CLIFFORD, H. F. 1983. Invertebrates and urban runoff in a small northern stream, Edmonton, Alberta, Canada. *Hydrobiologia* 102: 73–80.
- WICHTOWSKA, M., SOBCZAK, A. 1994. Formation of the water beetle (Coleoptera) fauna in conditions of the urban agglomeration of Szczecin (Western Pomerania). *Acta hydrobiol.* 36 (1): 57–74.
- WINTER, J. G., DUTHIE, H. C. 1998. Effects of urbanization on water quality, periphyton and invertebrate communities in a southern Ontario stream. *Can. Wat. Res. J.* 23 (3): 245–257.

- WRIGHT, I. A., CHESSMAN, B. C., FAIRWEATHER, P. G., BENSON, L. J. 1995.** Measuring the impact of sewage effluent on the macroinvertebrate community of an upland stream. The effect of different levels of taxonomic resolution and quantification. *Aust. J. Ecol.* 20: 142–149.
- ZAPPAROLI, M. 1997.** Urban development and insect biodiversity of the Rome area, Italy. *Landsch. Urban Plann.* 38: 77–86.
- ZIMNY, H. 1994.** Ecological foundations for the management of the natural environment in urbanised conditions. *Memorabilia zool.* 49: 35–48.