

Leszek HEJDUK

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

Sezonowa zmienność stosunku azotu do fosforu w górnej części zlewni rzeki Zagożdżonki

Seasonal variability of nitrogen to phosphorus ratio in a upper part of Zagożdżonka River catchment

Słowa kluczowe: fosfor, azot, zlewnia rolnicza, rzeka Zagożdżonka

Key words: phosphorus, nitrogen, agricultural catchment, Zagożdżonka River

Wprowadzenie

Produkcja biologiczna w wodach zależy od wielu czynników, w tym w dużym stopniu od zawartości substancji mineralnych oraz ich wzajemnych stosunków (Dojlido 1995). Stosunek trzech podstawowych pierwiastków węgla, azotu i fosforu w czasie fotosyntezy nazywany jest stosunkiem Redfielda i wynosi 106 : 16 : 1, a w przeliczeniu na masę cząsteczkową i wagową 50 : 7 : 1. Zaburzenie to, poprzez na przykład wprowadzenie do środowiska dodatkowej ilości fosforu, prowadzić może do intensyfikacji procesów eutrofizacji. Stosunek C : N : P nie jest także stabilny, ale wykazuje dużą zmienność zarówno

w zależności od rozpatrywanego gatunku (wraz z sezonem wegetacyjnym), jak i warunków danego środowiska. Ponieważ węgiel występuje w środowisku w nadmiarze rzadko, więc jest czynnikiem limitującym eutrofizację. Uważa się, że czynnikami limitującymi są azot i fosfor (Dojlido 1995), istotne znaczenie ma także stosunek tych dwóch pierwiastków. Badania nad stosunkiem między azotem i fosforem prowadzone są z rozróżnieniem na morza/oceany, jeziora oraz ciekę płynące, jak również ze względu na regiony klimatyczne (Hecky i in. 1993). W rzekach notowana jest duża zmienność stosunku N : P. Hecky i inni (1993) podają dla pięciu cieków stosunek mniejszy niż 26, ale nie mniejszy niż 19. Mainstone i Parr (2002), wykorzystując dane z 5000 punktów poboru prób na rzekach Anglii i Walii, uzyskali zakres zmienności tego stosunku od około 1 do nawet 1000. Badania na rzekach

polskich wskazują podobny stosunek N : P. Wiatkowski i Paul (2009) podają dla rzeki Troja, położonej na Płaskowyżu Głubczyckim u podnóża południowo-wschodniej części Gór Opawskich, zmienność stosunku N : P w zakresie od 7 do 37, ze średnią 22. Dla środkowej Wisły w 50% rozwój glonów jest limitowany przez oba pierwiastki biogenne, w 40% przez azot i w 10% przez fosfor (Solovey 2008).

W przypadku rzeki Zagożdżonki, która jest położona w dorzeczu środkowej Wisły, nie przeprowadzono takich analiz. W poprzednich badaniach dotyczących jakości wody, ze szczególnym uwzględnieniem transportu azotu i fosforu dla górnej części zlewni rzeki Zagożdżonki, stwierdzono w okresie 1993–1995 duże zanieczyszczenie fosforanami rozpuszczonymi i fosforem ogólnym i małe stężenie azotu azotanowego (Banasik i in. 1996). Na podstawie dłuższego ciągu danych w latach 1991–2008 zaobserwowano malejące tendencje stężenia fosforanów rozpuszczonych i fosforu ogólnego (Hejduk i Banasik 2008). Stężenia azotu azotanowego są relatywnie stałe (Hejduk 2010). Zarówno stężenia zawartości fosforanów, jak i azotanów w rzece Zagożdżonce wykazują sezonowość (Hejduk 2010, Kaznowska i Hejduk 2011). Niniejsza analiza miała na celu określenie również zmienności stosunku N : P w różnych porach roku oraz w kilku wybranych punktach poboru prób wody wzdłuż rzeki Zagożdżonki.

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

Materiały i metody – punkty poboru prób

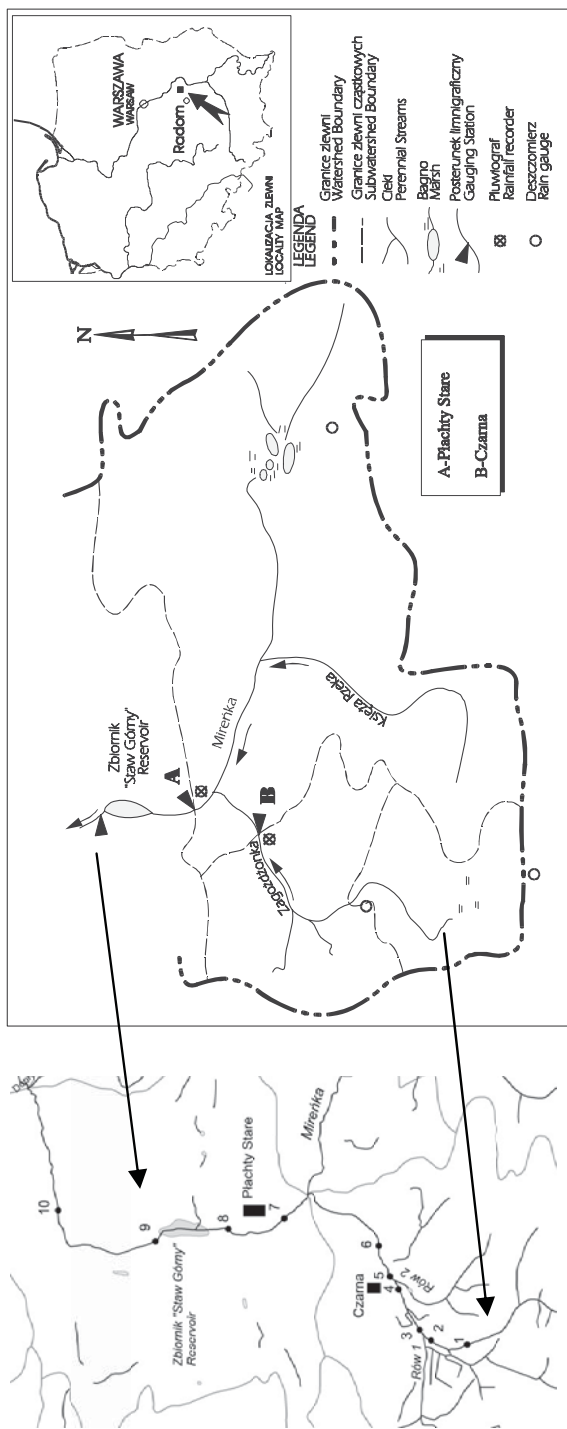
Rzeka Zagożdżonka jest lewobrzeżnym dopływem Wisły, mającym ujście w okolicach Kozienic. Badania przeprowadzono w górnym odcinku rzeki Zagożdżonki na odcinku do miasta Pionki. W okresie od 2008 do 2009 roku przeprowadzono serie poborów prób wody z 10 punktów na długości rzeki oraz z 3 na jej dopływach. Próby pobierane były w następujących terminach: 4.09.2008, 26.09.2008, 6.11.2008, 11.12.2008, 8.05.2009, 20.07.2009 i 12.10.2009. Na rysunku 1 przedstawiono lokalizację zlewni oraz schemat sieci rzecznej rzeki Zagożdżonki wraz z zaznaczonymi punktami poboru. W pobranych próbkach oznaczono stężenia fosforanów rozpuszczonych w formie ortofosforanów oraz azotanów.

Metodyka analiz chemicznych

Stężenie zarówno fosforanów rozpuszczonych, jak i azotanów określano przy zastosowaniu spektrofotometru HachLange DR 2800 oraz odczynników przeznaczonych do tych analiz przygotowywanych przez firmę HachLange.

W przypadku fosforanów rozpuszczonych zastosowano metodę z odczynnikiem PhosVer 3¹, przy długości fali 880 nm. Do analiz wykorzystano metodę saszetki z proszkiem dla 10 ml próbki badanej wody. Ortofosforan reaguje z molibdenianem w środowisku kwa-

¹Mieszanina: pirosiarczan potasowy, kwas askorbinowy i molibdenian sodowy (HachLange 2010).



RYSUNEK 1. Schemat sieci rzecznej rzeki Zagożdżonki do miasta Pionki z zaznaczonymi punktami poboru prób wody
 FIGURE 1. Localization of the Zagożdżonka River catchment and the sampling points

śnym i powstaje mieszanina związków kompleksowych fosforan/molibdenian. Następnie kwas askorbinowy dokonuje redukcji związku kompleksowego, nadając mu intensywną niebieską barwę molibdenu (HachLange 2006).

W przypadku azotanów zastosowano metodę z odczynnikiem NitraVer 5², przy długości fali 500 nm. Do analiz wykorzystano metodę saszetki z proszkiem dla 10 ml próbki badanej wody. Kadm redukuje zawarty w próbce azotan do azotynu. Jon azotynu reaguje w medium kwasowym z kwasem sulfanilowym, tworząc pośrednio sól diazoniową. Sól ta łączy się z kwasem gentyzynowym, tworząc roztwór o zabarwieniu bursztynowym.

Wyniki i dyskusja

Analizowany odcinek rzeki Zagożdżonki charakteryzuje się dużą zmiennością obserwowanych stężeń zarówno fosforanów rozpuszczonych, jak i azotanów. Największe średnie stężenia uzyskano w punkcie pomiarowym 7 – Płachty Stare (tab. 1). Zwraça jednak uwagę fakt jednokrotnego pomiaru bardzo dużych wartości stężenia ortofosforanów z dnia 6.11.2008 roku (tab. 2), co powoduje zawyżenie wartości średniej stężenia z analizowanych prób. Jednocześnie seria pomiarowa z dnia 6.11.2008 roku nie została odrzucona z obliczeń średniej, ponieważ analogiczne duże stężenia pomierzono również w innych

TABELA 1. Zestawienie wartości średnich stężeń fosforanów i azotanów dla poszczególnych punktów poboru

TABLE 1. Average phosphorus and nitrate concentration for particular sampling points

| Numer punktu poboru Sampling point number | Fosforany/Phosphates | | Azotany/Nitrites | |
|--|---|--|---|--|
| | średnia z okresu pomiarowego [mgP·dm ⁻³] mean from investigation period | odchylenie standardowe standard deviation | średnia z okresu pomiarowego [mgN·dm ⁻³] mean from investigation period | odchylenie standardowe standard deviation |
| 1 | 0,124 | 0,066 | 0,361 | 0,415 |
| 2 | 0,062 | 0,015 | 0,320 | 0,294 |
| 3 | 0,090 | 0,069 | 0,484 | 0,315 |
| 4 | 0,136 | 0,099 | 0,339 | 0,273 |
| 5 | 0,165 | 0,112 | 0,397 | 0,399 |
| 6 | 0,282 | 0,255 | 0,442 | 0,560 |
| 7 | 0,317 | 0,534 | 0,387 | 0,343 |
| 8 | 0,102 | 0,020 | 0,471 | 0,681 |
| 9 | 0,037 | 0,014 | 0,274 | 0,237 |
| 10 | 0,096 | 0,049 | 0,413 | 0,394 |

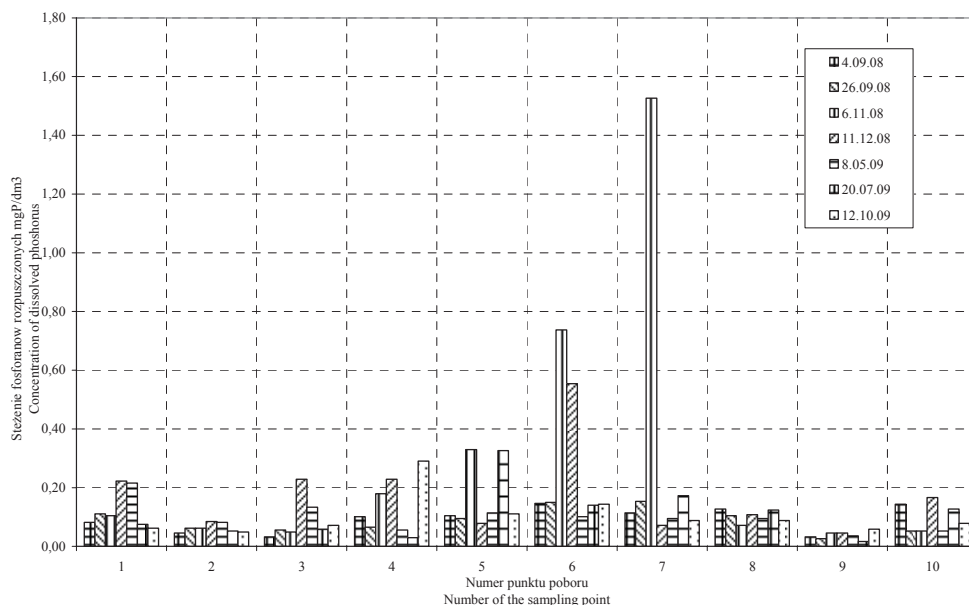
²Mieszanina: diwodorofosforan potasowy, kwas 4-aminobenzenosulfonowy, kwas sulfanilowy, kwas 2,5-dihydroksybenzoesowy, siarczan magnezowy heptahydrat, kadm (niesamozapalny).

punktach pomiarowych, tj. 5 i 6 (rys. 2). Obszar między punktami 7 (Płachty Stare) i 8 (wlot do zbiornika „Staw Górny”) jest obszarem podmokłym, co może po-

TABELA 2. Wartości średnie stężeń fosforanów i azotanów ze wszystkich punktów pomiarowych zestawione dla poszczególnych dat poboru prób

TABLE 2. Average phosphorus and nitrate concentration from all sampling points for particular sampling data

| Data poboru próby Sampling data | Fosforany/Phosphates | | Azotany/Nitrates | |
|------------------------------------|---|--|---|--|
| | średnia z punktów pomiarowych [mgP·dm ⁻³] mean from sampling points | odchylenie standardowe standard deviation | średnia z punktów pomiarowych [mgN·dm ⁻³] mean from sampling points | odchylenie standardowe standard deviation |
| 4.09.2008 | 0,093 | 0,043 | 0,339 | 0,163 |
| 26.09.2008 | 0,087 | 0,043 | 0,533 | 0,229 |
| 6.11.2008 | 0,316 | 0,477 | 0,502 | 0,199 |
| 11.12.2008 | 0,179 | 0,150 | 1,039 | 0,484 |
| 8.05.2009 | 0,098 | 0,051 | 0,136 | 0,074 |
| 20.07.2009 | 0,112 | 0,091 | 0,052 | 0,063 |
| 12.10.2009 | 0,104 | 0,071 | 0,122 | 0,120 |



RYSUNEK 2. Zestawienie wyników pomiarów stężenia fosforanów rozpuszczonych w poszczególnych punktach pomiarowych z poszczególnych terminów poborów prób

FIGURE 2. Summary of results of measurements of phosphate concentration in the sampling points in particular sampling data

wodować znaczną redukcję fosforanów rozpuszczonych. Najmniejsze średnie stężenia fosforanów rozpuszczonych zaobserwowano w punkcie pomiarowym 9, tj. w próbach pobieranych poniżej zbiornika Staw Górny (tab. 1). Takie zmniejszenie się stężenia fosforu można przypisać obecności zbiornika i procesów zachodzących w zbiorniku – usuwających fosforany rozpuszczone z wody.

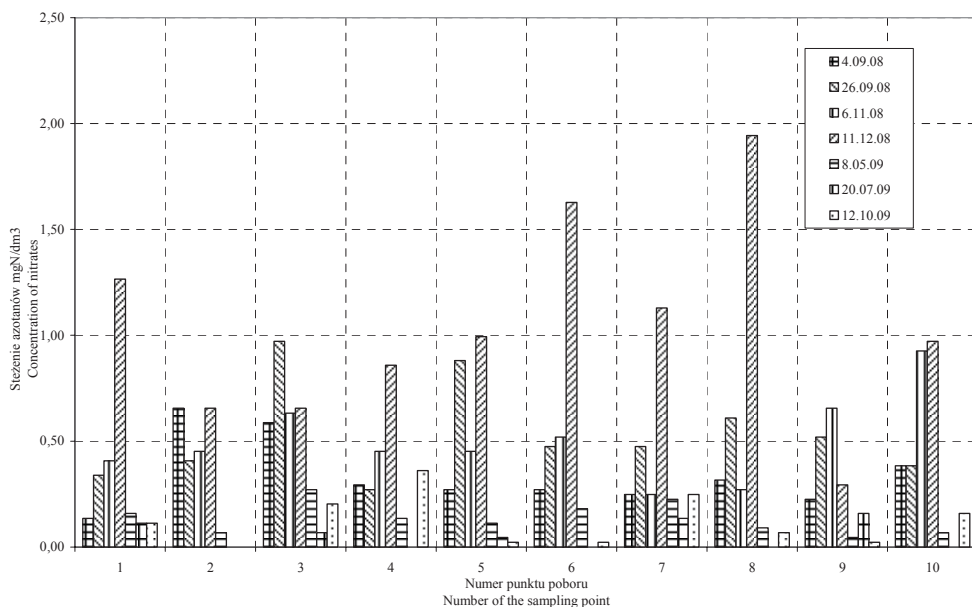
Stężenia azotu azotanowego wykazują znacznie mniejszą zmienność między poszczególnymi punktami pomiarowymi (tab. 1). Maksymalna średnia wartość została zaobserwowana w punkcie 3 (punkt śródpolny), natomiast najmniejsze średnie stężenie w punkcie 9 (poniżej zbiornika „Staw Górny”). W odróżnieniu od stężenia fosforanów rozpuszczonych największe średnie stężenia dla całego odcinka pomierzono dla okresu zimowego, tj. w próbach pobranych 11.12.2008 roku. Zmienność stężenia azotanów charakteryzuje się również

pewną ciągłością, tj. jeżeli obserwowano zwiększone stężenie, to dla całego analizowanego odcinka, a nie tylko dla poszczególnych punktów pomiarowych (rys. 3).

Stosunek N : P jest ściśle związany ze stężeniami fosforanów rozpuszczonych i azotanów w poszczególnych punktach pomiarowych i charakteryzuje się zmiennością zarówno w czasie, jak i dla poszczególnych punktów pomiarowych. Średnie wartości stosunku N : P dla poszczególnych punktów pomiarowych przedstawiono w tabeli 3. Największe średnie wartości stosunku N : P zaobserwowano w punkcie pomiarowym nr 9 (poniżej zbiornika „Staw Górny”), co jest związane z małymi stężeniami fosforanów rozpuszczonych w tym punkcie i, pomimo relatywnie do innych punktów pomiarowych małych stężeń azotanów, stosunek ten pozostaje duży. Jednocześnie można zauważyć (rys. 4) bardzo dużą zmienności tego stosunku

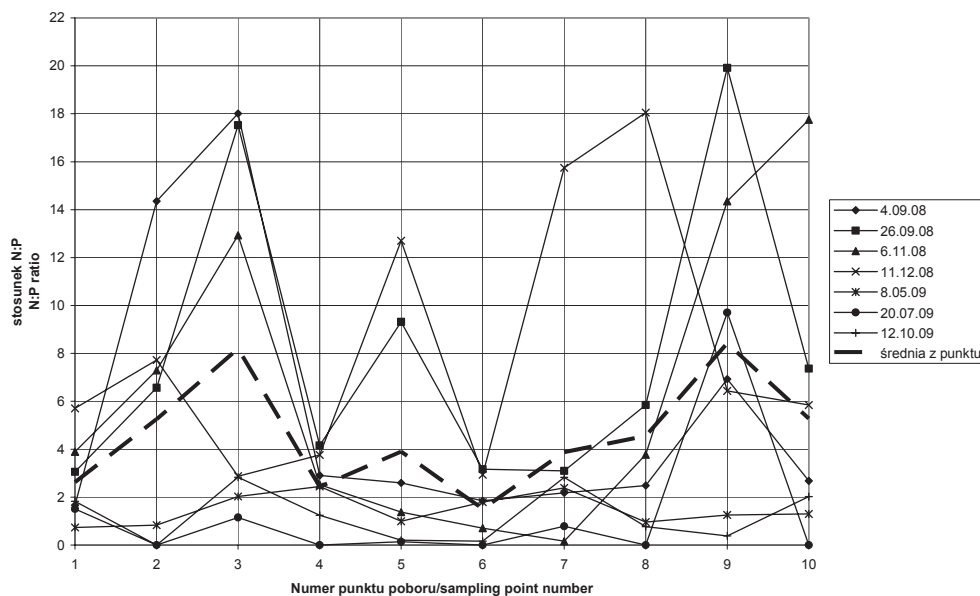
TABELA 3. Średnie, maksymalne i minimalne stosunki N : P dla punktów pomiarowych
TABLE 3. Mean, maximum and minimum N : P ratio for sampling points

| Numer punktu poboru Sampling point number | Stosunek N : P N : P ratio | Odchylenie standardowe Standard deviation | Maksymalne zaobserwowane stosunki N : P Maximum observed N : P ratio | Minimalne zaobserwowane stosunki N : P Minimum observed N : P ratio |
|--|-------------------------------|--|---|--|
| 1 | 2,6 | 1,7 | 5,7 | 0,8 |
| 2 | 5,3 | 5,1 | 14,4 | 0,8 |
| 3 | 8,2 | 7,3 | 18 | 1,2 |
| 4 | 2,4 | 1,4 | 4,2 | 1,2 |
| 5 | 3,9 | 4,7 | 12,7 | 0,1 |
| 6 | 1,5 | 2,0 | 3,2 | 0,2 |
| 7 | 3,9 | 5,1 | 15,7 | 0,2 |
| 8 | 4,6 | 5,9 | 18,1 | 0,8 |
| 9 | 8,4 | 6,5 | 19,9 | 0,4 |
| 10 | 5,3 | 5,9 | 17,8 | 1,3 |



RYSUNEK 3. Zestawienie wyników pomiarów stężenia azotanów w poszczególnych punktach pomiarowych z poszczególnych terminów poborów prób

FIGURE 3. Summary of results of measurements of nitrates concentration in the sampling points in particular sampling data



RYSUNEK 4. Zmienności stosunku N : P na długości rzeki

FIGURE 4. Changeability of N : P ratio along the river

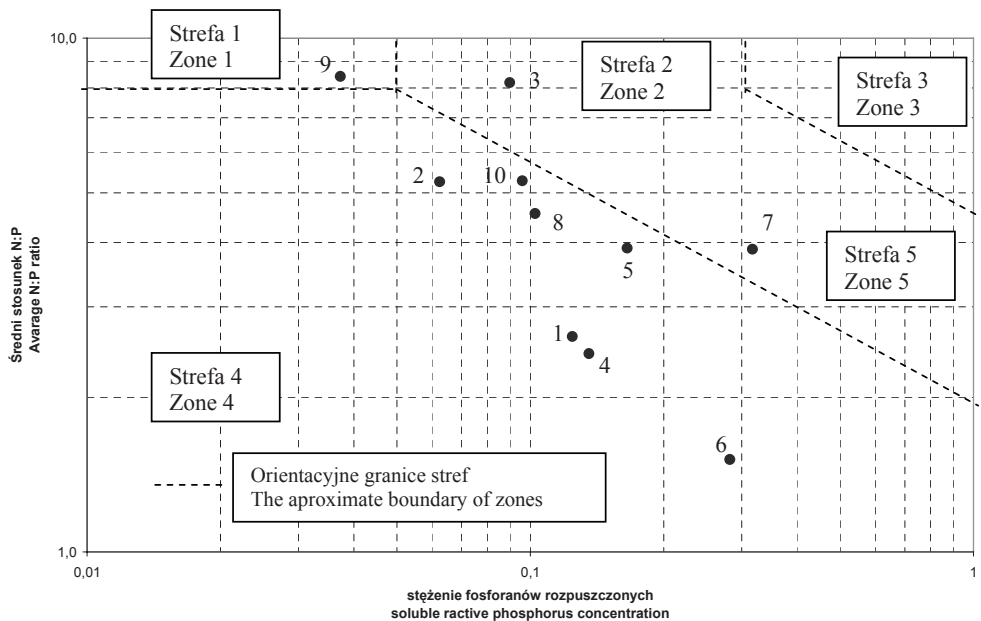
w poszczególnych terminach poboru prób. Analogicznie duża wartość stosunku N : P (średnio 8,2) występowała w punkcie 3 (punkt śródpolny). Tu również zaobserwowano bardzo dużą zmienność w czasie. Największy jednorazowy zaobserwowany stosunek N : P wyniósł 19,9, co jest wartością zbliżoną do wartości notowanych w innych małych rzekach (Wiatkowski i Paul 2009).

Wzajemne relacje między N i P w relacji do stężenia fosforanów rozpuszczonych mogą posłużyć do orientacyjnego określenia, który z pierwiastków jest pierwiastkiem limitującym przyrost biomasy, a co z tym wiąże – przyspieszonej eutrofizacji. Mainstone i Parr (2002) na podstawie badań wyznaczyli 5 stref ograniczonych m.in. stosunkiem N : P oraz średnim stężeniem fosforanów rozpuszczonych, określających, który z pierwiastków jest w danym przypadku pierwiastkiem limitującym przyrost biomasy. Strefa pierwsza obejmuje zakres, gdzie fosfor jest pierwiastkiem limitującym, i określona jest, gdy stosunek N : P jest większy niż 8, a stężenie fosforanów rozpuszczonych jest mniejsze niż $0,05 \text{ mg} \cdot \text{dm}^{-3}$, strefa druga, gdzie P jest pierwiastkiem limitującym w części sezonu wegetacyjnego, ograniczona jest stężeniem fosforanów rozpuszczonych między $0,05$ a $0,3 \text{ mg} \cdot \text{dm}^{-3}$ oraz stosunkiem N : P nie mniejszym niż 8. Strefa trzecia, gdzie ani azot, ani fosfor nie są czynnikami limitującymi, występuje wtedy, gdy stężenie fosforanów rozpuszczonych przekracza $0,3 \text{ mg} \cdot \text{dm}^{-3}$, a stężenie całkowite azotu nieorganicznego – $2,4 \text{ mg} \cdot \text{dm}^{-3}$. Strefa czwarta, gdzie azot wydaje się głównym czynnikiem limitującym, jest wtedy, kiedy stosunek N : P jest mniejszy niż 8, a stężenia fosforanów nie

przekraczają około $1 \text{ mg} \cdot \text{dm}^{-3}$. Należy jednocześnie zaznaczyć, że granice te nie są definitywne określone. Strefa piąta, gdzie azot może być limitujący przez część okresu wegetacyjnego, leży między strefą czwartą i trzecią, i jest od góry limitowana stosunkiem N : P równym 8.

W przypadku Zagożdżonki obliczone wartości N : P w relacji do stężenia fosforanów rozpuszczonych (rys. 5) pozwalają na orientacyjne określenie, w jakim zakresie azot i fosfor limitują przyrost biomasy na poszczególnych odcinkach rzeki Zagożdżonki. Zmiana tego wskaźnika może również stanowić wskazówkę do oszacowania możliwości redukcji zanieczyszczenia poprzez wyeliminowanie dominującego pierwiastka limitującego.

W jednym punkcie pomiarowym (punkt 9) średni stosunek N : P wskazuje na dominujące znaczenie fosforu jako czynnika limitującego. Punkt ten znajduje się bezpośrednio poniżej zbiornika „Staw Górny”. Dwa punkty pomiarowe znajdują się w strefie drugiej (punkt 3 – punkt śródpolny, oraz punkt 7 – Płachty Stare). Pozostałe punkty znajdują się w strefie czwartej, gdzie dominującym czynnikiem jest azot. Stosunek N : P wykazuje dużą zmienność na długości rzeki i nawet niewielkie odległości między punktami poboru leżą w innych strefach, na przykład punkt 2 znajduje się w strefie czwartej, a punkt 3 w strefie drugiej, pomimo relatywnie bliskiego położenia między sobą. Istotne znaczenie mogą mieć w takich przypadkach ładunki fosforu i azotu dostarczane wraz z dopływami, co może mieć wpływ na średnie stężenia. Przykładem takich punktów pomiarowych są punkty 3, 5 i 7. Punkt 3 leży poniżej dopływu rowu 1 (rys. 1),



RYSUNEK 5. Potencjał azotu i fosforu limitujący przyrost roślin dla poszczególnych punktów poboru prób dla rzeki Zagożdżonki (na podstawie Mainstone i Parr 2002)
 FIGURE 5. The potential for nitrogen and phosphorus for limitation of plant growth for particular sampling points for Zagożdżonka River (based on Mainstone and Parr 2002)

który zbiera wodę z obszaru łąk. Średnie stężenie dla rowu 1, doprowadzającego wodę do rzeki, wynosi $0,096 \text{ mgP}\cdot\text{dm}^{-3}$ dla fosforanów i $0,36 \text{ mg}\cdot\text{dm}^{-3}$ dla azotanów, stężenia te są dużo większe niż w punkcie 2, leżącym powyżej punktu 3 i dopływu rowu 1. Punkt 5 leży poniżej dopływu rowu 2 (rys. 1), który zbiera wodę z obszaru podmokłego i jednocześnie w jego osi znajduje się niewielka zastawka spiętrzająca wodę. Średnie stężenie dla tego rowu na dopływie do rzeki wynosi $0,55 \text{ mgP}\cdot\text{dm}^{-3}$ dla fosforanów i $0,31 \text{ mg}\cdot\text{dm}^{-3}$ dla azotanów. Jednak duża wartość stężenia fosforanów wynika w tym wypadku z zanotowanego jednorazowo wyjątkowo dużego stężenia fosforanów ($1,87 \text{ mgP}\cdot\text{dm}^{-3}$). Punkt 7 (Płachty Stare) położony jest poniżej

dopływu rzeki Mireńki, a jednocześnie rzeka Zagożdżonka przepływa przez tereny podmokłe położone między dopływem Mireńki a punktem 7 (Płachty Stare). Średnie stężenie dla rzeki Mireńki na dopływie do Zagożdżonki wynosi $0,065 \text{ mgP}\cdot\text{dm}^{-3}$ dla fosforanów i $0,30 \text{ mg}\cdot\text{dm}^{-3}$ dla azotanów, jednakże wartości te uzyskane zostały na podstawie jedynie dwóch prób, co wymaga dalszego kontynuowania badań.

Podsumowanie i wnioski

1. Analizowany odcinek rzeki Zagożdżonki charakteryzuje się stosunkowo dużą zmiennością stężenia fosforanów i azotanów zarówno na długości rzeki,

jak i w czasie. W niektórych przypadkach odchylenie standardowe pomiaru stężenia fosforanów w danym punkcie pomiarowym wynosiło 0,534, przy średniej wartości stężenia $0,317 \text{ mgP}\cdot\text{dm}^{-3}$ (punkt pomiarowy nr 7). W przypadku azotanów największe odchylenie standardowe wyniosło 0,681 przy średniej wartości stężenia $0,471 \text{ mgN}\cdot\text{dm}^{-3}$. Tak duże odchylenia standardowe świadczą o dużej zmienności stężeń.

2. Największe średnie stężenia fosforanów określono dla okresów zimowych. Średnia ze wszystkich punktów pomiarowych była największa w listopadzie 2008 roku i wyniosła $0,316 \text{ mgP}\cdot\text{dm}^{-3}$, natomiast średnia ze wszystkich pomiarów azotanów była największa w grudniu 2008 roku i wyniosła $1,039 \text{ mgN}\cdot\text{dm}^{-3}$. Wartości te są jednak wynikiem szczególnie dużych jednorazowo pomierzonych stężeń obu biogenów.

3. Rozpatrywany odcinek rzeki Zagożdżonki charakteryzuje się małym stosunkiem N : P. Większość punktów (7 z 10), w których wykonywano pomiary, położona była w strefie czwartej, w której uznaje się, że dominującym czynnikiem limitującym przyrost biomasy jest azot.

4. Największa zmienność stosunku N : P występowała w punkcie poboru „poniżej zbiornika Staw Górny” i zmieniała się w zakresie od 0,4 do 19,9. Jednocześnie wartość średnia tego stosunku wskazuje na dominujące znaczenie fosforu jako czynnika limitującego przyrost biomasy w tym punkcie poboru i sugeruje wpływ zbiornika na zmianę relacji między N i P. Potwierdzenie tego wpływu wymaga jednak dalszych badań w celu uzyskania dłuższych ciągów pomiarowych.

Literatura

- BANASIK K., RUDZKA E., ŚMIETANKA A. 1996: Eutroficzne wskaźniki zanieczyszczeń w odpływie rzeczny z małej zlewni rolnej. *Przegląd Naukowy Wydziału Melioracji i Inżynierii Środowiska* 11: 23–28.
- DOJLIDO J.R. 1995: Chemia wód powierzchniowych. Wydawnictwo Ekonomia i Środowisko, Warszawa.
- HachLange 2006. DR 2800 Spektrofotometr. Metodyki.
- HachLange 2010: Karta charakterystyki 21060-44 PhosVer3 Phosphate Reagent.
- HECKY R.E., CAMPELL P., HENDZEL L.L. 1993: The stoichiometry of carbon, nitrogen and phosphorus in particulate matter of lakes and oceans. *Limnol. Oceanogr.* 38 (4): 709–724.
- HEJDUK L. 2010: Tendencja w zmianach stężeń form fosforu i azotu w sąsiadujących rzekach Zagożdżonki i Zwolenice. *Przegląd Naukowy – Inżynieria i Kształtowanie Środowiska* 3 (49): 21–29.
- HEJDUK L., BANASIK K. 2008: Zmienność stężenia fosforu w górnej części zlewni Zagożdżonki. *Przegląd Naukowy Inżynieria i Kształtowanie Środowiska* XVII, 4 (42): 57–64.
- KAZNOWSKA E., HEJDUK L. 2011: Ocena wybranych charakterystyk ilościowych i jakościowych okresów bezwzbraniowych w rzece Zagożdżonki. *Przegląd Naukowy – Inżynieria i Kształtowanie Środowiska* 52: 108–118.
- MAINSTONE C.P., PARR W. 2002: Phosphorus in rivers – ecology and management. *The Sciences of Total Environment* 282–283: 25–47.
- SOLOVEY T. 2008: Ocena potencjalnej eutrofizacji wód płynących w zlewni środkowej Wisły. *Woda – Środowisko – Obszary Wiejskie* 8, 1 (22): 323–336.
- WIATKOWKI M., PAUL L. 2009: Surface Water Quality Assessment in the Troja River catchment in the context of Włodzienin reservoir construction. *Polish Journal of Environmental Studies* 18, 5: 923–929.

Summary

Seasonal variability of N : P ratio in a upper part of Zagożdżonka River catchment. Paper present results of investigation carried on Zagożdżonka River. Zagożdżonka River is a left bank inflow of Vistula River and is located about 100 km south of Warsaw. The data from 10 sampling points taken during 7 sampling campaign were used for estimation of N : P ratio in river. The N : P ratio varied from 1 : 0.8 to 1 : 19.9 and the highest changeability were investigated in the

sampling point below the reservoir called "Staw Górny". Most points (7 of 10) in which measurements were made indicate the nitrogen as a factor limiting the biomass growth.

Author's address:

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