

ROLA, PODZIAŁ ORAZ KLASYFIKACJA JAKOŚCI OSADÓW DENNYCH ZBIORNIKÓW WODNYCH

Marcin Mielczarek¹, Kamil Szydłowski²

¹ Zachodniopomorski Uniwersytet Technologiczny w Szczecinie, Wydział Kształtowania Środowiska i Rolnictwa, Katedra Fizjologii Roślin i Biochemii, ul. Słowackiego 17, 71-434 Szczecin, e-mail: Marcin.Mielczarek@zut.edu.pl

² Zachodniopomorski Uniwersytet Technologiczny w Szczecinie, Wydział Kształtowania Środowiska i Rolnictwa, Katedra Ekologii, Ochrony i Kształtowania Środowiska, ul. Słowackiego 17, 71-434 Szczecin

STRESZCZENIE

Znaczenie małych oczek wodnych dla środowiska polega na utrzymywaniu jego zróżnicowania biocenotycznego oraz na wpływie na cykl biologiczny poprzez zatrzymywanie substancji pokarmowych. Pełnią one również rolę rekreacyjną oraz gospodarczą. Kształtowanie oczek wodnych zachodzi na drodze zróżnicowanych procesów w środowisku. Ponieważ w osadach dennych małych oczek wodnych zachodzi proces akumulacji zanieczyszczeń i składników pokarmowych, mogą one służyć jako względnie prosty wskaźnik zanieczyszczenia środowiska. Celem artykułu jest przegląd cech małych zbiorników wodnych, z uwzględnieniem osadów dennych oraz ich zróżnicowanych klasyfikacji.

Słowa kluczowe: małe zbiorniki wodne, osad denny, klasyfikacja, metale ciężkie

FUNCTION, DIVISION AND QUALITATIVE CLASSIFICATION OF BOTTOM SEDIMENTS IN WATER BODIES

ABSTRAKT

The importance of small water bodies for the environment consists in keeping its biocenotic diversity and affecting the biocycle by damming nutrients and other substances. They also have economical and recreational significance. Forming of ponds took place through various different processes, and they are a subject of ever-changing environment. Since bottom sediments of small water bodies can accumulate contaminating nutrients and heavy metals, they are considered to be a relatively simple indicator of environment pollution. This paper aims to present an overview of small water bodies features and significance with emphasis on bottom sediments and their various classifications.

Keywords: small water bodies, bottom sediments, classification, heavy metals

WSTĘP

Małe zbiorniki wodne pełnią istotną rolę dla zachowania różnorodności biocenotycznej, oddziałują na obieg materii poprzez zatrzymywanie substancji biogennych, oczyszczają wody gruntowe, posiadają również istotne znaczenie gospodarcze i rekreacyjne [Cholewiński i Błażczak 1995, Ożgo 2008]. Do niedawna pomijane w badaniach hydrobiologicznych jako obiekty dublujące rolę jezior, małe zbiorniki wodne cieszą się obecnie zainteresowaniem badaczy oraz praktyków ochrony środowiska. Ważnym ele-

mentem ekosystemów wodnych są osady denne, stanowiące integralną część środowiska wodnego. Stanowią swego rodzaju naturalny geosorbent, w którym kumulacji ulegają wszystkie substancje docierające do środowiska wodnego. Toteż pomiędzy osadem, a wodą ustala się pewien stan równowagi, który może ulec zachwianiu w wyniku procesów naturalnych oraz antropogenicznych i spowodować uwolnienie do toni wodnej substancji wcześniej zakumulowanych w osadach dennych [Baran i Tarnawski 2013]. Chemiczna analiza osadów dennych jest wskaźką dotyczącą wpływu antropopresji w danym

rejonie. Metale ciężkie są jednym z głównych czynników wpływających na ocenę stanu zanieczyszczenia osadów dennych [Samal i in. 2012; Kazimierowicz i Kazimierowicz 2014; Osuch i in. 2016; Rzętała 2012; Bojakowska 2001; Madeyski i Tarnawski 2007]. Celem artykułu jest dokonanie przeglądu literatury dotyczącej roli i znaczenia małych zbiorników wodnych we współczesnym krajobrazie, ich zagrożeń i ochrony, ze szczególnym uwzględnieniem problematyki akumulacji osadów dennych.

Jako małe zbiorniki wodne definiowane są bezodpływowe, płytkie zbiorniki o zróżnicowanej wielkości i genezie. Do tej grupy zalicza się zarówno niewielkie zbiorniki utrzymujące się na podłożu trudnoprzepuszczalnym, jak i większe akweny o powierzchni kilkudziesięciu i więcej metrów [Ożgo 2010]. Powierzchnia oczek wodnych waha się w przedziale od 0,1 do 1 ha, zaś obszar zlewni wynosi od 0,3 do 2,88 ha [Koc i Polakowski 1990]. Juszcak i Leśny [2004] oraz Bielecka [2006] definiują oczka wodne jako zbiorniki pochodzenia naturalnego. Z kolei Maruszczak [1954] terminem oczek wodnych określa wszystkie małe zbiorniki wodne niezależnie od ich genezy. W zależności od położenia obiektu, wielkości zlewni, wielkości opadów i zasilania gruntowego głębokość tych zbiorników jest zróżnicowana [Drwał 1973; Drwał i in. 1976; Choiński 1996], generalnie jednak nie przekracza 3 m [Maślanko i in. 2010]. Akweny te występują najczęściej w zagłębieniach terenu o spadkach zboczy wahających się od 3° do 5°.

FUNKCJE ORAZ ZNACZENIE MAŁYCH ZBIORNIKÓW WODNYCH

Małe zbiorniki wodne odgrywają ważną rolę, będąc miejscem koncentracji bioróżnorodności w monotonnym krajobrazie rolniczym. Zarówno badania prowadzone w skali lokalnej [Williams i in. 2003, Davies i in. 2008b] jak i ogólnoeuropejskiej [Davies in. 2008a] wykazały, iż małe zbiorniki wodne cechują się najwyższą obfitością gatunkową i najwyższym udziałem gatunków rzadkich i unikatowych wśród różnych typów akwenów słodkowodnych. Jak podaje Ożgo [2010], w badaniach przeprowadzonych na obszarze południowej Anglii, 71% badanych gatunków roślin i bezkręgowców słodkowodnych występowało w małych zbiornikach wodnych. W rzekach, strumieniach i rowach ich udział wyniósł odpowiednio 60, 48 i 30%, przy czym udział gatunków

unikatowych, niewystępujących w żadnym innym typie zbiorników, był w małych zbiornikach wodnych dwukrotnie wyższy niż w rzekach i aż od 6 do 8 razy wyższy niż w strumieniach i rowach. Wyższy w małych zbiornikach wodnych był również udział gatunków rzadkich, makrofitów i bezkręgowców. Podobne wyniki uzyskano dla różnych typów zbiorników wodnych w trzech strefach biogeograficznych Europy, w zróżnicowanych typach krajobrazu rolniczego. Także badania występowania gatunków roślin, chrząszczy, ważek, mięczaków, płazów i ptaków związanych z ekosystemami wodnymi wskazują na ważną rolę pełnioną przez małe zbiorniki wodne w środowisku [Kloss i Walpiszewska 1983; Kucharski i Samosiej 1990; Koc i Polakowski 1990; Buczyński 1999; Bosiacka i Pieńkowski 2004; Lewin i Smoliński 2006; Nowak i in. 2007; Céréghino i in. 2008]. Tak duża obfitość małych zbiorników w gatunki roślin i zwierząt wynika, według Ożgo [2010], z niezwykle korzystnych warunków w nich panujących. Niewielkie rozmiary i głębokość pozwalają wodzie zgromadzonej w zbiorniku na szybkie ogrzewanie się wczesną wiosną, zanim nagrzeją się duże jeziora. Niewielka głębokość tych akwenów pozwala na unoszenie na drodze falowania substancji pokarmowych nagromadzonych w osadach dennych do strefy powierzchniowej zbiornika, dodatkowo zapewniając też odpowiednie naświetlenie. Dodatkowym czynnikiem sprzyjającym bujnemu rozwojowi życia jest zróżnicowanie warunków panujących w zbiornikach: cechują się one bowiem zróżnicowaną głębokością, nasłonecznieniem, różnorodnymi warunkami fizykochemicznymi, warunkami podłoża oraz sposobem użytkowania. Przy całej swojej bioróżnorodności, w małych zbiornikach wodnych rzadko występują ryby. Jak podaje Ożgo [2010], jest to spowodowane przemarzaniem tych obiektów do dna. Scheffer i van Geest [2006] brak konkurencji i drapieżnictwa ze strony ryb uważają za czynnik sprzyjający zasiedlaniu zbiorników przez bezkręgowce, płazy i ptaki.

Jak podają Biggs i in. [1994], przemiany związane z naturalnym procesem sukcesji w zbiorniku, szczególnie zaś strata wód otwartych i stopniowa redukcja głębokości, doprowadzają ostatecznie do zaniknięcia zbiornika i utworzenia terenów podmokłych. Na każdym z etapów sukcesji zbiornik wodny jest wykorzystywany przez gatunki roślin i zwierząt charakterystyczne dla warunków panujących w danym stadium sukcesji. Procesy sukcesyjne, ze względu na niewielkie rozmiary tych obiektów, zachodzą szybko, zaś

kolejne stadia sukcesyjne stanowią siedlisko zastępujących się nawzajem gatunków.

Właściwie funkcjonujące małe zbiorniki wodne spełniać mogą następujące funkcje:

- hydrologiczne – do funkcji hydrologicznych zaliczamy małą retencję, stabilizowanie poziomu wód gruntowych, łagodzenie wahań odpływu [Kosturskiewicz i Fiedler 1995; Mioduszewski 1997];
- mikroklimatyczne – zwiększanie wilgotności powietrza, zmniejszenie wahań temperatury poprzez obniżenie temperatur wysokich, zamglenia, opady poziome [Drwal i Lange 1985];
- biocenotyczne – baza pokarmowa dla organizmów, woda, kryjówki, miejsce gniazdowania ptactwa, wydłużenie łańcuchów pokarmowych, bliskość siedlisk o zróżnicowanej trofii i uwilgotnieniu, wydłużenie linii kontaktu różnych biocenoz, droga wymiany między populacjami, miejsca odpoczynku ptactwa wędrownego [Kasprzak 1985, Ilnicki 1997];
- krajobrazowe – urozmaicenie monotonnego krajobrazu rolniczego, centra krajobrazowe, likwidacja linii prostych i płaszczyzn, wydłużenie linii styku i obszaru przenikania się różnych krajobrazów, kreowanie wrażenia harmonijnego krajobrazu naturalnego [Koc 2000];
- sozologiczne, związane z ochroną środowiska – bariera biogeochemiczna spływu biogenów i zanieczyszczeń do systemu wód powierzchniowych [Ryszkowski 1990; Koc i Tucholski 1995], korytarze ekologiczne łączące obszary o szczególnym znaczeniu ekologicznym (obszary i centra węzłowe), zwiększenie bioróżnorodności, miejsce przetrwania rzadkich i zagrożonych gatunków [Matusiak 1996];
- edukacyjne – łatwo dostępne obiekty edukacji ekologicznej [Koc i in. 2001];
- gospodarcze – stabilizacja plonów w zlewni, zapas wody dla roślin i zwierząt, siedlisko pożytecznych organizmów, zwiększenie atrakcyjności turystycznej okolicy [Koc i in. 2001].

ZAGOSPODAROWANIE ZLEWNI A SKŁAD CHEMICZNY OSADÓW DENNYCH

Małe zbiorniki wodne są ostatnimi miejscami, do których dociera woda ze zlewni wraz z rozpuszczonymi w niej substancjami biogennymi i zanieczyszczeniami oraz materiałem glebo-

wym spływającym z pól wokół zbiornika. Cząstki glebowe docierające z wodą do oczek zawierają agrochemikalia występujące jako cząstki stałe, w formie rozpuszczonej w wodzie lub w formach słabiorozpuszczalnych. Cholewiński i Błauciak [1995]; Kochanowska i in. [1996]; Koc i in. [2001] oraz Koc i Skwierawski [2004] uważają, że o jakości wód i osadów dennych oczek decyduje sposób zagospodarowania zlewni, obecność czynników degradujących oraz rzeźba terenu. Skwierawski i Szyperek [2002] zauważają, że do czynników najbardziej obciążających jakość wody małych zbiorników wodnych należą bliskość gospodarstw rolnych oraz orne użytkowanie zlewni. Kochanowska i in. [1996] twierdzą, że główną przyczyną dewastacji oczek wodnych jest wylewanie gnojowicy bezpośrednio do zbiornika, lub na obszarze jego zlewni.

Zanieczyszczenia docierające do akwenu ulegają przy tym dalszym procesom chemicznym i fizycznym, do których zaliczamy sorpcję, desorpcję, uruchamianie, uwstecznianie i migrowanie [Gołębiowski 1976; Arczyńska-Chudy 1990; Zerbe i in. 1995]. Koloidy mineralne i próchniczne zawarte w zmytym materiale glebowym absorbują ponadto wiele pierwiastków śladowych, do których zaliczyć należy rtęć, ołów, cynk, miedź, nikiel i kadm oraz są miejscem ich akumulacji.

Dodatковым źródłem pierwiastków docierających do małych zbiorników wodnych jest depozycja z opadami atmosferycznymi. Nicholson i in. [2003] podaje, że może ona stanowić nawet do 77% całkowitej dostawy, wpływając również na jakość wód oraz osadów poprzez zmianę ich odczynu. Na wysoko uprzemysłowionych obszarach woda deszczowa cechują się niskimi wartościami pH, sprzyjający wymywaniu metali ciężkich ze zlewni [Cholewiński i Błauciak 1995].

Ilościowymi czynnikami wpływającymi na ilość składników docierających do zbiornika są zarówno wielkość i intensywność opadów atmosferycznych, jak i parametry charakteryzujące samą zlewnię, tj. sposób zagospodarowania, ukształtowanie terenu, rodzaj podłoża glebowego. Objętość wód ze spływu powierzchniowego zwiększa się wraz z natężeniem opadu, nachyleniem zboczy i przepuszczalnością podłoża, jednocześnie im większy spływ powierzchniowy tym więcej cząsteczek gleby dociera do akwenu. Koc i Nowicki [1997] podają, że stężenie składników w wodach zbiornika zwiększa się, jeżeli w zlewni występują gleby lekkie. Mioduszewski [1999] podaje, że w przypadku słaboprzepusz-

czalnych gleb gliniastych i przy dużych spadkach terenu nawet 80% opadu spływa do oczka wodnego. Wielkość spływu powierzchniowego można ograniczyć, według Cholewińskiego i Błaulciaka [1995], poprzez zachowanie strefy izolacyjnej w formie użytków zielonych oraz zwiększanie zdolności sorpcyjnych gleb. Według Chudeckiego i Niedźwieckiego [1985] wzrost zawartości materii organicznej pozwala zmniejszyć ujemne oddziaływanie metali ciężkich. Zakumulowany w zbiorniku materiał ulega procesowi samoczyszczania na drodze sedimentacji w osadzie dennym cząstek stałych z zaadsorbowanymi przez nie pierwiastkami śladowymi.

KLASYFIKACJE JAKOŚCI OSADÓW

Na potrzeby oceny stopnia zanieczyszczenia osadów dennych zbiorników wodnych opracowano metody ich klasyfikacji różniące się liczbą stopni, klas, a także czynnikiem wpływającym na ich wartości progowe. We wszystkich stoso-

wanych klasyfikacjach o ocenie badanego osadu decyduje najwyższa klasa analizowanych metali ciężkich. Z krajowych klasyfikacji wyróżnić można następujące metody klasyfikacji osadów:

- klasyfikacja jakości osadów wodnych stosowaną przez Państwowy Instytut Geologiczny [Bojakowska i Sokołowska 1998]; wyróżnia ona trzy klasy jakościowe osadów dennych z zależności od zawartości poszczególnych pierwiastków (tab. 1).
- Rozporządzenie Ministra Środowiska z 16.04.2002 roku w sprawie rodzajów oraz stężeń substancji, które powodują, że urobek jest zanieczyszczony; jest to najmniej restrykcyjne kryterium jakości osadów z przedstawionych (tab. 2).
- indeks geoakumulacji (I_{geo}) [Müller 1981].

$$I_{geo} = \log_2 \frac{c_n}{1,5B_n} \quad (1)$$

gdzie: c_n – stężenie pierwiastka zmierzone w badanym osadzie dennym,
 B_n – tło geochemiczne.

Tabela 1. Klasyfikacja jakości osadów wodnych stosowana przez Państwowy Instytut Geologiczny

Table 1. Classification of bottom sediments quality, used by Polish Geological Institute

Składnik	Tło geochemiczne	I	II	III
mg·kg ⁻¹				
Srebro	<0,5	<2	<5	<10
Arsen	<5	<10*	<20	<50
Bar	<51	<100**	<300	<500
Kadm	<0,5	<1	<5	<20
Kobalt	2	<10	<20	<50
Chrom	5	<20	<100	<500
Miedź	6	<20	<100	<200
Rtęć	<0,05	<0,1	<0,5	<1,0
Nikiel	5	<30	<50	<100
Ołów	10	<50	<200	<500
Cynk	48	<200	<1000	<2000
Stront, wapń	0,002	<0,005	<0,01	<0,1

Objaśnienie: * dla osadów jeziornych 15 mg·kg⁻¹ ; ** dla osadów jeziornych 150 mg·kg⁻¹

Tabela 2. Rodzaje oraz stężenia substancji, które sprawiają że urobek jest zanieczyszczony

Table 2. Types and concentration levels of substances, indication, that bottom sediments are contaminated

Pierwiastek	Stężenie
Arsen	w stężeniu równym lub wyższym od 30 mg·kg ⁻¹ suchej masy
Chrom	w stężeniu równym lub wyższym od 200 mg·kg ⁻¹ suchej masy
Cynk	w stężeniu równym lub wyższym od 1000 mg·kg ⁻¹ suchej masy
Kadm	w stężeniu równym lub wyższym od 7,5 mg·kg ⁻¹ suchej masy
Miedź	w stężeniu równym lub wyższym od 150 mg·kg ⁻¹ suchej masy
Nikiel	w stężeniu równym lub wyższym od 75 mg·kg ⁻¹ suchej masy
Ołów	w stężeniu równym lub wyższym od 200 mg·kg ⁻¹ suchej masy
Rtęć	w stężeniu równym lub wyższym 1 mg·kg ⁻¹ suchej masy

Klasyfikuje on osady w siedmiostopniowej skali (gdzie klasa 0 oznacza osad praktycznie niezanieczyszczony, zaś klasa 6 ekstremalnie zanieczyszczony) w zależności od wartości Igeo (tab. 3).

- Klasyfikacja osadów LAW [Nocoń 2009]; dzieli ona osady na siedem klas, przy czym klasa I i I-II odzwierciedla naturalne zawartości danych pierwiastków (tło geochemiczne)

w osadach, natomiast pozostałe klasy od II do IV dowodzą o wzrastającym dopływie zanieczyszczeń do oczek wodnych [Nocoń 2009] (tab. 4 i 5).

- potencjalny ekologiczny wskaźnik ryzyka indywidualnego elementu [E_r] oraz wskaźnik potencjału ekologicznego (PER); który stanowi sumę wszystkich wskaźników potencjału ekologicznego [Håkson 1980] (tab.6).

Tabela 3. Klasyfikacja jakości osadu wg Müllera [1981]

Table 3. Classification of bottom sediments quality, according to Müller [1981]

Klasa	Wartość	Jakość osadu
0	$I_{geo} \leq 0$	praktycznie nie zanieczyszczony
1	$0 < I_{geo} < 1$	słabo zanieczyszczony
2	$1 < I_{geo} < 2$	średnio zanieczyszczony
3	$2 < I_{geo} < 3$	umiarkowanie mocno zanieczyszczony
4	$3 < I_{geo} < 4$	silnie zanieczyszczony
5	$4 < I_{geo} < 5$	umiarkowanie ekstremalnie zanieczyszczony
6	$5 < I_{geo}$	ekstremalnie zanieczyszczony

Tabela 4. Standardy dla klasyfikacji LAW

Table 4. LAW classification standards

Pierwiastek	I	I-II	II	II-III	III-IV	IV
Cynk	≤ 100	≤ 200	≤ 400	≤ 800	≤ 1600	> 3200
Ołów	≤ 25	≤ 50	≤ 100	≤ 200	≤ 400	> 800
Miedź	≤ 20	≤ 40	≤ 80	≤ 160	≤ 320	> 640
Nikiel	≤ 30	≤ 60	≤ 120	≤ 240	≤ 480	≤ 960
Chrom	≤ 80	≤ 160	≤ 320	≤ 640	≤ 1280	≤ 2560
Kadm	$\leq 0,3$	$\leq 0,6$	$\leq 1,2$	$\leq 2,4$	$\leq 4,8$	$\leq 9,6$

Tabela 5. Klasyfikacja LAW

Table 5. LAW classification

Klasa	Stopień zanieczyszczenia
I	Niezanieczyszczone
I-II	Niezanieczyszczone/umiarkowanie zanieczyszczone
II	Umiarkowanie zanieczyszczone
II-III	Umiarkowanie zanieczyszczone/mocno zanieczyszczone
III	Mocno zanieczyszczone
III-IV	Mocno/bardzo mocno zanieczyszczone
IV	Bardzo mocno zanieczyszczone

Tabela 6. Standardy klasy dla E_r oraz PER

Table 6. Standard classification for E_r and PER

Potencjalny ekologiczny wskaźnik ryzyka indywidualnego elementu [E _r]	Ekologiczny wskaźnik ryzyka	Wskaźnik potencjału ekologicznego (PER)	Stopnie potencjalnego ryzyka ekologicznego
<40	niski	< 150	niskiej jakości
40 – 80	umiarkowany	150 – 300	umiarkowany
80 – 160	wyższy	300 – 600	ciężki
160 – 320	dużo wyżej	>600	poważny
>320	poważny		

PODSUMOWANIE

Reasumując, można stwierdzić że oczka wodne są charakterystycznym elementem rzeźby krajobrazu młodoglacjalnego, urozmaicając krajobraz oraz pełniąc istotną rolę dla zachowania bioróżnorodności. Stanowią miejscowe zbiorniki akumulacji substancji mineralnych oraz biorą udział w obiegu materii w zlewni. Dzielą się one w zależności od genezy oraz roli pełnionej w środowisku. Tworzyły się w okresie plejstocenu oraz w początkach holocenu. Ze względu na akumulację w osadach dennych małych zbiorników wodnych substancji biogennej oraz metali ciężkich, są uważane za relatywnie prosty obiekt wskaźnikowy, pozwalający na identyfikację i ocenę wpływu presji antropogenicznej na środowisko, stąd też cieszą się wzrastającym zainteresowaniem badaczy. Wielość rodzajów substancji docierających do tych akwenów z ich zlewni niesie za sobą konieczność wyboru odpowiedniej klasyfikacji zanieczyszczeń antropogenicznych, w najbardziej trafny sposób opisującej ich stan ekologiczny. Kontrola stanu zanieczyszczenia zbiorników pozwala na odpowiednio wczesną identyfikację niekorzystnych zmian środowiska oraz przeciwdziałanie im, by utrzymać możliwość pełnienia przez małe zbiorniki wodne przynależnych im funkcji biocenotycznych.

BIBLIOGRAFIA

- Arczyńska-Chudy E. 1990. Ekologia małego przeżyźnionego stawu śródpolnego. Zmiany zróżnicowania i produkcja makrofitów. [W:] Charakterystyki ekologiczne wybranych elementów krajobrazów rolniczych. SGGW-AR: 18–28.
- Baran A, Tarnawski M. 2013. Zawartość metali ciężkich oraz toksyczność osadów dennych zbiornika w Zesławicach. Proceedings of ECO-pole, 7(2): 531.
- Bielecka J. 2006. Oczka wodne. [W:] Woda w krajobrazie rolniczym. Pr. zbior. Red. W. Miodusze-wski. Woda- Środowisko-Obszary Wiejskie. Rozpr. nauk. monogr. 18 s. 89–107.
- Biggs J., Corfield A., Walker D., Whitfield M., Williams P. 1994. New approaches to the management of ponds. Brit. Wildl. 5: 273–287.
- Bojakowska I. 2001. Kryteria oceny zanieczyszczenia osadów wodnych. Przegląd geologiczny. Vol. 49(3): 213–218.
- Bosiacka B., Pieńkowski P. 2004. Analiza przekształceń oczek wodnych oraz ocena walorów przyrodniczych śródpolnych zbiorników w centralnej części Równiny Nowogardzkiej. Woda-Środowisko-Obszary wiejskie 4: 335–349.
- Buczyński P. 1999. Dragonflies (Odonata) of sandpits in south-eastern Poland. Acta Hydrobiol. 3–4: 219–230.
- Céréghino R., Ruggiero A., Marty P., Angélibert S. 2008. Biodiversity and distribution patterns of freshwater invertebrates in farm ponds in south-western French agricultural landscape. Hydrobiologia 597: 43–51.
- Choiński A. 1996. Oczka wodne w Polsce w strefie zasięgu zlodowacenia bałtyckiego. UAM, Poznań (maszynopis).
- Cholewiński A., Błauciak R. 1995. Oczka wodne Pomorza Zachodniego i ocena zawartości wybranych składników chemicznych w ich wodach. Wszechświat 95(5): 124–127.
- Chudecki Z., Niedźwiecki E. 1987. Akumulacja składników mineralnych w Zalewie Szczecińskim. Roczniki Gleboznawcze. T. XXXVIII, nr 1: 85–90.
- Davies B., Biggs J., Williams P., Lee T.J., Thompson S. 2008b. A comparison of the catchment sizes of rivers, streams, ponds, ditches and lakes: implications for protecting aquatic biodiversity in an agricultural landscape. Hydrobiologia 597: 7–17.
- Davies B., Biggs J., Williams P., Whitfield M., Nicolet P., Sear D., Bray S., Maund S. 2008a. Comparative biodiversity of aquatic habitats in the European agricultural landscape. Agric. Ecosys. Environ. 125: 1–8.
- Drwal J. 1973. Zagadnienie bezodpływowości na obszarach młodoglacjalnych. Zesz. Nauk. UGdań., Ser. Geogr. 3: 7–26.
- Drwal J., Lange W. 1985. Niektóre limnologiczne odrębności oczek. Geneza i rozmieszczenie oczek. Zesz. Nauk. UGdań., Ser. Geogr. 14: 69–83.
- Drwal J., Lange W., Kurowska K. 1976. Znaczenie retencji w bilansie wodnym obszarów bezodpływowych na terenach młodoglacjalnych. Zesz. Nauk. UGdań., Ser. Geogr. 6: 57–66.
- Fatyga J., Górecki A., Helis M. 2007. Małe zbiorniki wodne na obszarze Powiatu Wrocławskiego ziemskiego. Woda-Środowisko-Obszary wiejskie. T. 7, Z. 2a: 107–126.
- Gołębiowski R. 1976. Osady denne Jezior Raduńskich. Gdańskie Towarzystwo Naukowe: 1–90.
- Hakanson L. 1980. An ecological risk index for aquatic pollution control. A sedimentological approach. Water Research, 14: 975–1001.
- Ilnicki P. 1987. Ekologiczne podstawy ochrony biotopów wód stojących. Wiad. Melior. i Łąkarskie 11: 295–298.
- Juszczak R., Leśny J. 2004. Waloryzacja ekologiczna

- iczna małych zbiorników wodnych w zachodniej części Rowu Wysoc. [W:] Bliskie naturze kształtowanie dolin rzecznych. Ogólnopol. Konf. Rajgród. Warszawa: SGGW s. 148–162.
22. Kajak Z. 1998. Hydrobiologia-Limnologia. Ekosystemy wód śródlądowych. Wyd. Nauk., Warszawa.
 23. Kalettka T., Rudat C., 2006. Hydrogeomorphic types of glacially created kettle holes in North-East Germany. *Limnologia* 36: 54–64.
 24. Kasprzak K. 1985. Ekologiczne znaczenie małych wód powierzchniowych dla otaczających ekosystemów lądowych. *Gosp. Wod.* 4: 84–85.
 25. Kazimierowicz Z., Kazimierowicz J. 2014. Badania zawartości metali ciężkich w zlewni rzeki Biebrzy i jej trzech dopływów. *Inżynieria Ekologiczna*, Vol. 40: 25–32.
 26. Klafs G., Jesche L., Schmidt H. 1973. Genese und Systematik wasserführender Ackerhohlformen in den Nordbezirken der DDR. *Arch. Naturschutz und Landschaftsforschung* 13: 287–302.
 27. Kloss M., Wilpiszewska I. 1983. O roślinności niewielkich zagłębi bezodpływowych okolic Mikołajek i potrzebie ich ochrony. *Chrońmy Przyrodę Ojczystą* 34(4): 25–29.
 28. Koc J. 2000. Ekologiczne znaczenie ochrony i renaturyzacji oczek wodnych, [W:] Renaturyzacja obiektów przyrodniczych – aspekty ekologiczne i gospodarcze. Wyd. UMCS Lublin: 123–130
 29. Koc J., Cymes I., Skwierawski A., Szyperk U. 2001. Znaczenie ochrony małych zbiorników wodnych w krajobrazie rolniczym. *Zesz. Prob. Nauk Rol.* 476: 397–407.
 30. Koc J., Nowicki Z. 1997. Czynniki kształtujące chemizm wód oczek w środowisku rolniczym. AR Poznań. *Przyrodnicze i techniczne problemy ochrony i kształtowania środowiska rolniczego.* AR Poznań: 91–97.
 31. Koc J., Polakowski B. 1990. Charakterystyka zagłębi bezodpływowych na Pojezierzu Mazurskim w aspekcie przyrodniczym, urządzeniowo rolnym i rolniczym [w: *Użytki ekologiczne w krajobrazie rolniczym*]. Wydaw. SGGW-AR, Warszawa: 25–57.
 32. Koc J., Skwierawski A. 2004. Fosfor w wodach obszarów rolniczych, *Zesz. Nauk. AE Wrocław. Chemia* 1017: 165–182.
 33. Kochanowska R., Borowiec S., Wołejko L. 1996. Różnorodność śródpolnych użytków ekologicznych na Pomorzu Szczecińskim. *Prz. Nauk. Wydz. Melior. Inż. Środ.* 10: 25–32
 34. Kochanowska R., Raniszewska M. 1999. Jak chronić śródpolne i śródleśne oczka wodne? *Przegląd Przyrodniczy*. X, 3–4: 69–76.
 35. Kosturkiewicz A., Fiedler M. 1995. Oczka wodne w eksploatacji systemów drenarskich na terenach bogato urzeźbionych. *Zesz. Nauk. AR Wrocław*, Konferencje VIII, 266: 191–199.
 36. Kucharski L., Samosiej L. 1990. Szata roślinna zagłębi śródpolnych Kujaw Południowych. [W:] *Użytki ekologiczne w krajobrazie rolniczym*, R. Olaczek (red.), SGGW-AR, Warszawa, 39: 68–82.
 37. Lewin I., Smoliński A. 2006. Rare and vulnerable species in the mollusc communities in the mining subsidence reservoirs of an industrial area (The Katowicka Upland, Upper Silesia, Southern Poland). *Limnologia* 36: 181–191.
 38. Luthard V., Dreger F. 1996. Ist-Zustands-Analyse und Bewertung der Vegetation von Söllen in der Uckermark. *Naturschutz und Landschaftspflege* ib *Brandenburg. Sonderheft „Sölle“*: 31–38.
 39. Madeyski M., Tarnawski M. 2007. Wstępna ocena ilości i jakości osadów dennych wydzielonej części zbiornika wodnego Besko na rzece Wisłok. *Infrastruktura i Ekologia Terenów Wiejskich*. Nr 4(1): 101–110.
 40. Maruszczak H. 1954. O oczkach lodowcowych i zagłębieniach bezodpływowych. *Czas. Geogr. t.* 25 z. 1–2 s. 27–39.
 41. Maślanko W., Kułak A., Sender J. 2010. Hydrobotaniczna charakterystyka śródpolnych oczek wodnych w dolinie rzeki Wisły na odcinku Sandomierz–Tarnobrzeg. *Monografia. Wydawnictwo Uniwersytetu Rolniczego w Krakowie*, s. 369–376.
 42. Matusiak R. 1996. Zbiorowiska roślinne śródpolnych oczek wodnych oraz zagłębi mokradłowych na Równinie Wełtyńskiej. *Zesz. Nauk. AR Szczecin, Rolnictwo* 173: 31–36
 43. Mioduszewski W. 1997. Rola małych zbiorników wodnych w środowisku przyrodniczym. *Mat. sem. IMUZ Falenty*: 7–17
 44. Mioduszewski W., 1999. Ochrona i kształtowanie zasobów wodnych w krajobrazie rolniczym. *IMUZ Falenty*: 165.
 45. Müller G. Die Schwermetallbelastung der Sedimenten des Neckers und Seiner Nebenflüsse. *Chemiker – Zeitung* 6: 157 – 164.
 46. Nicholson F.A., Smith S.R., Alloway B.J., Carlton-Smith C., Chambers B.J. 2003. An inventory of heavy metals inputs to agricultural soils in England and Wales. *Sci Total Environ.* 311(1–3):205–19.
 47. Nocoń W. Metale ciężkie w osadach dennych wybranych dopływów rzeki Kłodnicy. *Inżynieria i Ochrona Środowiska*. T. 12, nr 1: 65–76.
 48. Nowak A., Nowak S., Czerniawska-Kusza I. 2007. Rare and threatend pondweed communities in anthropogenic water bodies of Opole Silesia (SW Poland). *Acta Soc. Bot. Pol.* 76: 151–163.
 49. Osuch A., Rybacki P., Osuch E., Adamski M., Buchwald T., Staszek Ż. 2016. Ocena stanu jakości wód jeziora Łomno. *Inżynieria Ekologiczna*. Vol. 46: 24–30.
 50. Ożgo M. 2010. Rola małych zbiorników wodnych

- w ochronie bioróżnorodności. Parki Narodowe i Rezerваты Przyrody 07/2010; 29(3):117–124.
51. Pieńkowski P., Podlasiński M. 2001. Podział i geneza oczek wodnych na przykładzie wybranych obiektów w strefie moreny czołowej Pomorza Zachodniego. Folia Univ. Agric., Ser. Agric. 2211(88): 223–230.
52. Podlasińska J. 2012. Zróżnicowanie i chemizm osadów małych zbiorników wodnych w krajobrazie młodo glacialnym. Praca habilitacyjna. Wydawnictwo Uczelniane ZUT w Szczecinie: 7–15.
53. Rozporządzenie Ministra Środowiska z dnia 16 kwietnia 2002 r. w sprawie rodzajów oraz stężeń substancji, które powodują, że urobek jest zanieczyszczony (Dz.U. Nr 55 poz.498).
54. Rzętała A. M. 2012. Rtęć w osadach dennych zbiorników wodnych regionu Górnośląskiego (Polska Południowa). Acta Geographica Silesiana. Nr 2: 77–81.
55. Scheffer M., Van Geest G.J. 2006. Small habitat size and isolation can promote species richness: second-order effects on biodiversity in shallow lakes and ponds. Oikos 112: 227–331.
56. Skwierawski A., Szyperek U. 2002. Wpływ rolnictwa na jakość wody w małych zbiornikach wodnych Pojezierza Olsztyńskiego. Fragmenta Agromonica 2(74): 236–244.
57. Smal H., Ligęza S., Baran S. 2012. Odczyn i właściwości sorpcyjne osadów dennych zalewu Zembrzyckiego i zbiornika Brody Iłżeckie. Nr 29: 174–181.
58. Starmach K., Wróbel S., Pasternak K. 1978. Hydrobiologia. PWN. Warszawa.
59. Surmacki A. 1998. Threats to small field water bodies in West Pomerania. Chrońmy Przyrodę Ojczyzną 54: 61–67.
60. Wesołowski P., Brysiewicz A. 2014. Zdolność przybrzeżnej roślinności szuwarowej śródpolnych oczek wodnych do kumulacji makro- i mikroskładników. Woda-Środowisko-Obszary wiejskie. T. 14, Z. 1 (45):111–119.
61. Williams P., Whitfield M., Biggs J., Bray S., Fox G., Nicolet P., Sear D. 2003. Comparative biodiversity of rivers, streams, ditches and ponds in an agricultural landscape in Southern England. Biol. Conserv. 115: 239–341.
62. Zerbe J., Sobczyński T., Siepak J. 1995. Zanieczyszczenie gleby w ogrodach działkowych metalami ciężki i wielopierścieniowymi węglowodorami aromatycznymi. Przyroda i człowiek 5: 133–141.