

**Małgorzata Rauba\***

**ZAWARTOŚĆ ZWIĄZKÓW AZOTU I FOSFORU W WODACH  
GRUNTOWYCH ZLEWNI UŻYTKOWANEJ ROLNICZO  
NA PRZYKŁADZIE ZLEWNI RZEKI ŚLINY**

**THE CONTENT OF NITROGEN PHOSPHORUS COMPOUNDS INTO  
GROUND WATERS OF CATCHMENT AREA USED AGRICULTURALLY  
FOR EXAMPLE RIVER ŚLINA**

**Słowa kluczowe:** wody gruntowe, stężenia związków azotu, stężenia związków fosforu, zlewnia rolnicza.

**Key words:** ground water, concentrations of nitrogen, concentrations of phosphorus, agricultural catchment.

*The paper were presented the results of the concentrations of nitrogen and phosphorus in the groundwater of the river catchment saliva, a tributary of the river Narew. The study area is marked by agricultural use, oriented toward the cultivation of cereals and grasses, and livestock production. Research area was divided into four transekty in which sa installed a total of 14 piezometers. The purpose of this study was to examine the impact on the agricultural use of groundwater, depend on the content of phosphorus and nitrogen compounds in areas used as pasture and arable land used intensively.*

## **1. WPROWADZENIE**

Zawartość związków azotu i fosforu w wodach gruntowych jest przede wszystkim wynikiem działalności człowieka, ale także efektem naturalnych procesów zachodzących w glebach. Ich wielkość zależy od rodzaju i zwięzłości gleb, wielkości opadów atmosferycznych,

---

\* **Mgr inż. Małgorzata Rauba – Zamiejscowy Wydział Zarządzania Środowiskiem Politechniki Białostockiej w Hajnówce, ul. Piłsudskiego 8, 17-200 Hajnówka; tel.: 85 682 95 00; e-mail: mrauba@go2.pl**

intensywności migracji tych związków w profilu glebowym oraz naturalnych potrzeb roślin i bakterii glebowych. Intensyfikacja produkcji rolniczej wyraźnie zmienia zarówno właściwości gleb, jak i jakość wód gruntowych, prowadząc w efekcie nie tylko do ich zanieczyszczenia, ale również przez migrację związków biogennych – do zmian jakości wód powierzchniowych.

Rolnictwo jest uważane za jedno z głównych źródeł zanieczyszczenia wód związkami azotu i fosforu. Ze spływem powierzchniowym są przemieszczane rozpuszczalne formy azotu i fosforu oraz unoszony jest lekki, pływający materiał organiczny, jak: resztki roślinne oraz nawozy organiczne [Sapek 1996].

Zawartość różnych form azotu i fosforu w wodach gruntowych zwiększa się przede wszystkim przez intensywność spływów podpowierzchniowych, które są uwarunkowane sposobem użytkowania i wielkością nawożenia. Dlatego tak ważna dla środowiska wodnego jest umiejętność dobrania odpowiedniej dawki nawozów organicznych i mineralnych adekwatnie do potrzeb pokarmowych roślin.

## 2. TEREN I METODY BADAŃ

W pracy omówiono wyniki badań przeprowadzonych na obszarze zlewni rzeki Śliny stanowiącej jeden z dopływów rzeki Narew. Powierzchnia zlewni wynosi 359,53 km<sup>2</sup>. Jest to zlewnia o charakterze rolniczym, nastawiona przede wszystkim na produkcję zwierzęcą krów mlecznych i zbożową.

Badania wód gruntowych wykonywano w latach 2008–2009, w miesiącach: czerwiec, lipiec, sierpień, wrzesień i listopad w 2008 r. oraz w kwietniu 2009 r. Obszar badań podzielono na 4 transekty, na których łącznie zainstalowano 14 piezometrów. Piezometry umieszczono w odległości od 50 do 200 m od rzeki Śliny. Podziału zlewni dokonano na podstawie różnicowania użytkowania oraz zmienności form glebowych.

Na gruntach ornych i łąkach zlewni rzeki Śliny przeważają gleby brunatne, na pastwiskach i łąkach kośnych natomiast – gleby torfowe i bagienne, z niewielką ilością gleb brunatnych. Jeżeli chodzi o klasy bonitacyjne na analizowanym obszarze przeważają grunty orne klas IIIb i IVa oraz użytki zielone klasy IV (tab. 1).

Zainstalowane piezometry wykonane zostały z rur PVC o długości 2 metrów i średnicy 110 mm. Osłonięte zostały korkiem w celu zabezpieczenia wód gruntowych przed ewentualnymi zanieczyszczeniami fizycznymi. Na wysokości 50 cm od dna wykonano perforacje w postaci otworów o średnicy 4 mm, w celu lepszego przepływu wody do rur.

W pobranych do analizy próbach oznaczono stężenia azotu amonowego, azotu azotanowego (V), azotu azotanowego (III) i fosforanów. Badania wykonano na spektrofotometrze firmy HACH DR/2000.

**Tabela 1.** Lokalizacja piezometrów**Table 1.** Piezometers' location

Nazwa	Gleby	Użytkowanie terenu	Średni poziom wody [cm]
Transekt I: Łopuchowo I II III IV	gleba hydrogeniczna torfowo-murszowa gleba brunatna właściwa, namurszowa gleba czarna ziemia właściwa gleba czarna ziemia właściwa	łąka kośna łąka pastwisko pastwisko	52 110
Transekt II:Zawady V VI VII VIII	gleba brunatna właściwa gleba brunatna wylugowana wytworzona z gliny zwałowej gleba bagienna w fazie akumulacji, torfowo-mułowa gleba torfowo-murszowa płytka	grunty orne łąka kośna pastwisko łąka kośna	150
Transekt III: Franki-Piaski, Garbowo Stare IX X XI	gleba brunatna właściwa gleba płowa właściwa gleba torfowo-murszowa	łąka kośna pastwisko pastwisko	47
Transekt IV: Jamiołki-Pietrowięta XII XIII XIV	gleba mułowa gleba brunatna właściwa gleba brunatna właściwa	pastwisko pastwisko łąka	92

**Źródło:** opracowanie własne.

### 3. WYNIKI I DYSKUSJA

Poziom wód gruntowych na analizowanym obszarze jest uzależniony przede wszystkim od rodzaju gleb i form użytkowania. Waha się on od 47 do 110 cm na obszarach zagospodarowanych jako pastwiska i łąki kośne na glebach torfowych i bagiennych oraz od 82 do 150 cm na gruntach ornych i łąkach na glebach brunatnych. Niezmiernie ważnym czynnikiem, od którego zależy głębokość zalegania wód, jest wielkość opadów atmosferycznych. Rok 2008 był rokiem stosunkowo suchym. Średnia roczna wysokość opadów na analizowanym terenie wynosiła 64,5 mm. Niskie opady przełożyły się na brak zalegania wód gruntowych w niektórych piezometrach (2, 3, 5, 6, 10, 13) na głębokości umożliwiającej jej zbadanie, zwłaszcza na glebach mineralnych.

Początek roku 2009 był bardziej obfity w opady, co znalazło odzwierciedlenie w poziomie wód gruntowych. Ich poziom wahał się w kwietniu od 50 do 63 cm poniżej powierzchni terenu (p.p.t.) na glebach torfowych i od 84 do 170 cm p.p.t. na glebach brunatnych zwięzłych.

**Zanieczyszczenie azotem.** Jednym z najistotniejszych zanieczyszczeń pochodzenia rolniczego jest azot azotanowy (V). Powstaje on w glebie w wyniku mineralizacji materii organicznej, w której organiczne formy azotu ulegają w procesie amonifikacji przemianom w formę mineralną. Powstałe jony amonowe ( $\text{NH}_4^+$ ) ulegają nityfikacji pod wpływem bak-

terii nityfikacyjnych i w reakcji utlenienia tworzą się azot azotanowy (III), a następnie azot azotanowy (V).

Ilość azotu azotanowego (V) w glebie jest zmienna w ciągu roku. Wiosną jest nieco większa, ze względu na pewien zapas niewymytego ze strefy korzeniowej azotu azotanowego (V), który szybko powiększa się wraz z wprowadzeniem do gleby nawozów oraz częściowej mineralizacji. Ilość nagromadzonego w glebie azotu azotanowego (V) jest maksymalna przed rozpoczęciem wegetacji [Sapek 1995]. Kumulacja tego związku w glebach wpływa bezpośrednio na jego zawartość w wodach gruntowych, co widać w prezentowanych w tabeli 2 wynikach badań [Lipiński 2003]. Na początku czerwca i w kwietniu zawartość tego związku jest niemal trzykrotnie większa niż w lecie.

**Tabela 2.** Zawartość azotu azotanowego (V) w wodach gruntowych [mg N-NO<sub>3</sub>/dm<sup>3</sup>]

**Table 2.** The content of nitrate nitrogen (V) in ground water [mg NO<sub>3</sub>-N/dm<sup>3</sup>]

Piezometry	Czerwiec 2008 r.	Lipiec/sierpień 2008 r.	Wrzesień 2008 r.	Listopad 2008 r.	Kwiecień 2009 r.
I	1,00	0,50	0,90	1,12	0,60
II	1,10	–	–	–	0,90
III	0,50	–	–	–	0,50
IV	0,60	0,40	0,90	0,80	0,30
V	16,40	–	–	–	9,20
VI	–	–	–	–	–
VII	0,70	0,10	1,60	0,60	0,10
VIII	1,20	0,20	0,70	0,50	0,70
IX	1,30	–	0,40	0,70	1,70
X	–	–	–	–	1,80
XI	0,70	0,70	0,10	–	0,00
XII	11,60	10,50	10,70	9,70	10,10
XIII	–	–	–	–	–
XIV	17,20	0,30	7,50	11,60	8,40

**Źródło:** opracowanie własne.

Latem następuje zmniejszenie zawartości azotu azotanowego (V), co jest związane z intensywnym wzrostem roślin i ich większymi potrzebami żywieniowymi. Jesienią ilość azotu ponownie się zwiększa, w wyniku nasilenia się procesów mineralizacji i nityfikacji po zakończeniu wegetacji.

Nie bez znaczenia ze względu na zawartości związków azotowych w wodach gruntowych jest rodzaj gleb. Na glebach organicznych zachodzą silne procesy mineralizacyjne, powodujące nadmierną produkcję związków azotowych w glebach. Zainstalowane na glebach torfowych i mułowych piezometry, zawierają znacznie więcej azotu azotanowego (V) niż te, które znajdują się na glebach mineralnych. Wyjątek stanowi piezometr XIV, w którym stwierdzono większe obciążenie wód gruntowych azotem azotanowym (V), przekraczającym w czerwcu i listopadzie 2008 r. 10 mg N-NO<sub>3</sub>/dm<sup>3</sup>. Tak wysokie stężenie tego związku jest spowodowane nad-

miernym użyźnianiem gruntów ornych, niemożnością wykorzystania w całości tego składnika przez rośliny.

Kumulacja związków azotu w glebach prowadzi do ich przemieszczania w głąb profilu glebowego, co powoduje również zanieczyszczenie głębszych warstw wodonośnych. Należy pamiętać, że zanieczyszczenie wód gruntowych powyżej 50 mg N- NO<sub>3</sub>/l wyklucza ich wykorzystanie jako wody do picia [Rozporządzenie Ministra Środowiska... 2007].

Stężenia azotu amonowego w badanych próbach są bardzo różne (tab. 3). Najniższe wartości zaobserwowano w piezometrze XIV, wahające się od 0,01 mg N-NH<sub>4</sub>/dm<sup>3</sup> w próbce pobranej w czerwcu 2008 r. do 0,11 mg N-NH<sub>4</sub>/dm<sup>3</sup> w próbce pobranej miesiąc później. Mała wartość tego związku wynika prawdopodobnie z szybkiej przemiany do jonów NO<sub>3</sub><sup>-</sup>, co wyraża zwiększenie zawartości tego właśnie związku w tym punkcie. Największe wartości azotu amonowego natomiast odnotowano w piezometrach zlokalizowanych na glebach organicznych (od 0,43 mg N-NH<sub>4</sub>/dm<sup>3</sup> w próbce pobranej we wrześniu 2008 r. do 4,44 mg N-NH<sub>4</sub>/dm<sup>3</sup> w próbce kwietniowej z 2009 r. pobranej z piezometru I). Zgodnie z rozporządzeniem Ministra Środowiska w sprawie kryteriów i sposobu oceny stanu wód podziemnych [Rozporządzenie Ministra Środowiska... 2008], wody gruntowe pod względem zawartości azotu amonowego należą w przewadze do klasy III i IV.

**Tabela 3.** Zawartość azotu amonowego w wodach gruntowych [mg N-NH<sub>4</sub>/dm<sup>3</sup>]

**Table 3.** The content of ammonium nitrogen in ground water [mg NH<sub>4</sub>-N/dm<sup>3</sup>]

Piezometry	Czerwiec 2008 r.	Lipiec/sierpień 2008 r.	Wrzesień 2008 r.	Listopad 2008 r.	Kwiecień 2009 r.
I	1,60	2,31	0,43	0,51	4,44
II	0,95	–	–	–	0,56
III	2,51	–	–	–	0,24
IV	1,06	1,44	0,59	0,60	0,44
V	0,35	–	–	–	0,42
VI	–	–	–	–	–
VII	0,65	0,68	0,76	0,62	1,39
VIII	0,92	1,13	1,09	0,98	1,03
IX	1,22	–	1,46	1,31	0,32
X	–	–	–	–	1,14
XI	1,80	1,18	1,37	–	1,45
XII	0,89	0,79	0,82	0,76	0,71
XIII	–	–	–	–	–
XIV	0,01	0,11	0,09	0,05	0,05

**Źródło:** opracowanie własne.

Azot azotanowy (III) jest formą przejściową przemiany jonów azotu amonowego do jonów azotanowych (V) (tab. 4). Nawet niskie stężenia azotu azotanowego (III) są dla środowiska wodnego toksyczne [Hermanowicz 1999]. W badanych próbach najwyższe stężenia tego związku zaobserwowano w poborze czerwcowym we wszystkich piezometrach (od

0,001 mg N-NO<sub>2</sub>/dm<sup>3</sup> do 0,123 mg N-NO<sub>2</sub>/dm<sup>3</sup>), mimo to wodę gruntową można było zakwalifikować do I i II klasy jakości wód podziemnych. Duża koncentracja azotu azotanowego (III) nastąpiła w listopadzie w piezometrze XIV – 1,488 mg N-NO<sub>2</sub>/dm<sup>3</sup>, co powoduje, że w tym punkcie woda należy do V klasy jakości. Trudno jest wyjaśnić przyczynę takiego wysokiego stężenia azotu azotanowego (III). Ponieważ jednak w punkcie tym stężenie azotu azotanowego (V) jest również zwiększone, można przypuszczać, że jest to wynik nadmiernego nawożenia gruntów ornych związkami azotu i przenikaniem ich do wód gruntowych.

**Tabela 4.** Zawartość azotu azotanowego (III) w wodach gruntowych [mg N-NO<sub>2</sub>/dm<sup>3</sup>]

**Table 4.** The content of nitrate nitrogen (III) in ground water [mg N-NO<sub>2</sub>/dm<sup>3</sup>]

Piezometry	Czerwiec 2008 r.	Lipiec/sierpień 2008 r.	Wrzesień 2008 r.	Listopad 2008 r.	Kwiecień 2009 r.
I	0,038	0,038	0,012	0,063	0,017
II	0,043	–	–	–	0,032
III	0,044	–	–	–	0,007
IV	0,01	0,026	0,015	0,023	0,006
V	0,123	–	–	–	0,097
VI	–	–	–	–	–
VII	0,009	0,009	0,026	0,022	0,006
VIII	0,058	0,013	0,008	0,01	–
IX	0,001	–	0,013	0,014	0,031
X	–	–	–	–	0,005
XI	0,028	0,007	0,008	–	0,032
XII	0,118	0,099	0,101	0,11	0,112
XIII	–	–	–	–	–
XIV	0,002	0,04	0,009	1,488	0,013

**Źródło:** opracowanie własne.

**Zanieczyszczenie fosforem.** Kolejnym badanym wskaźnikiem zanieczyszczenia wód gruntowych jest fosfor. Związki fosforu, mimo że nie są szkodliwe dla zdrowia człowieka, są niepożądane w wodzie do picia, ponieważ sprzyjają rozwojowi mikroorganizmów. Obecność tych związków w wodzie przeznaczonej do spożycia budzi także obawy natury higieniczno-sanitarnej, zwłaszcza jeżeli występują wraz ze związkami azotowymi [Sieradzki 2005]. Największe stężenia fosforanów zaobserwowano w piezometrach ulokowanych na glebach organicznych (tab. 5). Maksymalne wartości stężeń tego związku wystąpiły w czerwcu i wrześniu 2008 r. (odpowiednio 6,04 mg P- PO<sub>4</sub>/dm<sup>3</sup> i 8,44 mg P- PO<sub>4</sub>/dm<sup>3</sup>), czyli w okresie poza sezonem wegetacyjnym roślin.

Ponieważ fosfor w przeciwieństwie do azotu jest mniej ruchliwy i w mniejszym stopniu przemieszcza się w glebie, ma możliwość kumulowania się po rozkładzie związków organicznych. Ogólnie wody badane w piezometrach można zaliczyć w tym wypadku do IV i V klasy jakości wody podziemnej.

**Tabela 5.** Zawartość fosforanów w wodach gruntowych [mg P-PO<sub>4</sub>/dm<sup>3</sup>]**Table 5.** The content of phosphates in ground water [mg P-PO<sub>4</sub>/dm<sup>3</sup>]

Piezometry	Czerwiec 2008 r.	Lipiec/sierpień 2008r.	Wrzesień 2008 r.	Listopad 2008 r.	Kwiecień 2009 r.
I	4,20	2,05	0,65	3,17	2,38
II	1,90	–	–	–	1,40
III	1,88	–	–	–	4,94
IV	1,56	1,47	8,44	3,50	3,08
V	1,35	–	–	–	1,57
VI	–	–	–	–	–
VII	6,04	2,04	2,20	1,08	0,74
VIII	4,24	1,48	1,24	1,74	3,09
IX	1,87	–	0,44	0,13	1,11
X	–	–	–	–	0,37
XI	3,14	4,06	0,47	–	0,76
XII	2,74	2,01	1,73	2,43	2,13
XIII	–	–	–	–	–
XIV	0,18	0,98	0,89	2,22	0,11

**Źródło:** opracowanie własne.

#### 4. PODSUMOWANIE

Wyniki prezentowanych badań wskazują, że stężenia badanych związków azotu i fosforu są bardzo zróżnicowane. Ich wielkość jest uzależniona od rodzaju użytków rolnych, rodzaju gleb oraz opadów atmosferycznych.

Największe stężenia związków fosforu można zaobserwować w piezometrach zainstalowanych na glebach organicznych, co wynika ze słabego ich przemieszczania w profilu glebowym i z rozkładu związków organicznych.

Większą koncentrację związków azotu jak i fosforu można zaobserwować w piezometrach ulokowanych z dala od koryta rzeki, co spowodowane jest niewielką wymianą wody, zwłaszcza w okresach z niewielką ilością opadów.

Zawartość azotu azotanowego (V), azotu azotanowego (III) i azotu amonowego w większości badanych prób nie przekracza I klasy jakości wód podziemnych.

#### PIŚMIENNICTWO

- HERMANOWICZ W., DOJLIDO J., DOŻAŃSKA W., KOZIOROWSKI B., ZERZE J. 1999. Fizyczno-chemiczne badanie wody i ścieków. Arkady, Warszawa: 88–89.
- LIPIŃSKI J. 2003. Drenowanie gleb mineralnych, a środowisko przyrodnicze, Wiadomości Melioracyjne i Łąkarskie 2: 74–76.

**Rozporządzenie Ministra Zdrowia z dnia 29 marca 2007 r. w sprawie jakości wody przeznaczonej do spożycia przez ludzi.** Dz.U. 2007 r. Nr 61, poz. 417.

**Rozporządzenie Ministra Środowiska z dnia 23 lipca 2008 r. w sprawie kryteriów i sposobu oceny stanu wód podziemnych.** Dz.U. 2008 r. Nr 143, poz. 896.

SAPEK B. 1995: Wymywanie azotanów oraz zakwaszenie gleby i wód gruntowych w aspekcie działalności rolniczej. IMUZ, Falenty: 5.

SAPEK B. 1996: Zeszyty edukacyjne 1/96. IMUZ, Falenty: 24.

SIERADZKI T. 2005. Wpływ wieloletniego nawożenia gnojówką bydlęcą pastwiska na jakość wody gruntowej, Woda-Środowisko-Obszary Wiejskie, Falenty, t.5, z. 1(13). IMUZ, : 77.