

WSTĘPNY MONITORING MAKRO- I MIKROSKŁADNIKÓW W OSADACH DENNYCH RZEKI GOWIENICY

Katarzyna Ligocka^{1*}, Piotr Burczyk²

¹ Zachodniopomorski Uniwersytet Technologiczny w Szczecinie, Al. Piastów 17, 70-310 Szczecin

² Instytut Technologiczno-Przyrodniczy w Falentach, Al. Hrabaska 3, 05-090 Raszyn

* Autor do korespondencji: lk42559@zut.edu.pl

STRESZCZENIE

Do badań wytypowano położoną w zlewni typowo rolniczej, rzekę Gowienicę Miedwiańską. Badania prowadzono w latach 2014 – 2015. Próbkę osadów dennych z badanej rzeki pobierano z warstwy 0-30 cm. W pobranych próbkach oznaczono zawartość całkowitą pierwiastków tj.: Ca, Cu, Fe, K, Mg, Mn, Na, Zn. Celem podjętych badań był wstępny monitoring rozprzestrzeniania się makro- i mikrośladników w osadach dennych rzeki Gowienicy wzdłuż jej biegu. Wykonane analizy w próbkach osadów dennych pozwoliły zaobserwować, że najwyższe stężenia analizowanych pierwiastków, zarówno w 2014 i 2015 roku wystąpiły w końcowym odcinku badanej rzeki (P-5 i 6) za wyjątkiem stężeń cynku, gdzie najwyższe stężenie wystąpiło w początkowym jej odcinku w punkcie nr 2. Podwyższone stężenia spowodowane mogą być spowolnieniem biegu rzeki. Najwyższe istotnie statystycznie dodatnią korelację dla osadów rzeki Gowienicy wykazano pomiędzy magnezem i sodem w 2014 i 2015 roku. Również analiza wykazała istotnie statystyczną korelację dla wapnia i miedzi (w 2014 i 2015 roku) oraz dla wapnia i manganu w 2014 i 2015 roku.

Słowa kluczowe: Gowienica, makro- i mikrośladniki, zlewnia rolnicza, osady denne, jezioro Miedwie

PRELIMINARY MONITORING OF MACRO- AND MICRONUTRIENTS IN BOTTOM SEDIMENTS OF THE GOWIENICA RIVER

ABSTRACT

Gowienica Miedwiańska river, located in a typical agricultural catchment, was selected for the research. They were carried out in 2014-2015. Samples of bottom sediments from the river were collected from the 0-30 cm layer. In the samples taken, the total content of the elements was determined: Ca, Cu, Fe, K, Mg, Mn, Na, Zn. The aim of the research was to initially monitor the spread of macro- and microelements in bottom sediments of the Gowienica River along its course. The analyzes performed in the bottom sediment samples allowed to observe that the highest concentrations of the analyzed elements in both 2014 and 2015 occurred in the final section of the studied river (P-5 and 6) with the exception of zinc concentrations, where the highest concentration occurred in the initial section in point no. 2. Increased concentrations may be caused by a slowing down of the river water speed. The highest statistically significant positive correlations for the deposits of the Gowienica River appeared between magnesium and sodium in 2014 and 2015. The analysis also showed statistically significant correlations for calcium and copper (in 2014 and 2015) and for calcium and manganese in 2014 and 2015.

Keywords: Gowienica, macro- and microelements, agricultural catchment, bottom sediments, Miedwie Lake

WSTĘP

Jakość wód powierzchniowych w Polsce uważana jest za wymagającą poprawy. Winą za to, w dużej mierze jest rolnictwo dostarczające składniki mineralne do wód w wyniku wymywania ich z gleb

uprawnych. Skutkiem strat z gleby składników pokarmowych jest zmniejszająca się ich ilość form dostępnych dla roślin uprawnych. Wymywanie składników pokarmowych stwarza również ryzyko eutrofizacji wód powierzchniowych [Pietrzak i in. 2013]. Rzeki i zbiorniki wodne akumulują ma-

teriał mineralny, organiczny, a także zanieczyszczenia chemiczne, które są transportowane wraz ze spływającą wodą z terenu zlewni. Na wielkość oraz rodzaj dostarczanych zanieczyszczeń wpływa wiele czynników, m.in. rodzaj użytkowania i zagospodarowania zlewni oraz warunki hydrologiczne zlewni [Bąk i in. 2014; Bąk i in. 2013; Gałczyńska i in. 2009; Kochanowska i Raniszewska 1999; Stachowicz 1995]. Produkcja rolna, ze względu na swój duży zakres działań, w dużej mierze wpływa na jakość środowiska wodnego. Nieprawidłowe zarządzanie nawozowe w obszarze zlewni, wpływa na degradację różnych komponentów środowiska wodnego. Poznanie ilości makroskładników zakumulowanych w osadach dennych pomaga w ocenie jakości środowiska wodnego oraz w określeniu dopływu substancji ze zlewni [Szydłowski i in. 2017; Pietrzak i in. 2013]. O wielości stężeni m.in. makroskładników decydują m.in., wielkość spływów powierzchniowych oraz dopływ substancji wraz z wodami podziemnymi [Marcinkowski 2014; Wesołowski i in. 2014; Wesołowski i in. 2011]. Z powodu adsorpcji, hydrolizy, współwytrącania tylko niewielka ilość pozostaje w wodzie, a duża ich ilość zostaje zdeponowana w osadach dennych [Hau i in. 2013; Gaur i in. 2005]. W badaniach dotyczących spływów powierzchniowych zauważono, że spływy powierzchniowe z terenów rolnych (jako obszarowe źródło eksportu substancji biogenych), stanowią poważne zagrożenie wód powierzchniowych zjawiskiem eutrofizacji [Kiryluk i Rauba 2011; Koszelnik i Tomaszek 2011; Smoroń 2012; Pietrzak i in. 2013]. Z punktu widzenia funkcjonowania zbiornika wodnego oraz możliwości wykorzystania go do celów zaopatrzenia w wodę bądź rekreacji, ważne jest określenie zawartości makro- i mikroelementów w osadach dennych. Analiza ta pozwala m.in., na określenie istniejących oraz potencjalnych zagrożeń wynikających z toksycznego działania biogenów i metali ciężkich na środowisko wodne i zdrowie człowieka [Jasiewicz i Baran 2006].

Celem podjętych badań był wstępny monitoring rozprzestrzeniania się makro- i mikro-składników w osadach dennych rzeki Gowienicy wzdłuż jej biegu.

OBIEKT I METODYKA BADAŃ

Dla zrealizowania postawionego celu w województwie zachodniopomorskim, wytypowano położoną w zlewni typowo rolniczej, rzekę Go-

wienicę Miedwiańską. Badania prowadzono w latach 2014–2015 w okresie od IV do XI.

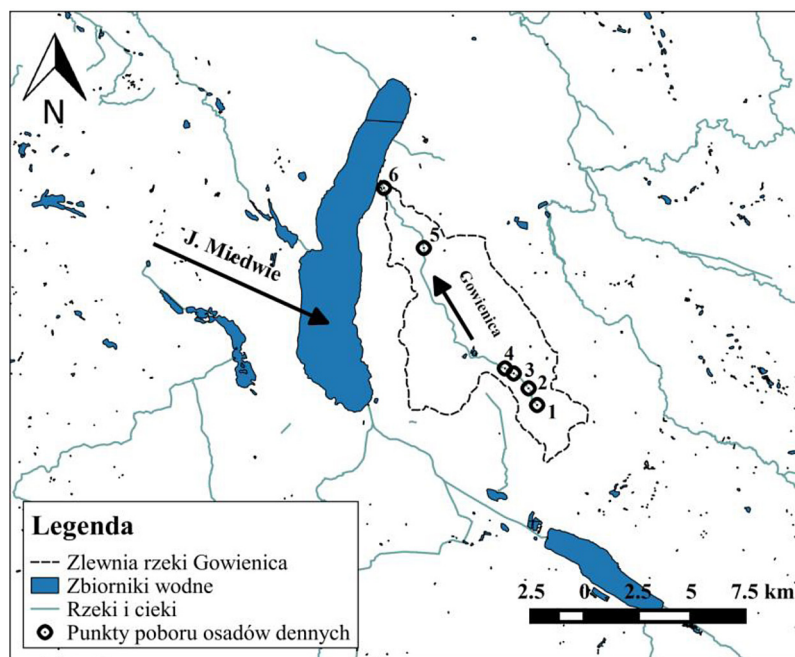
Rzeka Gowienica jest wschodnim dopływem jeziora Miedwie. Stanowi ona, obok rzeki Płoni i Ostrowicy, jeden z trzech głównych dopływów zasilających wody jeziora Miedwie, które jest rezerwuarem wody pitnej dla miasta Szczecin. Długość rzeki wynosi 15,6 km, a powierzchnia zlewni zajmuje obszar 63 km². Początek biegu Gowienicy rozpoczyna się na terenach podmokłych, a jej ujście znajduje się w okolicach wsi Wierzchład i uchodzi do Jeziora Miedwie [Hoc 2007; Durkowski i in. 2015b].

Zlewnia rzeki posiada charakter typowo rolniczy. Zlewnia rzeki położona jest w makroregionie Pobrzeże Szczecińskie (313.2-3), mezoregionie Równina Pyrzycko-Stargardzka (313.31) [Kondracki 2001, Durkowski i in. 2007]. Zlewnia rzeki Gowienicy Miedwiańskiej charakteryzuje się najlepszymi glebami w regionie – czarne ziemie pyrzyckie, objęte w 96% użytkowaniem rolniczym, z czego 86% stanowią grunty orne, a łąki i pastwiska – 10% [Durkowski i in. 2007, Rawicki i in. 2015, Burczyk i Gamrat 2006]. Przeważająca część badanej zlewni położona jest w Gminie Warnice, gdzie stosowane jest nawożenie mineralne, których dawki wynoszące średnio 210,9 kg·ha⁻¹ NPK, w tym 126,2 kg·ha⁻¹ azotu, 36,2 kg·ha⁻¹ fosforu i 48,6 kg·ha⁻¹ potasu. Produkcja zwierzęca obejmuje głównie bydło, trzodę chlewną i drób [Gus 2010].

OPRÓBOWANIE I ANALIZA CHEMICZNA OSADÓW DENNYCH

Próbki osadów dennych z badanej rzeki pobierano z warstwy 0-30 cm za pomocą czerpaka rurowego osadów dennych firmy KC Denmark systemu Kajak, przeznaczonego do poboru prób o nienaruszonej strukturze w miękkich osadach. Łącznie pobrano 12 próbek osadów (2014-2015 rok), które przygotowano zgodnie z procedurami stosowanymi w gleboznawstwie. Zawartość całkowitą pierwiastków tj.: Ca, Cu, Fe, K, Mg, Mn, Na, Zn oznaczono spektrometrem absorpcji atomowej ASA ICE 3000 Thermo Scientific po uprzedniej mineralizacji w mieszaninie (5:1) stężonych kwasów HNO₃ (65%) i HClO₄ (60%). Schemat punktów poboru próbek przedstawiono na rysunku 1.

Uzyskane wyniki opracowano statystycznie z wykorzystaniem oprogramowania Statistica 12.0.



Rys. 1. Schemat przestrzennego rozmieszczenia punktów badawczych na terenie zlewni rzeki Gowienicy
 Fig. 1. Diagram of the spatial distribution of research points in the catchment of river Gowienica

Dla uzyskanych wyników zastosowano test normalności Shapiro-Wilka ($p \leq 0,05$), który potwierdził normalność rozkładów wyników. W celu określenia istotności różnic między badanymi warstwami osadów i punktami pomiarowymi wykonano analizę testem Tukey'a oraz wyliczono współczynnik korelacji liniowej Pearsona. Wszystkie wartości NIR oraz R istotne na poziomie istotności $p \leq 0,05$ wyrażono bezpośrednio w tekście.

WYNIKI I DYSKUSJA

Wapń (Ca)

Najwyższe średnie stężenia wapnia w badaniach własnych były dziewięciokrotnie wyższe, niż uzyskane średnie stężenia tego pierwiastka w badaniach osadów dennych zbiorników wodnych Syrenie Stawy w aglomeracji Szczecińskiej [Samela 2015]. Jedynie w punkcie nr 1 i 2 wystąpiły porównywalne stężenia wapnia, z uzyskanymi stężeniami przez Samela [2015]. Na podstawie wykonanych analizy chemicznych stwierdzić można, iż stężenia wapnia, zarówno w 2014 i 2015 roku były zbliżone oraz najniższe stężenia stwierdzono w punkcie nr 2 (tab. 1). Również stwierdzone stężenia wapnia w osadach dennych ciek Mielnica, wynoszące średnio $11,03 \text{ mg} \cdot \text{kg}^{-1}$ [Linczar i in. 2005] oraz w osadach zbiornika Hańcza [Tarnawski i in. 2012] były znaczą-

co niższe, niż uzyskane stężenia w badaniach własnych. Najwyższe stężenia omawianego pierwiastka w ujściowym odcinku rzeki Gowienica, spowodowane mogą być zarówno dostawą substancji ze zlewni oraz wraz z płynącą wodą powierzchnią w korycie rzeki. W poszczególnych punktach poboru osadów stwierdza się zróżnicowane stężenia wapnia, które spowodowane mogą być zróżnicowana produkcją rolniczą.

Miedź (Cu)

Stężenia miedzi w osadach dennych rzeki Gowienica w obydwu latach badawczych wykazują porównywalną homogeniczność uzyskanych wyników (tab. 1). Średnie stężenie miedzi w badaniach własnych jest prawie pięciokrotnie niższe, niż średnie stężenie w osadach dennych ciek wodnego położonego w obrębie zabudowy gospodarczej i ogródków działkowych, badaniach przez Szydłowskiego i Podlasińską [2016]. Jedynie w badaniach w/w autorów zbliżone średnie stężenie miedzi wystąpiło w punkcie zlokalizowanym w obrębie parku wiejskiego. Badania przeprowadzone przez Sammela [2016] wykazały znacząco wyższą akumulację miedzi w osadach zbiorników wodnych położonych w pobliżu aglomeracji Szczecińskiej, wynoszących średnio $777,4 \text{ mg}$ i $50,81 \text{ mg} \cdot \text{kg}^{-1}$. Najwyższe stężenie miedzi uzyskane przez Samela [2016] było ponad dziesięciokrotnie wyższe, niż najwyższe

stężenie w osadach rzeki Gowienicy, położonej w zlewni typowo rolniczej (badania własne).

Żelazo (Fe)

Stężenia żelaza w badanych osadach dennych rzeki Gowienica na całym jej odcinku wykazywały duże zmiany stężeń. Największe stężenia odnotowano, zarówno w 2014 i 2015 roku w punkcie nr 6 (odcinek ujściowy rzeki), wynosząc odpowiednio 19074 mg oraz 19085 mg·kg⁻¹. Natomiast najniższe stężenia żelaza wystąpiły w początkowym biegu rzeki (punkt nr 1). Najwyższe stężenia żelaza w badaniach własnych były prawie czterokrotnie niższe, niż stwierdzone najwyższe stężenie żelaza w osadach dennych rzeki Kłodnicy [Nocoń 2006]. Średnie stężenia żelaza w badaniach własnych były zbliżone do średnich stężeń omawianego pierwiastka w osadach zbiorników wodnych Syrenie Stawy w aglomeracji szczecińskiej [Sammel 2016]. Zmiany stężeń żelaza w pozostałych punktach wzrastały w raz z biegiem rzeki.

Potas (K)

Stężenia potasu w osadach dennych wahały się w szerokim zakresie. Najniższe stężenie zanotowano w początkowym biegu rzeki (od 728-765 mg·kg⁻¹). Natomiast podwyższone stężenia notowano w ujściowym odcinku rzeki. Średnie stężenia uzyskane w obydwu latach badawczych były zbliżone do średnich stężeń w pracy Samela [2016]. Najwyższe stwierdzone stężenie potasu w osadach dwóch zbiorników małej retencji wodnej [Jasiewicz i Baran 2006] były prawie dwukrotnie wyższe, niż najwyższe stężenia w badaniach własnych. Badania własne wykazały małe zróżnicowanie przestrzenne stężeń potasu w osadach dennych rzeki Gowienica.

Magnez (Mg)

Średnie stężenia magnezu w obydwu latach badawczych (2014 i 2015) były prawie dwukrotnie wyższe, niż stwierdzone średnie stężenia tego pierwiastka w osadach dennych zbiorników wodnych aglomeracji szczecińskiej [Samel 2016] oraz w osadach dennych dwóch zbiorników małej retencji wodnej [Jasiewicz i Baran 2006]. Podwyższone stężenia magnezu, zarówno w 2014 i 2015 roku, stwierdzono w ujściowym odcinku rzeki Gowienica. Natomiast

najniższe jego stężenia stwierdzono w punkcie nr 3 (w 2014 i 2015 roku). Badania własne wykazały mniejszą homogeniczność uzyskanych wyników, niż w badaniach Samela [2016] oraz w badaniach Jasiewicz i Baran [2006]. Najwyższe stężenie magnezu wynoszące 7598 mg·kg⁻¹ jest ponad dwukrotnie wyższe, niż stwierdzone najwyższe stężenie w badaniach Samela [2016].

Mangan (Mn)

Uzyskane stężenia zawartości manganu w osadach dennych analizowanej rzeki w obydwu latach badawczych wykazują dużą homogeniczność, za wyjątkiem punktu nr 2 (2014 i 2015). Najniższe stężenie manganu stwierdzono w punkcie nr 2 (2014 i 2015) – 73,27 mg i 99,56 mg·kg⁻¹. Natomiast zmiany stężeń manganu w pozostałych punktach badawczych mieściły się w przedziale 232,87 mg – 906,54 mg·kg⁻¹ w 2014 roku oraz od 236,89 mg do 625,50 mg·kg⁻¹ w roku 2015. Porównywalny zakres stężeń manganu stwierdził Nocoń [2006] w osadach dennych rzeki Kłodnicy. Najwyższe stężenie manganu w badaniach własnych było zbliżone do uzyskanego przez Nocoń [2006] oraz było ponad dwukrotnie wyższe, niż stwierdzone najwyższe stężenie przez Szydłowskiego i Podlasiońską [2017] w osadach dennych małych zbiorników wodnych położonych w zlewni typowo rolniczej.

Sód (Na)

Uzyskane stężenia sodu w badaniach własnych wykazują zbliżony zakres, jaki stwierdzono w osadach dennych dwóch zbiorników wodnych małej retencji wodnej [Jasiewicz i Baran 2006]. Podobnie jak dla manganu najwyższe i najniższe stężenia stwierdzono w punkcie nr 5 i nr 2. Średnie stężenia w pracy własnej były prawie dwukrotnie niższe, niż stwierdzone średnie stężenia w pracy Samela [2016] oraz stwierdzono zbliżone stężenia jak w osadach dennych dwóch zbiorników małej retencji wodnej [Jasiewicz i Baran 2006].

Cynk (Zn)

Badania własne wykazały najwyższe stężenie cynku w początkowym biegu rzeki (punkt nr 2), natomiast jego najniższe stężenie stwierdzono w punkcie położonym najbliżej początku rzeki

Tabela 1. Stężenia wybranych makro- i mikroelementów w badanych osadach dennych [$\text{mg}\cdot\text{kg}^{-1}$]
Table 1. Concentrations of selected macro- and microelements in the examined bottom sediments [$\text{mg}\cdot\text{kg}^{-1}$]

Punkty	2014							
	Ca	Cu	Fe	K	Mg	Mn	Na	Zn
1	85612	9,56	1556	728	4084	338,36	182,08	20,54
2	854	6,66	8153	2033	951	73,27	82,32	89,55
3	10323	3,77	8793	906	939	232,87	119,75	20,63
4	38860	6,19	12725	2321	4885	294,56	163,46	30,68
5	70540	9,37	12927	3406	7535	356,90	265,83	31,41
6	167954	11,64	19074	2852	6015	906,54	218,60	56,92
Średnia	62357	7,87	12334	2304	4068	367,08	172,00	41,62
Punkty	2015							
	Ca	Cu	Fe	K	Mg	Mn	Na	Zn
1	89562	9,65	1652	765	4087	348,26	186,52	19,33
2	995	6,89	8256	2045	952	99,56	89,54	78,2
3	10892	3,87	8895	901	943	236,89	126,54	21,32
4	36895	6,45	12735	2345	4888	301,25	189,52	32,78
5	71551	9,38	12956	3452	7598	378,23	278,32	33,56
6	167589	11,77	19085	2864	6035	652,5	222,45	59,87
Średnia	62914	8,00	10597	2062	4084	336,12	182,15	40,84

Tabela 2. Współczynnik korelacji liniowej Pearsona ($p\leq 0,05$) dla badanych osadów dennych
Table 2. Pearson's linear correlation coefficient ($p\leq 0,05$) for the studied bottom sediments

Pierwiastki	Ca	Cu	Fe	K	Mg	Mn	Na
2014							
Cu	0,891*						
Fe	0,498	0,323					
K	0,367	0,470	0,790				
Mg	0,693	0,729	0,500	0,711			
Mn	0,955*	0,744	0,674	0,397	0,603		
Na	0,707	0,712	0,420	0,600	0,959*	0,617	
Zn	-0,067	0,139	0,244	0,325	-0,272	-0,039	-0,399
2015							
Cu	0,895*						
Fe	0,472	0,326					
K	0,352	0,479	0,781				
Mg	0,687	0,722	0,497	0,720			
Mn	0,963*	0,773	0,619	0,414	0,721		
Na	0,657	0,648	0,436	0,637	0,977*	0,712	
Zn	0,037	0,237	0,390	0,425	-0,161	-0,054	-0,314

Objaśnienie: * – korelacja przy istotności przy poziomie $p\leq 0,05$.

Explanation: * - significance at the level of $p\leq 0.05$; n.s. – not significant.

w punkcie nr 1 ($20,5-19,33 \text{ mg}\cdot\text{kg}^{-1}$). Średnie stężenia w badaniach własnych są porównywalne z uzyskanymi średnimi stężeniami omawianego pierwiastka w osadach dennych cieku wodnego (w punkcie nr 2 i 3) położonego w zlewni rolniczej badanych przez Szydłowskiego i Pod-

lasińską [2016]. Badania własne wykazały, iż z wyjątkiem punktu nr 2 stężenia cynku z biegiem rzeki wzrastały. Zbliżony zakres stężeń cynku stwierdził Nocoń [2006] analizując osady denne rzeki Kłodnica, która znajduje się w zlewni bardziej uprzemysłowanej.

Wykonane badania osadów dennych rzeki Gowienicy pozwoliły stwierdzić, iż najwyższe stężenia analizowanych pierwiastków, zarówno w 2014 i 2015 roku wystąpiły w końcowym odcinku badanej rzeki (P-5 i 6) za wyjątkiem stężeń cynku, gdzie najwyższe stężenie wystąpiło w początkowym jej odcinku w punkcie nr 2. Jednakże w kolejnych punktach poboru osadów, stężenia cynku (Zn) wzrastały (tab. 1). Analiza osadów dennych wykazała, że wyższe średnie stężenia makro- i mikroskładników za wyjątkiem manganu (Mn) i cynku (Zn) wystąpiły w 2015 roku. Stężenia analizowanych pierwiastków w 2015 roku były wyższe, niż w 2014 roku, jednakże wykonana analiza statystyczna nie wykazała statystycznie istotnych różnic (test Tukeya $p \leq 0,05$), pomiędzy stężeniami analizowanych pierwiastków w 2014 i 2015 roku. Wynikać to może m.in. z równomiernej dostawy substancji w ciągu prowadzonego okresu badań ze zlewni do rzeki.

Obliczony współczynnik korelacji liniowej Pearsona ($p \leq 0,05$), wykazał istotnie statystyczną korelację w obu latach badawczych (tab. 2). Najwyższe istotnie statystycznie dodatnia korelacja dla osadów rzeki Gowienicy wystąpiła pomiędzy magnezem i sodem w obydwu latach badawczych (tab. 2). Również analiza wykazała istotnie statystyczną korelację dla wapnia i miedzi (w 2014 i 2015 roku) oraz dla wapnia i manganu w 2014 i 2015 roku.

WNIOSKI

- Osady denne rzeki Gowienica charakteryzowały się w obydwu latach badań zbliżonymi stężeniami mikro- i makroskładników w poszczególnych punktach. Świadczyć to może o zbliżonej ilości dopływających substancji ze zlewni do rzeki.
- Podwyższone koncentracje analizowanych makro- i mikroskładników wystąpiły w jej końcowym odcinku, za wyjątkiem stężeń cynku. Na podwyższenie stężeń badanych parametrów w ujściowym odcinku rzeki może mieć wpływ spowolnienie jej biegu poprzez wbudowanie w koryto elementów służących oczyszczaniu wody płynącej do jeziora Miedwie.
- Analiza statystyczna nie wykazała statystycznie istotnych różnic (test Tukeya $p \leq 0,05$), pomiędzy stężeniami analizowanych pierwiastków w 2014 i 2015 roku, natomiast obliczony

współczynnik korelacji liniowej Pearsona ($p \leq 0,05$), wykazał istotnie statystyczną korelację w obu latach badawczych, pomiędzy wybranymi pierwiastkami.

LITERATURA

- Bąk Ł., Górski J., Rabajczyk A., Szwed M. 2013. Zawartość związków metali ciężkich w osadach dennych zbiornika Suchedniów. *Proceedings of ECOpole*, 7(1), 287-294.
- Bąk Ł., Górski J., Szelaąg B. 2014. Koncentracja metali ciężkich w wodzie i osadach dennych małego zbiornika wodnego w Kanowie. *Proceedings of ECOpole*, 8(1), 120-125.
- Burczyk P., Gamrat R. 2006. Assessment of Agricultural Land Development Influence on Concentration of Phosphorus and Potassium Compounds in Soil and Ground Waters *Polish Journal of Environ. Stud.*, Vol. 15, No 5d, 419-423.
- Durkowski T., Burczyk P., Królak B. 2007. Stężenie wybranych składników chemicznych w wodach gruntowych i roztworze glebowym w małej zlewni rolniczej. *Woda-Środowisko-Obszary-Wiejskie*, T. 7 Z.1(19), 5-15.
- Durkowski T., Jarnuszewski G., Wiśniewska J. 2015. Identyfikacja i ocena oddziaływań antropogenicznych o charakterze obszarowym na zasoby wodne zlewni jeziora Miedwie. *Inżynieria Ekologiczna*, Vol. 45, 140-149.
- Galczyńska M., Burczyk P., Gamrat R. 2009. Próba określenia wpływu rodzaju uprawy na stężenia związków azotu i fosforu w wodach wybranych śródpolnych oczek wodnych na Pomorzu Zachodnim. *Woda Środowisko Obszary Wiejskie*, T. 9. Z. 4(28), 47-57.
- Gaur V. K., Gupta S. K., Pandey S. D., Gopal K., Misra V. 2005. Distribution of heavy metals in sediment and water of River Gomti. *Environ. Monit. Assess.*, Vol 102, 419-433.
- GUS. 2010. Powszechny spis rolny 2010. Baza danych lokalnych. Dostępny w Internecie: <http://stat.gov.pl/spisy-powszechnne/powszechny-spis-rolny-2010/>
- Hoc R. 2007. Baza danych GIS mapy hydrogeologicznej Polski 1:50 000 „Pierwszy poziom wodonośny – wrażliwość na zanieczyszczenie i jakość wód”, arkusz Żeliszawiec (266). Państwowy Instytut Geologiczny, Warszawa.
- Hou D., He J., Lu Ch., Ren L., Fan Q., Wang J., Xie Z. 2013. Distribution characteristics and potential ecological risk assessment of heavy metals (Cu, Pb, Zn, Cd) in water and sediments from Lake Dalinouer, China. *Ecotoxicology and Environmental Safety*, Vol. 93, 135-144.

11. Jasiewicz Cz., Baran A. 2006. Charakterystyka osadów dennych dwóch zbiorników małej retencji wodnej. *J. Elementol.*, 11(3), 307-317.
12. Kochanowska R., Raniszewska M. 1999. Jak chronić śródpolne i śródleśne oczka wodne. *Przegląd Przyrodniczy*, T. X. Z. 3-4, 96-76.
13. Kondracki J. 2001. *Geografia regionalna Polski*. 1991. Warszawa: Wydaw. Nauk. PWN., Nitrogen Directive (Dyrektywa Azotanowa Unii Europejskiej) 91/676/EEG, 441.
14. Linczar M., Linczar S.E., Linczar P., Żmuda R. 2005. Właściwości osadów dennych ciek Mielnica. *Acta Agrophysica*, 5(2), 345-355.
15. Marcinkowski T. 2014. Produkcja rolnicza a jakość wód na obszarach polderowych Żuław Elbląskich. *Woda Środowisko Obszary Wiejskie*, T. 14. Z. 1(45), 41-52.
16. Nocoń W. 2009. Metale ciężkie w osadach dennych wybranych dopływów rzeki Kłodnicy. *Inżynieria i ochrona środowiska*, 12(1), 65-76.
17. Pietrzak S. 2014. Śródpolne oczka wodne jako pułapki biogenów. *Zagadnienia Doradztwa Rolniczego*, Nr 2, 89-97.
18. Pietrzak S. 2014. Śródpolne oczka wodne jako pułapki biogenów. *Zagadnienia Doradztwa Rolniczego*, Nr 2, 89-97.
19. Rawicki K., Burczyk P., Wesołowski P., Marciniak A., Brysiewicz A. 2015. Zmienność stężeń mineralnych związków azotu i fosforu w cieku na obszarze zlewni użytkowanej rolniczo. *Woda-Środowisko- Obszary Wiejskie*, T. 15 Z. 2(50), 115-125.
20. Sammel A. 2015. Skład chemiczny osadów dennych zbiorników wodnych Syrenie Stawy aglomeracji Szczecińskiej i możliwość ich wykorzystania. *Zeszyty Naukowe Uniwersytetu Zielonogórskiego*, 157(37), 53-60.
21. Stachowicz K. 1995. Migracja wodna składników pokarmowych ze zlewni rolniczych. *Człowiek i Środowisko*, 19(1), 125-141.
22. Szydłowski K., Brysiewicz A., Wesołowski P., Podlasińska J. 2017. Quality of bottom sediments of midfield ponds and their evaluation for the potential threat of the aquatic environment. *Journal of Ecological Engineering*. 18(1), 65-71.
23. Szydłowski K., Podlasińska J. 2017. Preliminary assessment of agriculture influence on heavy metal content in bottom sediments of small water reservoirs and in rushes. *Infrastructure and Ecology of Rural Areas*. No. 3(1), 949-962.
24. Szydłowski K., Podlasińska J. 2016. Stężenia wybranych metali ciężkich w osadach dennych ciek wodnego. *Infrastruktura i Ekologia Terenów Wiejskich*. Nr 1(1), 59-71.
25. Tarnawski M., Baran A., Jasiewicz C. 2012. Ocena właściwości fizyczno-chemicznych osadów dennych zbiornika Chańcza. *Proceedings of ECOpole*. 6(1), 305-311
26. Wesołowski P., Gałczyńska M., Gamrat R., Horak A., Kot M. 2014. Związek między zanieczyszczeniem metalami ciężkimi śródpolnych oczek wodnych i stałością lustra wody a roślinnością strefy wodnej i buforowej. *Zeszyty Problemowe Postępów Nauk Rolniczych*, Nr 576, 195-205.
27. Wesołowski P., Trzaskoś M., Brysiewicz A. 2011. Skład botaniczny i zawartość wybranych pierwiastków w roślinności szuwarowej strefy przybrzeżnej jeziora Starzyc. *Woda Środowisko Obszary Wiejskie*, T. 11. Z. 1(33), 331-345.