

Przegląd Naukowy – Inżynieria i Kształtowanie Środowiska nr 52, 2011: 108–118
(Prz. Nauk. Inż. Kszt. Środ. 52, 2011)
Scientific Review – Engineering and Environmental Sciences No 52, 2011: 108–118
(Sci. Rev. Eng. Env. Sci. 52, 2011)

Ewa KAZNOWSKA, Leszek HEJDUK

Katedra Inżynierii Wodnej SGGW w Warszawie
Department of Hydraulic Engineering WULS – SGGW

Ocena wybranych charakterystyk ilościowych i jakościowych okresów bezwezbaniowych w rzece Zagożdżonka

Evaluation of selected characteristics of quantitative and qualitative periods without floods in the Zagożdżonka River

Słowa kluczowe: ładunki biogenów, niżówka, zlewnia rolnicza, rzeka Zagożdżonka
Key words: nutrient loads, streamflow drought, agricultural catchment, Zagożdżonka River

Wprowadzenie

W przebiegu czasowym odpływu w rzece można wyróżnić dwa zasadnicze okresy: zasilania powierzchniowego – zwane wezbraniem, oraz zasilania podziemnego – zwanego niżówką (Byczkowski 1999), jak również wyznaczyć strefy przepływów wód wysokich, średnich i niskich. W pracy badaniami objęto okresy bezwezbaniowe, do których zaliczono zjawiska niżówek, oraz okresy o przepływach wyższych od poziomu granicznego niżówki, a niższych od przepływu równego podstawie fali wezbraniowej, pochodzącego ze strefy przepływów średnich.

Celem pracy była ocena charakterystyk ilościowych i jakościowych okresów bezwezbaniowych, wydzielonych na dobowych hydrogramach przepływu z profilu Czarna, rolniczej zlewni rzeki Zagożdżonki. Analiza jakościowa dotyczyła wartości ładunków fosforu i azotu wynoszonych z wodami powierzchniowymi z rozpatrywanej zlewni w określonych okresach bezwezbaniowych. Rzeki stanowią główną drogę eksportu biogenów z obszaru zlewni, pochodzących zarówno z naturalnych procesów wymywania związków azotu i fosforu z gleb, jak i z rolniczego użytkowania terenu zlewni oraz z nieprawidłowego gospodarowania ściekami bytowo-gospodarczymi. Udział poszczególnych źródeł (punktowych i obszarowych), a także dróg (odpływ gruntowy, spływ powierzchniowy) dostawy związków biogennych do koryta rzeki zmienia się w zależności od ilości odprowadzonej wody (Dynamika

związków... 2005). Azot z terenów użytkowanych rolniczo przedostaje się do rzek głównie z odpływem gruntowym. Azot dostarczany przez wodę gruntową stanowi większe zagrożenie dla jakości wód w ciekach niż azot wynoszony ze spływem powierzchniowym, ponieważ proces erozji powierzchniowej występuje przy opadach o dużym natężeniu, natomiast nawozy są wypłukiwane z gleby w zasadzie przy każdym opadzie, poza okresem wegetacyjnym (Mioduszeński i in. 2002). Związki fosforu są wypłukiwane z gleb w wyniku erozji z cząstkami glebowymi i dostają się do rzek unoszone przez spływ powierzchniowy. Jednakże jeśli wody gruntowe występują bardzo blisko powierzchni terenu o piaszczystych glebach (Kowalik 2001) i jako jedyne zasilają wody powierzchniowe w okresach niżówkowych, to również mogą stanowić źródło skażenia związkami fosforu.

Artykuł powstał w ramach pracy naukowej finansowanej ze środków na naukę w latach 2007–2010 jako projekt międzynarodowy niewspółfinansowany w ramach akcji COST 869.

Material i metody

Charakterystyka obszaru badań

Zlewnia rzeki Zagożdżonki leży w pasie Nizin Środkowopolskich w okolicach Radomia na obszarze kraju, w którym według Farata i innych (1995) niżówki pojawiają się najczęściej. Zagożdżonka jest lewostronnym dopływem Wisły, a jej powierzchnia zlewni zamknięta profilem Czarna wynosi 23,4 km². Od 1962 roku obszar tej zlewni stanowi zlewnię

badawczą Katedry Inżynierii Wodnej i Rekultywacji Środowiska SGGW, w której wykonywane są zarówno obserwacje hydrologiczne, pomiary transportu rumowiska unoszonego i wlezonego, jak i analizy jakości wód rzeki Zagożdżonki, z uwagi na stężenie eutroficznych wskaźników zanieczyszczeń.

Objęty badaniem obszar górnej części zlewni użytkowany jest rolniczo. Większość terenu stanowią grunty orne, które zajmują 70% obszaru hydrologicznie aktywnej części zlewni, tj. biorącej udział w tworzeniu odpływu bezpośredniego i produkcji rumowiska unoszonego, natomiast lasy zajmują 20%, a pastwiska 9,4% (Hejduk i Banasik 2002). Powyżej rozpatrywanego profilu Czarna nie występują fermy hodowlane, zakłady przemysłowe oraz systemy kanalizacji zbiorowej, uznawane za punktowe źródła zanieczyszczeń (Banasik i in. 1996).

Średnia roczna suma opadów wyznaczona z wielolecia 1963–2007 dla zlewni Zagożdżonki wynosi 605 mm, natomiast średnia z półrocza letniego wynosi 385 mm, przy zmienności od wartości niewiele przekraczającej 223 mm w 1988 roku do 759 mm w 1974 roku. Wartości te ustalono na podstawie danych pomiarowych Katedry Budownictwa Wodnego SGGW w Płachtach Starych i Czarnej, za wyjątkiem danych opadowych za lata 1963–1982, które przyjęto z posterunku opadowego IMGW w Zwoleniu (Kaznowska i Banasik 2009).

Metody badań

Analiza charakterystyk ilościowych okresów bezwzbraniowych obejmowała lata 2008–2009. Próbkę wód po-

wierzchniowych z profilu Czarna na Zagożdżoncu pobierane były z tygodniowym krokiem czasowym od marca 2008 roku do października 2009 roku. Analiza chemiczna dotyczyła stężeń fosforanów i azotanów i wykonana została przez Laboratorium WIOŚ w Warszawie oddział w Radomiu. Natomiast podstawę oceny charakterystyk ilościowych stanowił ciąg przepływów dobowych z lat hydrologicznych 1991–2009 z profilu Czarna.

Na potrzeby badań za okresy bezwezbaniowe uznano okresy o przepływach, których wartości były mniejsze od przepływu stanowiącego podstawę fali wezbaniowej. Za podstawę fali wezbaniowej przyjęto przepływy średnie: dla fal okresu letniego – średnie letnie LSQ, a zimowego – średnie roczne SQ (Ciepielowski 1987), wartości te dla rozpatrywanego wielolecia wyniosły odpowiednio: LSQ – $0,046 \text{ m}^3 \cdot \text{s}^{-1}$, SQ – $0,069 \text{ m}^3 \cdot \text{s}^{-1}$. W wybranych okresach bezwezbaniowych wydzielono również zjawisko niżówki, za które uznano przepływy o wartościach równych i mniejszych od jej przepływu granicznego $Q_{g,n}$, wynoszącego $Q_{90\%} = 0,017 \text{ m}^3 \cdot \text{s}^{-1}$. Jako dodatkowe kryterium w wyodrębnieniu niżówek na hydrogramach dobowych przepływów zastosowano minimalny czas trwania przepływu poniżej wartości progowej, wynoszący 10 dni (Kaznowska i Banasik 2009). Parametry ilościowe niżówek (czas trwania, objętość deficytu i minimalny przepływ niżówki) wyznaczono za pomocą modelu Niżówka 2003 (Jakubowski i Radczuk 2004).

Dla wybranych okresów bezwezbaniowych określono ładunki biogenów uznanych za średniodobowe, uzyska-

ne na podstawie codziennych objętości przepływu w badanym przekroju oraz wyników analiz chemicznych próbek wody (Dojlido i Leszczyński 1985). Przeliczono stężenie wybranych zanieczyszczeń z $\text{mg} \cdot \text{dm}^{-3}$ na $\text{kg} \cdot \text{m}^{-3}$ i wymnożono przez objętość przepływu (odpływu) w metrach sześciennych, uzyskując ładunek dobowy w kilogramach. Ładunki okresowe obliczono metodą statystyczną zastosowaną przez Dojlido i Leszczyńskiego (1985) oraz Rossę i Sikorskiego (2006). Metoda ta polegała na wyznaczeniu funkcji regresji związku stężenie – przepływ, przyjmując wartości pomierzonych przepływów jako zmienną niezależną, a wartości pomierzonych stężeń jako zmienną zależną. Jako kryterium akceptacji określonych modeli zależności liniowej przyjęto statystyczną istotność współczynnika kierunkowego prostej na poziomie istotności 0,05. W wyznaczonych okresach bezwezbaniowych na podstawie równań regresji uzupełniono ciągi pomiarowe stężeń dla każdego dobowego pomiaru przepływu i określono brakujące ładunki dobowe zanieczyszczeń. Następnie zsumowano ładunki dobowe w przyjętych okresach bezwezbaniowych dla poszczególnych półroczy 2008 i 2009 roku.

Wyniki badań i dyskusja

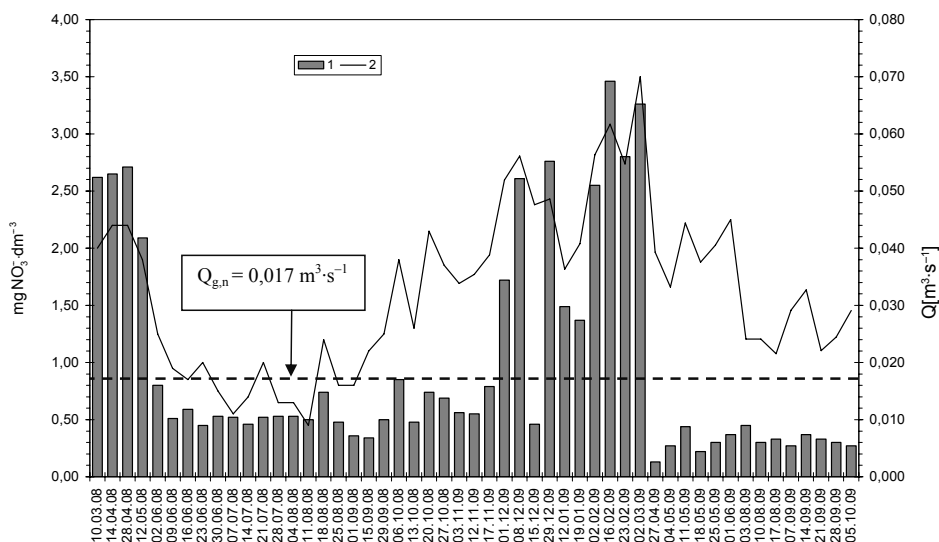
Ocena charakterystyk ilościowych

Objęte badaniem lata 2008 i 2009 różniły się znacząco pod względem warunków atmosferycznych. Rok 2008 należał do lat suchych, w którym roczna suma opadów nie osiągnęła 90% średniej rocznej sumy opadów, określonej

dla wielolecia 1963–2007. Natomiast 2009 rok należał do lat o charakterze przeciętnym, dla których średnia roczna suma opadów była mniejsza niż 111% sumy średniej wieloletniej. Przepływy średnie roczne w obu latach wynosiły: $0,041 \text{ m}^3 \cdot \text{s}^{-1}$ w 2008 roku oraz $0,059 \text{ m}^3 \cdot \text{s}^{-1}$ w 2009 roku, przy przepływie średnim rocznym z okresu 1991–2008, wynoszącym $0,069 \text{ m}^3 \cdot \text{s}^{-1}$.

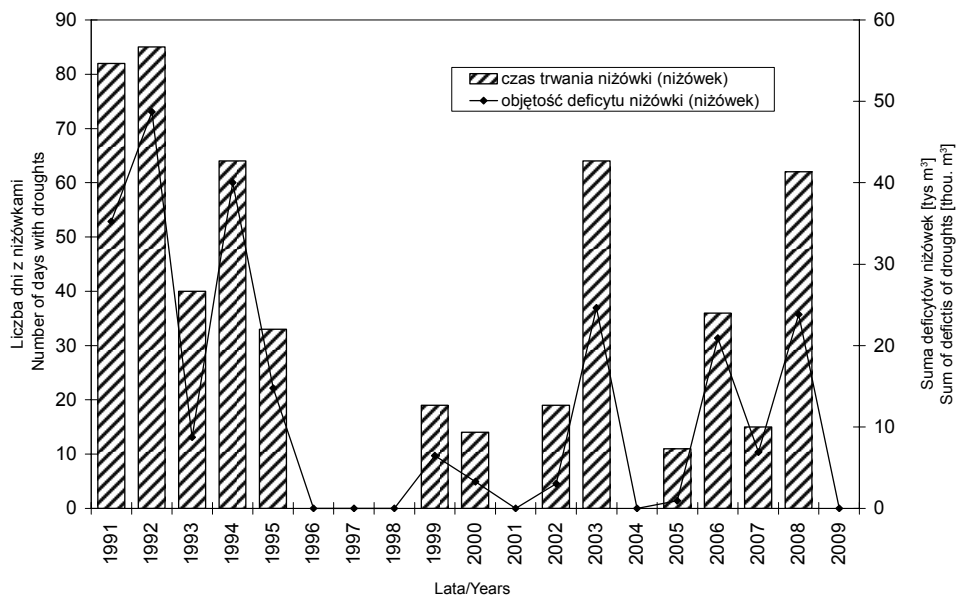
W półroczu letnim, od końca czerwca do początku września 2008 roku, zaobserwowano 3 zjawiska niżówki, odciętych na hydrogramach dobowych przepływów wartością $Q_{g,n} = 0,017 \text{ m}^3 \cdot \text{s}^{-1}$ (rys. 1). Łączny czas trwania niżówek wyniósł 62 dni i był krótszy o 23 dni od najdłuższego okresu niżówkowego z 1992 roku z rozpatrywanego wielolecia 1991–2009 (rys. 2).

Zsumowana objętość deficytu niżówek z 2008 roku wyniosła 23,8 tys. m^3 , co stanowiło około 50% łącznego deficytu niżówek z 1992 roku (rys. 2). Natomiast w 2009 roku nie zanotowano żadnego okresu niżówkowego, podobnie jak w latach 1996–1998, 2001 i 2004. Brak niżówek w półroczu zimowym w profilu Czarna zaobserwowano we wszystkich latach wielolecia 1991–2009, co jest zgodne z wynikami analizy niżówek, przeprowadzonej przez Kaznowską i Banasika (2009) dla wielolecia 1963–2007 w profilu Płachty Stare, na rzece Zagożdżonca, leżącym poniżej profilu Czarna i oddalonym od niego o 1,9 km.



RYSUNEK 1. Zmiany stężenia azotanów na tle zmian natężenia przepływu w okresach bezwezbrowniowych w latach 2008–2009: 1 – stężenie azotanów, 2 – natężenie przepływu, $Q_{g,n}$ – przepływ graniczny niżówki

FIGURE 1. Changes of nitrate concentrations against flow discharge in non flood periods in 2008–2009: 1 – nitrate concentration, 2 – flow discharge, $Q_{g,n}$ – streamflow drought threshold discharge



RYSUNEK 2. Suma czasu trwania i deficytów niżówek w latach 1991–2009 w profilu Czarna na Zagożdżonce

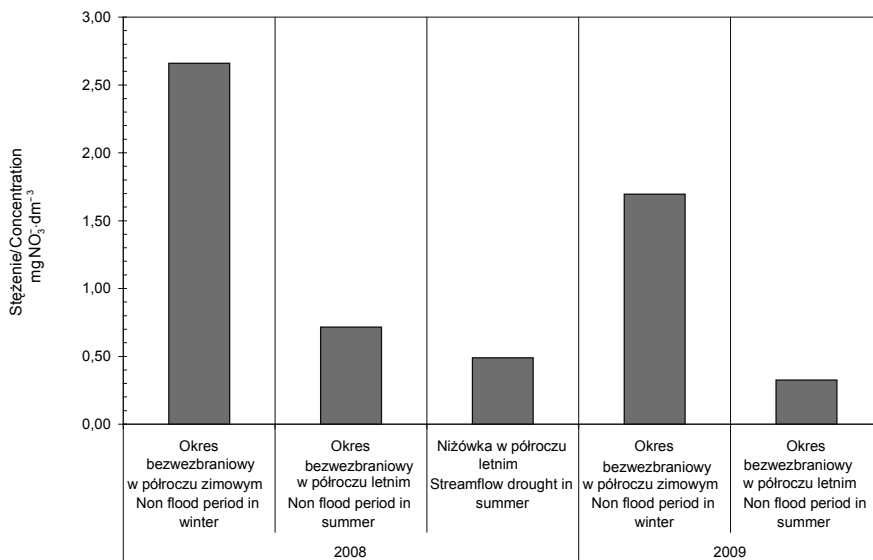
FIGURE 2. Sum of time durations and deficits of streamflow droughts at Czarna gauging station in 1991–2009

Ocena charakterystyk jakościowych

Azotany

W okresie od marca 2008 roku do października 2009 roku w wybranych okresach bezwezbraniowych stężenie azotanów zmieniało się w zakresie od $0,13 \text{ mg NO}_3^- \cdot \text{dm}^{-3}$ z 27 kwietnia 2009 roku do $3,46 \text{ mg}$ z 16 lutego 2009 roku (rys. 1). Na podstawie analizy poszczególnych wyników stężeń azotanów notowanych w okresach bezwezbraniowych stwierdzono, iż największe wartości tych stężeń miały miejsce w miesiącach zimowych badanych lat, a najmniejsze – w miesiącach letnich. Te same wyniki uzyskano dla uśrednionych wartości stężeń w poszczególnych półroczach 2008 i 2009 roku. W 2008 roku najmniejsza okazała

się średnia z pomiarów stężeń azotanów z okresu niżówkowego – $0,49 \text{ mg NO}_3^- \cdot \text{dm}^{-3}$ (rys. 3). W celu umożliwienia porównania stężeń azotanów w półroczach zimowych obu lat średnią wyliczono jedynie dla stężeń zanieczyszczeń z miesięcy marzec i kwiecień, otrzymując: $2,66 \text{ mg NO}_3^- \cdot \text{dm}^{-3}$ dla 2008 roku oraz $1,70 \text{ mg NO}_3^- \cdot \text{dm}^{-3}$ dla 2009 roku. Natomiast średnie stężenie azotanów w okresach bezwezbraniowych dla półrocza zimowego 2009 roku wyliczone z pomiarów od listopada 2008 roku do kwietnia 2009 roku wyniosło $1,75 \text{ mg NO}_3^- \cdot \text{dm}^{-3}$. Uzyskane w zlewni Zagożdżonki zdecydowanie większe stężenia azotanów w marcu i w pierwszej połowie kwietnia w stosunku do miesięcy letnich potwierdzają wyniki badań otrzymane przez Rosę i Sikorskiego (2006) dla rolniczej zlewni rzeki



RYSUNEK 3. Rozkład średnich wartości stężeń azotanów w okresach bezwezbraniowych w półroczu letnim i zimowym w latach 2008–2009 w profilu Czarna (półrocze zimowe – wartości określone od marca do kwietnia)

FIGURE 3. Mean values nitrate concentrations in non flood periods in summer and winter in 2008–2009 in Czarna gauging station (winter – values determined for the period from March to April)

Krzekna położonej w województwie zachodniopomorskim, gdzie największe stężenia azotu azotanowego występowały wiosną w warunkach wysokiego stanu wód.

Większe wartości stężeń azotanów w okresach bezwezbraniowych półroczy zimowych w stosunku do półroczy letnich można powiązać z okresami nawożeń i sezonami wegetacyjnymi roślin. Azot w postaci azotanów, uzyskany z nawozu mineralnego lub rozkładu nawozu zwierzęcego, wykorzystywany jest przez rośliny na potrzeby ich rozwoju. Według wyników badań Dojlido i innych (1998), uzyskanych z trzech małych rolniczych zlewni rzek: Żelechówki, Olszanki i Mysłówki, będących dopływami Wilgi, w których jedynym

źródłem zanieczyszczeń są spływy obszarowe z terenów rolniczych, w miesiącach od maja do sierpnia zaobserwowano najmniejsze straty biogenów (azotu ogólnego i fosforu ogólnego). Za stratę traktowano ładunek biogenów, który nie pozostaje w gruncie i nie jest przyswajany przez rośliny, a odpływa z wodami rzeczynymi ze zlewni.

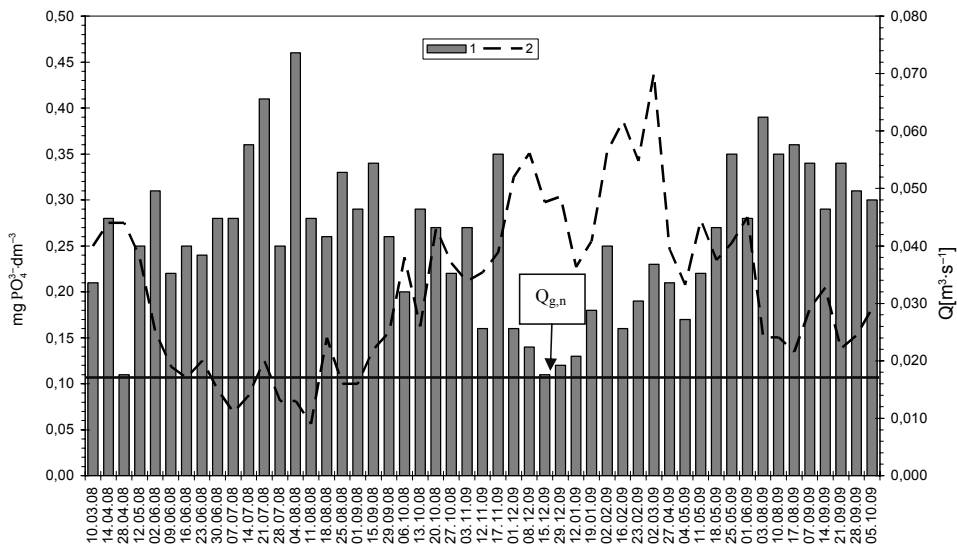
Fosforany

W okresie od marca 2008 roku do października 2009 roku w wybranych okresach bezwezbraniowych stężenie fosforanów zmieniało się w zakresie: od 0,11 mg PO₄³⁻·dm⁻³ w dniu 28 kwietnia 2008 roku i 15 grudnia 2009 roku

do 0,46 mg w dniu 4 sierpnia 2008 roku, podczas trwania jednej z trzech występujących w tym roku niżówek (rys. 4). Największe wartości stężeń zaobserwowano w miesiącach letnich badanych lat, a najmniejsze w miesiącach zimowych. Podobnie układają się wartości uśrednione z pomiarów stężeń w poszczególnych wydzielonych okresach bezwezbaniowych (rys. 5). Największe wartości średniego stężenia fosforanów uzyskano dla okresu niżówkowego – 0,32 mg $\text{PO}_4^{3-} \cdot \text{dm}^{-3}$ z 2008 roku, który dotyczył miesięcy: czerwca, lipca, sierpnia i września. Wyniki te są zgodne z wcześniejszymi badaniami stężeń fosforanów przeprowadzonymi przez Hejduka i Banasika (2008) w profilu Czarna, z których wynika, iż największe średnie stężenie fosforu rozpuszczonego występuje

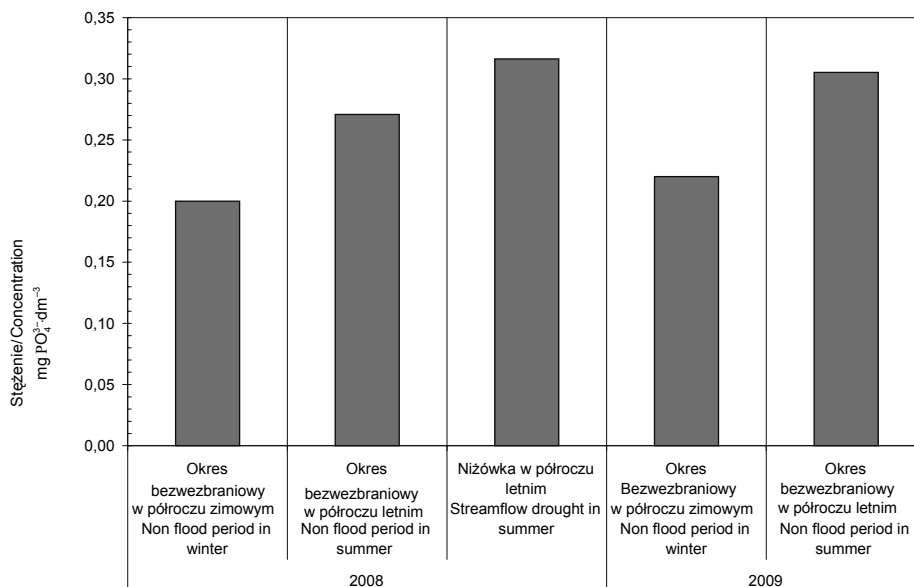
w czerwcu i wrześniu, a najmniejsze w grudniu, styczniu i lutym.

Uzyskaną sezonową zmienność stężenia fosforanów w zlewni Zagożdżonki obserwuje się również w innych rzekach. Young i inni (1999), przeprowadzając badania w zlewni rzeki Tamizy w Anglii, stwierdzili, że największe stężenia fosforanów pokrywają się z okresami występowania niskich przepływów w miesiącach letnio-jesiennych (lipiec – październik), przy czym największe stężenia fosforanów zanotowano w latach stosunkowo suchych. Stwierdzono istotną zależność między stężeniem fosforanów a wielkością przepływu, obserwując wzrost stężenia fosforanów wraz ze spadkiem przepływu w rzekach w okresie letnim. Największe stężenia fosforanów uzyskane w okresie niskich



RYSUNEK 4. Zmiany stężenia fosforanów na tle zmian natężenia przepływu w okresach bezwezbaniowych w latach 2008–2009: 1 – stężenie fosforanów, 2 – natężenie przepływu, $Q_{g,n}$ – przepływ graniczny niżówki

FIGURE 4. Changes of phosphate concentrations against flow discharge in non flood periods in 2008–2009: 1 – phosphate concentration, 2 – flow discharge, $Q_{g,n}$ – streamflow drought threshold discharge



RYSUNEK 5. Rozkład średnich wartości stężeń fosforanów w okresach bezwezbaniowych w półroczu letnim i zimowym w latach 2008–2009 w profilu Czarna (półrocze zimowe – wartości określone od marca do kwietnia)

FIGURE 5. Mean values phosphate concentrations in non flood periods in summer and winter in 2008–2009 in Czarna gauging station (winter – values determined for the period from March to April)

przepływów tłumaczono mniejszą możliwością rozcieńczania zanieczyszczeń w tym czasie. Podobne do zlewni Zagózdzonki wyniki zmienności stężenia fosforanów uzyskali również Muscutt i Withers (1996) w badanych 20 zlewniach angielskich rzek. Ich analizy wykazały większe stężenia fosforanów rozpuszczonych w okresach letnich, a mniejsze w zimie. Również badania Żelaznego (Dynamika związków... 2005) nad sezonową zmiennością fosforanów rozpuszczonych, przeprowadzone w zlewniach o różnym użytkowaniu na Pogórze Wiśnickim, wykazały, iż mniejsze stężenia jonów PO₄³⁻ występują zimą i wiosną, a większe latem i jesienią.

Dla poszczególnych okresów bezwezbaniowych określono ładunek za-

nieczyszczeń azotanami i fosforanami, przeliczając stężenia biogenów na kilogram ładunku na dobę. Wyniki zestawiono w tabeli 1. Zarówno w przypadku fosforanów, jak i azotanów uzyskano zbliżone wartości średnich dobowych ładunków zanieczyszczeń w obu analizowanych latach 2008 i 2009, przy czym dla 2009 roku były to wartości większe. W półroczu zimowym, w porównywanym okresie od marca do kwietnia, średni dobowy ładunek fosforanów wyniósł 0,78 kg·d⁻¹ dla 2008 roku i 0,81 kg·d⁻¹ dla 2009 roku, natomiast średni dobowy ładunek azotanów wyniósł 7,30 kg·d⁻¹ dla 2008 roku i 9,03 kg·d⁻¹ dla 2009 roku. W półroczu letnim średni dobowy ładunek azotanów w okresie bezwezbaniowym, o przepływach wyższych

TABELA 1. Ładunki azotanów i fosforanów w profilu Czarna w okresach bezwezbraniowych 2008 i 2009 roku

TABLE 1. Nitrate and phosphate loads at Czarna gauging station in non flood periods in 2008–2009

Okresy bezwezbraniowe Non flood periods			2008 ^a			2009		
			Średni ładunek dobowy [kg·d ⁻¹] Mean load daily	Suma ładunku w okresie [kg] Sum of load in period	Czas trwania okresu [dni] Number of days in periods [days]	Średni ładunek dobowy [kg·d ⁻¹] Mean load daily	Suma ładunku w okresie [kg] Sum of load in period	Czas trwania okresu [dni] Number of days in periods [days]
Półrocze zimowe Winter	Azotany Nitrate	$Q_{g,n} < Q < SQ$	7,30	72,9	10	6,09	518	85
					9,03 ^b	135 ^b	15 ^b	
	Fosforany Phosphate	$Q_{g,n} < Q < SQ$	0,78	7,78	10	0,79	67,3	85
					0,81 ^b	12,9 ^b	15 ^b	
Półrocze letnie Summer	Azotany Nitrate	$Q_{g,n} < Q < LSQ$	2,25	153	68	1,71	133	78
		$Q \leq Q_{g,n}$	0,35	21,8	62	–	–	–
	Fosforany Phosphate	$Q_{g,n} < Q < LSQ$	0,60	40,7	68	0,75	58,4	78
		$Q \leq Q_{g,n}$	0,34	21,2	62	–	–	–

^a W półroczu zimowym 2008 roku dane pochodzą jedynie z okresu od marca do kwietnia. / In winter period 2008 year the data come only from the period from March to April.

^b Wartości określone dla okresu od marca do kwietnia. / Values determined for the period from March to April.

od niżówkowych, wyniósł 2,25 kg·d⁻¹ w 2008 roku i 1,71 kg·d⁻¹ w 2009 roku, a średni dobowy ładunek fosforanów – 0,60 kg·d⁻¹ w 2008 roku i 0,75 kg·d⁻¹ w 2009 roku, przy zbliżonej do siebie długości tychże okresów: 68 dni w 2008 roku i 78 dni w 2009 roku. Najniższe średnie dobowe ładunki zarówno azotanów (0,35 kg·d⁻¹), jak i fosforanów (0,34 kg·d⁻¹) dotyczyły okresów niżówkowych w 2008 roku, podczas których notowano najmniejsze wartości przepływów.

Sumując dla półrocza letniego 2008 roku ładunki zanieczyszczeń dla całego

okresu bezwezbraniowego (przepływy niżówkowe wraz z przepływami wyższymi od niżówkowych, ale niższymi od podstawy fali wezbraniowej) i wyliczając średni ładunek dobowy zanieczyszczeń dla całego okresu bezwezbraniowego, uzyskano 1,32 kg·d⁻¹ dla azotanów oraz 0,47 kg·d⁻¹ dla fosforanów.

Otrzymane średnie dobowe wartości ładunków fosforanów i azotanów dla całego okresu bezwezbraniowego półrocza letniego 2008 roku były mniejsze od średnich dobowych ładunków fosforanów i azotanów wyliczonych dla okre-

sów bezwezbraniowych półrocza letniego 2009 roku, który charakteryzował się większymi wartościami przepływów. Zarówno w przypadku fosforanów, jak i azotanów średnie dobowe wartości ładunków w obu analizowanych latach 2008 i 2009 były większe w półroczu zimowym, a mniejsze w półroczu letnim.

Podobnie kształtowały się wyniki oceny sezonowych zmian średnich miesięcznych wartości ładunków azotanów dla wybranych rzek Przymorza z okresu 1989–1998, wykonanej przez Bogdanowicza (2005). Analiza ta wykazała dla większości badanych rzek Przymorza większy udział ładunku azotanów w półroczu zimowym. Natomiast najmniejsze ładunki azotanów cechowały miesiące letnie, szczególnie lipiec i sierpień, kiedy występował najniższy przepływ, a wielkości stężenia azotu azotanowego utrzymywały się na niskim poziomie.

Uzyskane wyniki średnich dobowych ładunków zanieczyszczeń w 2008 i 2009 roku w obu półroczach dla rzeki Zagożdżonki tłumaczyć należy zależnością między ładunkiem substancji zanieczyszczającej płynącej w rzece a objętością przepływu wody, stwierdzoną przez Dojlido i Leszczyńskiego (1985) na podstawie wyników badań przeprowadzonych w 19 małych zlewniach o charakterze rolniczym, położonych w różnych regionach kraju. Według Bogdanowicza (2005), sezonowa zmienność wielkości ładunku substancji rozpuszczonych transportowanych rzekami stanowi wypadkową zmienności ich stężenia oraz odpływu rzeczego.

Wnioski

1. W analizowanym okresie 1991–2009 w profilu Czarna na rzece Zagożdżonce niżówki występują jedynie w półroczu letnim. Rok 2008 charakteryzował się długim okresem niżówkowym, o łącznym czasie trwania zbliżonym do wartości uzyskanej w latach: 1991, 1992, 1994, 2003, w których susze obejmowały znaczne obszary kraju. W 2009 roku zjawisko niżówki nie wystąpiło.

2. W okresach bezwezbraniowych najmniejszymi stężeniami azotanów charakteryzowały się miesiące letnie, a najmniejszymi stężeniami fosforanów – miesiące zimowe. Natomiast największe stężenia fosforanów dotyczyły okresów niżówkowych, ze względu na najmniejsze w tym czasie wartości przepływów.

3. W rozpatrywanych okresach bezwezbraniowych, wyznaczonych od marca 2008 roku do października 2009 roku, najwyższe średnie dobowe ładunki azotanów i fosforanów uzyskano dla półrocza zimowego, a najniższe dla okresów niżówek, na co miała wpływ objętość przepływu wody w porównywanych terminach.

Literatura

- BANASIK K., RUDZKA E., ŚMIETANKA A. 1996: Eutroficzne wskaźniki zanieczyszczeń w odpływie rzeczonym z małej zlewni rolniczej. *Przegląd Naukowy Wydziału Melioracji i Inżynierii Środowiska* 11: 23–29.
- BOGDANOWICZ R. 2005: Sezonowa zmienność transportu azotanów w rzekach Przymorza. *Przegląd Geofizyczny* L, 3–4: 249–263.
- BYCZKOWSKI A. 1999: Hydrologia. Tom II. Wydawnictwo SGGW, Warszawa.

- CIEPIEŁOWSKI A. 1987: Badanie związków pomiędzy podstawowymi parametrami fal wezbraniowych w wybranych profilach rzek. Wydawnictwo SGGW-AR, Warszawa.
- DOJLIDO J., LESZCZYŃSKI A. 1985: Wpływ zanieczyszczeń obszarowych ze zlewni rolniczych na jakość wód powierzchniowych. Maszynopis. IMGW, Warszawa.
- DOJLIDO J., WOYCIECHOWSKA J., TABORYSKA B., SZKUTNICKI J. 1998: Wymywanie związków azotu i fosforu w zlewniach rolniczych dopływów górnej Wilgi. *Wiadomości IMGW XXI (XLII)*, 4: 39–75.
- Dynamika związków biogennych w wodach opadowych, powierzchniowych i podziemnych w zlewniach o różnym użytkowaniu na Pogórzu Wiślickim, 2005. Red. M. Żelazny. Instytut Geografii i Gospodarki Przestrzennej Uniwersytetu Jagiellońskiego, Kraków.
- FARAT R., KĘPIŃSKA-KASPRZAK M., KOWALCZAK P., MAGER P. 1995: Susze na obszarze Polski w latach 1951–1990. Materiały badawcze IMGW. Gospodarka Wodna i Ochrona Wód 16. IMGW, Warszawa.
- HEJDUK L., BANASIK K. 2002: Badania zmienności uziarnienia rumowiska unoszonego w małej zlewni rolniczej. *Przegląd Naukowy Inżynierii i Kształtowania Środowiska XI*, 2 (25): 46–53.
- HEJDUK L., BANASIK K. 2008: Zmienność stężenia fosforu w górnej części zlewni rzeki Zagożdżonki. *Przegląd Naukowy Inżynierii i Kształtowania Środowiska XVII*, 4 (42): 57–64.
- JAKUBOWSKI W., RADCUK L. 2004: NI-ZOWKA 2003 software. In: Hydrological Drought. Processes and Estimation Methods for Streamflow and Groundwater. Eds. L.M. Tallaksen, H.A.J. van Lanen. Development in Water Sciences 48, CD-Appendix, Elsevier, Amsterdam.
- KAZNOWSKA E., BANASIK K. 2009: Ocena intensywności niżówek rzecznych w małej zlewni rolniczej Niziny Mazowieckiej w ostatnich 45 latach. *Acta Scientiarum Polonorum, Formatio Circumiectus* 8 (3–4): 5–16.
- KOWALIK P. 2001: Ochrona środowiska glebowego. Wydawnictwo Naukowe PWN, Warszawa.
- MIODUSZEWSKI W., DANNOWSKI R., DEUMLICH D., RADCUK E., OLEARCZYK D., KAJEWSKI I. 2002: Ocena zanieczyszczenia obszarowego w dorzeczu Odry. Obieg wody w zmieniającym się środowisku. Prace Instytutu Geografii AŚ w Kielcach 7, Kielce.
- MUSCUTT A.D., WITHERS P.J.A. 1996: The phosphorus content of river in England and Wales. *Wat. Res.* 30, 5: 1258–1268.
- ROSSA L., SIKORKI M. 2006: Odpyływ wybranych substancji z obszarów zabudowy wiejskiej. *Woda – Środowisko – Obszary Wiejskie* 6, 1 (16): 335–347.
- YOUNG K., MORSE G.K., SCRIMSHAW M.D., KINNIBURGH J.H., MACLEOD C.L., LESTER J.N. 1999: The relation between phosphorus and eutrophication in the Thames catchment. UK. *The Science of the Total Environment* 228: 157–183.

Summary

Evaluation of selected characteristics of quantitative and qualitative periods without floods in the Zagożdżonka River.

The paper presents the results of evaluation of quantitative and qualitative characteristics of periods without floods, separated on the daily flow data at the Czarna gauging station in agricultural the Zagożdżonka River catchment. Qualitative analysis concerned the value of phosphorus and nitrogen loads. During investigated period (1991–2009), streamflow droughts occurs only in summer time. The lowest concentration of nitrate has been notices during summer month and the lowest concentration of phosphate during winter months. The highest daily average loads of nitrates and phosphate has been noticed during winter time and the lowest for a low flow periods.

Author's address:

Ewa Kaznowska, Leszek Hejduk
 Szkoła Główna Gospodarstwa Wiejskiego
 Wydział Budownictwa i Inżynierii Środowiska
 Katedra Inżynierii Wodnej
 Warszawa, ul. Nowoursynowska 159, 02-776
 e-mail: ewa_kaznowska@sggw.pl
 leszek_hejduk@sggw.pl