

**ZNACZENIE ZBIORNIKA WSTĘPNEGO
W OCHRONIE JEZIORA
PRZED SPŁYWEM ZANIECZYSZCZEŃ
ZE ZLEWNI ROLNICZO-LEŚNEJ**

**CZĘŚĆ II
ZWIĄZKI AZOTU**

Józef Koc, Stefan Tucholski, Paweł Skonieczek

Katedra Melioracji i Kształtowania Środowiska,
Uniwersytet Warmińsko-Mazurski w Olsztynie

Wstęp

Azot, jeden z podstawowych składników pokarmowych roślin i podstawowych składników pokarmu organizmów zwierzęcych jest stale obecny w wodach krążących w zlewniach. Intensyfikacja produkcji rolniczej i melioracji prowadzą do istotnego zwiększenia odpływu azotu z terenów rolniczych [KOC, SZYMCZYK 2003]. Obecność na terenie zlewni osiedli wiejskich i budynków chowu zwierząt jest znaczącym źródłem zanieczyszczenia wód azotem [KOC i in. 1996; DURKOWSKI, WALCZAK 1997]. Związki azotu po wprowadzeniu do wód podlegają mikrobiologicznym procesom rozkładu do amoniaku, azotynów i azotanów, bądź azotu cząsteczkowego, zależnie od obecności bądź niedoboru tlenu. Związki azotu w wodach przeznaczonych do konsumpcji są niepożądane ze względu na toksyczność (azotyny, azotany, amoniak), karcenogenność (nitrozoaminy) oraz zły zapach i smak (związki organiczne). Z powyższych względów wody zanieczyszczone związkami azotu nie nadają się do chowu ryb. Związki azotu są czynnikami eutrofizacji wód i powodują (przy dostatecznej ilości fosforu i innych biogenów) zarastanie cieków i zbiorników wodnych [KAJAK 2001]. Dlatego też dąży się do ograniczenia ich zawartości w wodach i eliminacji z dopływów do jezior. Jedną z metod jest budowa zbiorników wstępnych (stawów) na ciekach.

Celem niniejszej pracy było wykazanie skuteczności zbiornika wstępnego (stawu) w ograniczaniu dopływu azotu ze zlewni rolniczo-leśnej do jeziora.

Metodyka badań

Badania prowadzono w latach 2000–2001 na Pojezierzu Olsztyńskim. Opis obiektu badań i rozmieszczenie punktów pomiarowych oraz poboru prób podano w pierwszej części [KOC i in. 2004].

W pobranych próbach wody oznaczono: azot ogólny metodą Kjeldahla, azot amonowy metodą Nesslerera, azot azotanowy kolorymetrycznie z kwasem dwusulfofenolowym i azot azotynowy kolorymetrycznie z kwasem sulfanilowym. Badania wykonano zgodnie z ogólnie przyjętymi metodami [HERMANOWICZ i in. 1999].

Wyniki badań

W badanej zlewni stwierdzono dostawę azotu do wód powierzchniowych z opadami atmosferycznymi, z odpływami z terenów leśnych i rolnych oraz w zrzutach ścieków bytowych oczyszczanych w dwu przysiedlowych oczyszczalniach. Wody opadowe były stosunkowo czyste (tab. 1). Wody odpływające z terenów leśnych i rolniczych charakteryzowały się stosunkowo niską zawartością związków azotu. Te z terenów leśnych ze względu na stężenia azotu można zaliczyć do I klasy (wody bardzo dobrej jakości), zaś z terenu upraw rolniczych do II klasy (wody dobrej jakości) z powodu podwyższonego stężenia azotu amonowego i azotu ogólnego [ROZPORZĄDZENIE MŚ 2004].

Tabela 1; Table 1

Zawartość związków azotu w wodach badanej zlewni ($\text{mg N}\cdot\text{dm}^{-3}$)
Nitrogen compound contents in water of the studied catchment ($\text{mg N}\cdot\text{dm}^{-3}$)

Rodzaj wód; Type of water	N og. Total N	N-NH ₄	N-NO ₃	N-NO ₂	N org. Organic N
Opady; Precipitation	1,12* 0,41–2,11**	0,55 0,17–0,89	0,42 0,03–1,38	0,004 0,001–0,008	0,15 0,02–1,15
Odptyw z terenów leśnych Outflow from forested areas	1,86 1,15–3,14	0,35 0,07–0,71	0,45 0,75–1,89	0,006 0,001–0,014	1,05 0,03–2,05
Odptyw z terenów uprawnych Outflow from arable lands	2,84 1,18–4,96	0,74 0,28–1,44	1,15 0,16–3,17	0,018 0,090–0,030	0,93 0,18–1,4
Odptyw z oczyszczalni 1 Onflow from waste water plant 1	38,28 18,16–59,85	14,45 1,67–33,39	0,48 0,16–0,98	0,108 0,010–0,348	23,24 1,26–27,5
Odptyw z oczyszczalni 2 Onflow from waste water plant 2	77,28 26,12–99,22	34,72 6,93–55,09	0,46 0,18–0,77	0,063 0,002–0,230	41,47 2,82–53,40

* średnia; average

** min–max

Ta pierwsza spełniała zatem wymóg wody pitnej, druga zaś nie, ponieważ miała pod tym względem niższą wartość użytkową z powodu przekroczenia stężenia amoniaku [ROZPORZĄDZENIE MZ 2000]. Wody powierzchniowe w badanej zlewni były jednak mniej obciążone związkami azotu niż na obszarach intensywnej produkcji rolnej [KOC i in. 1996]. Odpływy z oczyszczalni wyróżniały się wysoką zawartością azotu ogółem i azotu amonowego, przez co nie spełniały ogólnych wymogów stawianych wodom pościekowym odprowadzanym do wód i do ziemi [ROZPORZĄDZENIE MŚ 2002]. Odpływy z oczyszczalni, szczególnie nr 2, charakteryzują się wysoką zawartością azotu organicznego. Mikrobiologiczny rozkład organicznych związków azotu prowadzić może do zaniku tlenu i powstawania azotynów oraz amoniaku. Są to związki szkodliwe dla organizmów wodnych. Odprowadzenie takich odpływów wprost do zbiorników wodnych może być zatem przyczyną ich degradacji.

Analiza wód badanego cieką wykazała, że prowadził on wody dobrej jakości (II klasa). Doprowadzenie odpływu z pierwszej oczyszczalni pogorszyło jakość wody powodując wzrost zawartości azotu ogółem i azotu amonowego (tab. 2). Jednak wzrost ten był w stosunku do odprowadzonych odpływów z oczyszczalni nr 1 niewielki, przez co ciek zachowywał zdolność do samooczyszczania wód, a płynąca nim woda utrzymała się w II klasie jakości. Dopiero zrzut ścieków z oczyszczalni nr 2 spowodował drastyczne pogorszenie jakości wody. Zawartości azotu ogółem i azotu amonowego kwalifikowały je w efekcie do V klasy (wody złej jakości), a azotynów do wód zadowalającej jakości (klasa III). Doprowadzone odpływy z oczyszczalni spowodowały przekroczenie zdolności do samooczyszczania wód, spowodowały deficyt tlenu [KOC i in. 2000] i redukcję azotanów.

Tabela 2; Table 2

Zawartość związków azotu w wodzie badanego cieką (mg N·dm⁻³)
 The contents of nitrogen forms in water of the studied stream (mg N·dm⁻³)

Rodzaj wód Type of water	N og. Total N	N-NH ₄	N-NO ₃	N-NO ₂	N org. Organic N
Powyżej dopływu z oczyszczalni 1 Above the inflow from the waste water plant 1	<u>2,19*</u> 0,96-3,91**	<u>0,27</u> 0,06-0,56	<u>0,67</u> 0,13-2,64	<u>0,007</u> 0,002-0,016	<u>1,24</u> 0,23-2,31
Powyżej dopływu z oczyszczalni 2 Above the inflow from the waste water plant 2	<u>3,54</u> 1,19-5,62	<u>1,18</u> 0,22-2,33	<u>1,03</u> 0,14-3,37	<u>0,018</u> 0,007-0,030	<u>1,31</u> 0,16-3,52
Poniżej dopływu wód z oczyszczalni 2 Beneath the inflow from the waste water plant 2	<u>6,12</u> 1,19-54,05	<u>2,32</u> 0,22-28,61	<u>0,98</u> 0,14-0,42	<u>0,03</u> 0,007-0,76	<u>2,79</u> 1,72-3,42
Odpływ ze stawu Outflow from the pond	<u>2,52</u> 1,67-3,28	<u>0,43</u> 0,27-0,84	<u>0,71</u> 0,15-2,37	<u>0,024</u> 0,002-0,050	<u>1,36</u> 0,15-3,87

*; ** objaśnienia jak pod tabelą 1; explanations see Table 1

Tabela 3; Table 3

Średnie ładunki związków azotu w punktach badania, niesione przez ciek (mg N·s⁻¹)
 Average load of nitrogen forms at the sampling points (mg N·s⁻¹)

Rodzaj wód; Type of water	N og. Total N	N-NH ₄	N-NO ₃	N-NO ₂	N org. Organic N
Powyżej dopływu z oczyszczalni 1 Above the inflow from the waste water plant 1	61,8	6,8	26,5	0,2	27,9
Powyżej dopływu z oczyszczalni 2 Above the inflow from the waste water plant 2	112,6	36,4	26,2	0,7	49,3
Poniżej dopływu wód z oczyszczalni 2 Beneath the inflow from the waste water plant 2	220,8	80,8	25,3	1,6	112,3
Odpływ ze stawu Outflow from the pond	40,5	8,5	2,9	2,9	26,2

Stężenie azotu amonowego powstałego w wyniku rozkładu organicznych związków azotu przy niedoborze tlenu osiągnęło poziom toksyczny dla ryb i skorupiaków.

Woda strugi Sząbruk dopiero po przepływie przez staw, gdzie nastąpiła poprawa jej natlenienia oraz rozkład zanieczyszczeń organicznych i fitorsorpcja

azotu, odzyskała swoje pierwotne wskaźniki zawartości związków azotu, jakie miała przed zrzutem odpływów z oczyszczalni, powracając do poziomu wód dobrej jakości (II klasa). Można więc stwierdzić, że nastąpiła odnowa jakości wody pod względem zanieczyszczenia związkami azotu.

Analiza związków azotu w poszczególnych punktach badawczych wykazała, że na odpływie ze zbiornika wstępnego (stawu) do jeziora niósł on mniej azotu niż w punkcie przed odpływami z oczyszczalni, mimo przyrostu powierzchni zlewni i dopływu zanieczyszczeń (tab. 3). W zbiorniku wstępnym redukcji uległ nie tylko ładunek zrzucany z oczyszczalni, ale również dopływający z terenów zlewni poniżej tego punktu.

Tabela 4; Table 4

Średnie ładunki związków azotu odpływających ze zlewni cząstkowych (kg-rok⁻¹)
Average loads of nitrogen forms outflowing from the sub-catchments (kg-year⁻¹)

Rodzaj wód; Type of water	N og. Total N	N-NH ₄	N-NO ₃	N-NO ₂	N org. Organic N
Powyżej dopływu z oczyszczalni 1 Above the inflow from the waste water plant 1	1950	216	847	5	882
Powyżej dopływu z oczyszczalni 2 Above the inflow from the waste water plant 2	3551	1148	825	21	1557
Poniżej dopływu wód z oczyszczalni 2 Beneath the inflow from the waste water plant 2	6962	2547	798	50	3567
Odpływ ze stawu Outflow from the pond	1279	267	92	92	828

Badana zlewnia charakteryzowała się stosunkowo małym ładunkiem zanieczyszczeń z obszarów rolniczych i leśnych (tab. 4) i można by ją zaliczyć do naturalnych, tzn. o niskiej antropopresji [KOC i in. 1996]. Odpływy z oczyszczalni zwiększyły ładunek azotu ogółem 3,6-krotnie, a azotu amonowego 12-krotnie i azotynów 10-krotnie. Przepływ cieką przez zbiornik wstępny (staw) zmniejszył ładunek zanieczyszczeń obszarowych do poziomu 65% ładunku, niesionego przed zrzutem odpływów z oczyszczalni ścieków.

Wnioski

1. Wśród źródeł azotu dopływającego do wód w zlewni rolniczo-leśnej dominującą pozycję stanowią zanieczyszczenia bytowe, odprowadzane do cieków ze ściekami, nawet jeżeli poddane zostały wcześniej oczyszczeniu.
2. Wody terenów rolniczo-leśnych można zaliczyć do wód dobrej jakości, jednak zrzut ścieków z oczyszczalni je pogarsza. Drastyczne pogorszenie jakości wody stwierdzono po zrzucie przekraczającym zdolność samooczyszczania cieką.
3. Przekroczenie zdolności samooczyszczania wód cieką powoduje wielokrotny wzrost stężenia w wodzie azotu amonowego (9-krotny) i azotynów (4-krotny).
4. Przepływ wód przez zbiornik wstępny na cieką powoduje redukcję zanie-

czyszczeń wprowadzonych ze źródła punktowego (zrzuty z oczyszczalni) oraz zniszczenie zanieczyszczeń obszarowych z terenów rolniczo-leśnych.

Literatura

- DURKOWSKI T., WALCZAK B. 1997.** *Jakość wód powierzchniowych w małych zlewniach rolniczych. Woda jako czynnik warunkujący wielofunkcyjny i zrównoważony rozwój wsi i rolnictwa.* PIHARE-FAPA-IMUZ Falenty. Materiały seminaryjne 39: 190–197.
- HERMANOWICZ W., DOJLIDO J., DOŻAŃSKA W., KOZIOROWSKI B., ZERBE J. 1999.** *Fizyczno-chemiczne badania wody i ścieków.* Wydanie drugie pod kierunkiem Jana Dojlido. Arkady: 555 ss.
- KAJAK Z. 2001.** *Hydrobiologia-limnologia. Ekosystemy wód śródlądowych.* PWN, Warszawa: 359 ss.
- KOC J., CIEĆKO C., JANICKA R., ROCHWERGER A. 1996.** *Czynniki kształtujące poziom mineralnych form azotu w wodach obszarów rolniczych.* Zesz. Probl. Post. Nauk Rol. 440: 175–183.
- KOC J., NOWICKI Z., GLIŃSKA K., ŁACIACZ A. 2000.** *Kształtowanie się jakości wód w warunkach małej antropopresji na przykładzie zlewni strugi Arduńg (Pojezierze Olsztyńskie).* Zesz. Nauk. PAN „Człowiek i środowisko” 25: 155–167.
- KOC J., SZYMCZYK S. 2003.** *Wpływ intensyfikacji rolnictwa na odpływ azotu mineralnego z gleb.* Zesz. Probl. Post. Nauk Rol. 494: 183–189.
- KOC J., TUCHOŃSKI S., SKONIECZEK P. 2004.** *Znaczenie zbiornika wstępnego w ochronie jeziora przed sphywem zanieczyszczeń ze zlewni rolniczo-leśnej. Cz. I. Ogólne wskaźniki zanieczyszczeń.* Zesz. Probl. Post. Nauk Rol. 499: 135–142.
- ROZPORZĄDZENIE MŚ 2004.** *Z dnia 11 lutego w sprawie klasyfikacji dla prezentowania stanu wód powierzchniowych i podziemnych, sposobu prowadzenia monitoringu oraz sposobu interpretacji wyników i prezentacji stanu tych wód.* Dz. U. Nr 32, poz. 284.
- ROZPORZĄDZENIE MŚ 2002.** *Z dnia 29 listopada w sprawie warunków, jakie należy spełnić przy wprowadzaniu ścieków do wód lub do ziemi oraz w sprawie substancji szczególnie szkodliwych dla środowiska wodnego.* Dz. U. Nr 212, poz. 1799.
- ROZPORZĄDZENIE MZ 2000.** *Z dnia 4 września w sprawie warunków, jakim powinna odpowiadać woda do picia i na potrzeby gospodarcze, woda w kąpieliskach, oraz zasad sprawowania kontroli jakości wody przez organy Inspekcji Sanitarnej.* Dz. U. Nr 82, poz. 937.

Słowa kluczowe: zanieczyszczenia obszarowe, formy azotu, redukcja zanieczyszczeń

Streszczenie

Przeprowadzone badania wykazały, że w małej zlewni rolniczo-leśnej odpływ z oczyszczalni ścieków istotnie pogarszały jakość wód. Wzrastała zawartość azotu ogółem, azotu amonowego i azotynów w miejscach dopływu wód zanieczyszczonych. Przepływ wód przez zbiornik wstępny (staw), powodował odnowę

jakości wody pod względem zawartości związków azotu. Koncentracja substancji poniżej stawu była zredukowana do poziomu zaobserwowanego powyżej miejsca dopływu wody zanieczyszczonej. Również niższa była tam ilość zanieczyszczeń obszarowych ze zlewni rolniczo-leśnej.

THE SIGNIFICANCE OF PRELIMINARY RESERVOIRS IN LAKE
PROTECTION AGAINST THE CATCHMENT
OF RURAL-FORESTED SEWAGE

PART II
NITROGEN COMPOUNDS

Józef Koc, Stefan Tucholski, Paweł Skonieczek
Department of Land Reclamation and Environmental Management,
University of Warmia and Mazury, Olsztyn

Key words: areal pollutants, nitrogen forms, reduction of pollution

Summary

The research showed that the outflows from waste water plant caused a significant deterioration of water quality in the small agricultural-forested catchment. The increased in concentrations of total nitrogen, ammonia nitrogen and nitrites was observed at the sites of water input. Due to the flow through the reservoir the water quality with regards to the content of nitrogen compounds was improved. Concentrations of these substances beneath the pond were reduced to the level noted above the site with the waste water input. The loads of areal pollutants from agricultural-forested catchments were also lower.

Prof. dr hab. Józef Koc
Katedra Melioracji i Kształtowania Środowiska
Uniwersytet Warmińsko-Mazurski
Plac Łódzki 2
10-719 OLSZTYN
e-mail: katemel@uwm.edu.pl