

Ilona Joanna ŚWITAJSKA<sup>1</sup> i Sławomir SZYMCZYK<sup>1</sup>

## WPŁYW WIERZBY UPRAWIANEJ NA CELE ENERGETYCZNE NA ZAWARTOŚĆ ZWIĄZKÓW AZOTU I FOSFORU W WODACH GRUNTOWYCH

### EFFECT OF THE WILLOW PLANTED TO ENERGY PURPOSES ON THE NITROGEN AND PHOSPHORUS COMPOUNDS IN GROUNDWATERS

**Abstrakt:** W okresie od stycznia do grudnia 2011 roku na terenie obiektu doświadczalnego UWM w Olsztynie, zlokalizowanego we wsi Samławki (ok. 80 km od Olsztyna), prowadzono badania nad dynamiką stężeń składników biogennych w wodach gruntowych pod plantacją wierzby krzewiastej (*Salix viminalis* L.), uprawianej na cele energetyczne, oraz na obiektach porównawczych. Wody gruntowe pobierano z sześciu piezometrów. Trzy z nich zainstalowano na plantacji wierzby: po jednym na wzniesieniu terenu, na stoku i w obniżeniu terenu oraz trzy w celach porównawczych umieszczono - na gruntach ornych (1 szt.) i dwa w lesie (po jednym na wierzchołku i w obniżeniu terenu). Wody gruntowe do analiz chemicznych pobierano raz w miesiącu i oznaczono w nich standardowymi metodami: azot azotanowy(V) (N-NO<sub>3</sub>), azot azotanowy(III) (N-NO<sub>2</sub>), azot amonowy (N-NH<sub>4</sub>), a także fosfor ogólny (P) i fosforanowy (P-PO<sub>4</sub>). Na podstawie przeprowadzonych badań stwierdzono, że na zawartość związków azotu i fosforu w wodach gruntowych znacząco wpływał sposób użytkowania terenu oraz jego ukształtowanie, a także warunki meteorologiczne, w tym przede wszystkim opady atmosferyczne, modyfikujące dostępność dla roślin i mobilność składników pokarmowych w środowisku glebowym. Ze względu na ochronę wód gruntowych przed zanieczyszczeniami związków fosforu zaleca się uprawę wierzby, która znacznie redukuje te związki.

**Słowa kluczowe:** wody gruntowe, azotany, azot amonowy, fosforany, fosfor, wierzba krzewiasta, uprawa energetyczna

Na obszarach użytkowanych rolniczo w wyniku obiegu wody z gleb wyprowadzane są znaczne ilości substancji biogennych. Czynniki, które kształtują tempo i ilość wymywanych składników, to zarówno ukształtowanie terenu, jak i warunki klimatyczne, hydrologiczne oraz glebowe, w tym głównie przepuszczalność gleb. Ponadto duże znaczenie ma zagospodarowanie terenu [1]. Główną rolę w transportowaniu związków biogennych odgrywa odpływ gruntowy [2] oraz spływ powierzchniowy i podpowierzchniowy [3]. Czas przemieszczania oraz stężenie związków w wodach gruntowych zależą od budowy geologicznej zlewni, w tym m.in. korytarzy fauny glebowej, spękań czy makroporów [4]. Na chemizm górnej strefy wód gruntowych znaczący wpływ ma również rzeźba terenu. Wody zalegające pod niewielkimi obniżeniami terenu wykazują znacznie mniejszą mineralizację, spowodowaną lepszym nawilżaniem takich stref [5]. Najbardziej na zanieczyszczenia, szczególnie pochodzące ze źródeł rolniczych i atmosferycznych, narażone są wody, które znajdują się w warstwie glebowej i podglebowej, zaś wody podziemne znacznie mniej [6].

Wobec poszukiwania nowych dróg ograniczenia ilości źródeł zanieczyszczeń, a jednocześnie zmniejszania antropopresji na środowisko, do których zalicza się chociażby emisję ditlenku węgla poprzez spalanie paliw kopalnych, należy uwzględnić odnawialne

<sup>1</sup> Katedra Melioracji i Kształtowania Środowiska, Uniwersytet Warmińsko-Mazurski w Olsztynie, pl. Łódzki 2, 10-719 Olsztyn, email: ilona.switajska@uwm.edu.pl, szymek@uwm.edu.pl

\*Praca była prezentowana podczas konferencji ECOpole'12, Zakopane, 10-13.10.2012

źródła energii. W tym przypadku jedną z alternatyw jest uprawa i pozyskiwanie biomasy na cele energetyczne, tj. paliwa do technicznego pozyskiwania energii [7]. Szacunkowy udział biomasy w gospodarce surowcowo-energetycznej zgodnie z prognozami w 2050 roku ma wzrosnąć do 17% [8].

Założeniem przeprowadzonych badań było określenie wpływu wierzby uprawianej na cele energetyczne na zmienność stężeń najważniejszych składników biogennych (azot i fosfor) w wodach gruntowych w odniesieniu do oddziaływania intensywnej uprawy rolniczej gleb oraz najmniej zantropogenizowanych obszarów leśnych.

### Metodyka

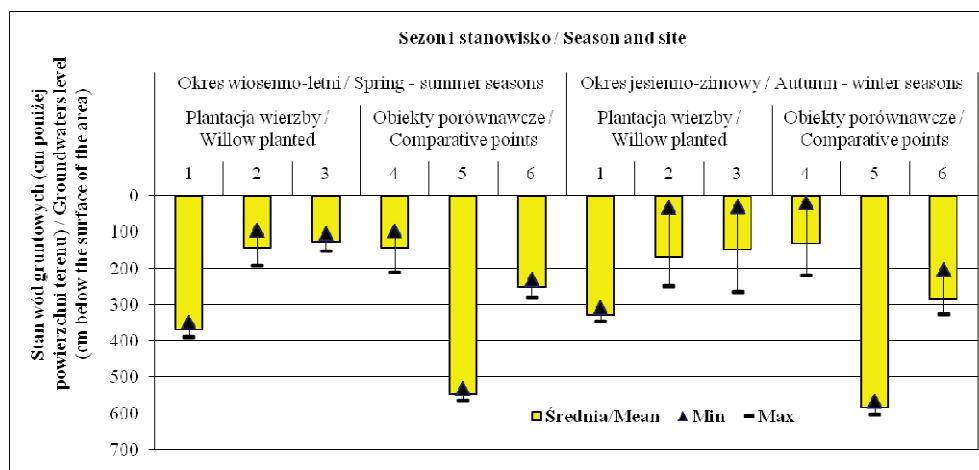
W 2011 roku w okresie od stycznia do grudnia przeprowadzono badania, mające na celu określenie dynamiki stężeń związków biogennych w wodach gruntowych na plantacji wierzby krzewiastej (*Salix viminalis* L.), uprawianej w systemie wieloletnim w celach energetycznych. Badania realizowano we wsi Samławki (ok. 80 km od Olsztyna) na terenie stanowiącym obiekt doświadczalny UWM w Olsztynie. Ich przedmiot stanowiły wody gruntowe, które pobierano systematycznie raz w miesiącu. Wody gruntowe do badań laboratoryjnych pobierano z sześciu piezometrów, trzy na plantacji wierzby i trzy na sąsiednich terenach, które potraktowano jako porównawcze. Ze względu na urozmaiconą rzeźbę terenu, reprezentatywną dla obszarów pojezierzy, na plantacji wierzby zainstalowano trzy piezometry: po jednym na wzniesieniu, stoku i w obniżeniu terenu oraz w celach porównawczych trzy piezometry umieszczono na sąsiednim terenie - jeden na gruntach ornych (najwyższy poziom antropopresji) i dwa w lesie (po jednym na wierzchołku i w obniżeniu terenu), reprezentującym obszar najmniej zantropogenizowany.

Wody gruntowe do analiz chemicznych pobrano raz w miesiącu i oznaczono w nich standardowymi metodami: azot azotanowy(V) ( $N-NO_3$ ), azot azotanowy(III) ( $N-NO_2$ ), azot amonowy ( $N-NH_4$ ), a także związki fosforu ogólnego ( $P_{og.}$ ) oraz fosforanów ( $P-PO_4$ ). W celu uwypuklenia roli szaty roślinnej w ograniczaniu poziomu zanieczyszczenia wód gruntowych składnikami biogennymi uzyskane wyniki badań opracowano dla dwóch okresów: wiosenno-letniego (marzec-sierpień) oraz jesienno-zimowego (styczeń-luty oraz wrzesień-grudzień).

### Wyniki i ich omówienie

Badania wykazały znaczący wpływ sposobu użytkowania terenu na dynamikę jakości wód gruntowych w szczególności pod względem zawartości analizowanych związków azotu i fosforu. W zależności od warunków meteorologicznych, a przede wszystkim od ilości opadów i temperatury powietrza modyfikującej intensywność parowania terenowego, poziom wód gruntowych wahał się od 127 cm poniżej powierzchni terenu w okresie wiosenno-letnim w punkcie pomiarowym na terenie obniżenia plantacji wierzby do 585 cm poniżej powierzchni terenu w okresie jesienno-zimowym w punkcie pomiarowym zlokalizowanym w lesie na wierzchołku (rys. 1). Jednakże na wierzchołku plantacji wierzby w przedwegetacyjnym okresie badań woda w piezometrze znajdowała się głębiej niż 390 cm poniżej powierzchni terenu, co uniemożliwiło jej pobór do analiz chemicznych.

Głębokość położenia wód gruntowych wpływała na dostępność wody dla roślin, zarówno na plantacji wierzby, polu uprawnym, jak i w lesie, ponadto była elementem decydującym w znacznym stopniu o składzie chemicznym wód gruntowych.



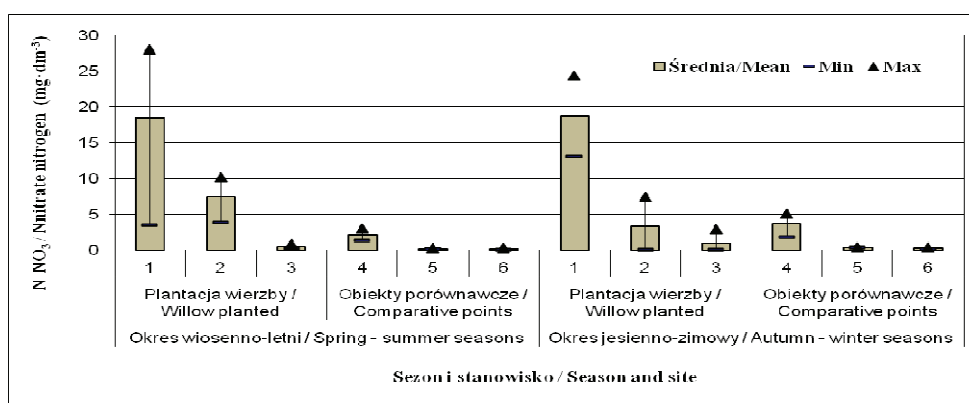
Oznaczenia/ Sign: 1 - Wierzchowina/ the elevation of land; 2 - Stok/ Slope; 3 - Obniżenie/ Depression of land; 4 - Grunt orny w sąsiedztwie wierzby/ Arable land located in the vicinity of the plantation; 5 - Las - wierzchowina/ Elevation of forest; 6 - Las - obniżenie/ Depression of forest

Rys. 1. Zmienność stanów wód gruntowych w okresie wiosenno-letnim i jesienno-zimowym w 2011 roku [cm poniżej powierzchni terenu]

Fig. 1. Changeability of groundwaters level in the spring-summer and autumn-winter period in 2011 [cm below the surface of the area]

Wśród oznaczanych stężeń w wodach gruntowych mineralnych związków azotu (N-NO<sub>3</sub>, N-NO<sub>2</sub> i N-NH<sub>4</sub>) dominowała forma N-NO<sub>3</sub> (rys. 2-4). Ich stężenia miały ścisły związek z poziomem położenia wód gruntowych zarówno na plantacji wierzby, jak i obiektach porównawczych, które z kolei były ściśle uzależnione od aktualnie panujących warunków atmosferycznych, a także od ukształtowania terenu i nasilenia wegetacji roślin. Wpływ głębokości położenia wód gruntowych na możliwość fitosorpcji azotu był szczególnie widoczny w przypadku N-NO<sub>3</sub> na plantacji wierzby, gdzie większe jego stężenia stwierdzano na wierzchowinie (średnio 18,553 mg · dm<sup>-3</sup>) i stoku (7,452 mg · dm<sup>-3</sup>) w okresie wiosenno-letnim, czyli w przypadku głęboko zalegającego poziomu wód gruntowych znajdujących się poza zasięgiem korzeni wierzby. Potwierdza to najmniejsze jego stężenie (średnio 0,431 mg · dm<sup>-3</sup>) w obniżeniu terenu (rys. 2). Należy tłumaczyć to dużą ruchliwością azotanów(V) w profilu glebowym, który może ulegać tylko fitosorpcji, zaś niepobrany azot migruje w głąb profilu wraz z wodą przez strefę areacji aż do jej stabilnego poziomu w gruncie. W okresie jesienno-zimowym tendencje zmian stężeń N-NO<sub>3</sub> w wodzie gruntowej z poszczególnych punktów badawczych szczególnie pod uprawą wierzby były zbliżone, chociaż w okresie jesienno-zimowym stwierdzono nieco mniejszą jego dynamikę, co było związane z mniejszą ruchliwością wody w profilu glebowym.

Stosunkowo wysokie stężenia azotanów(V) w wodach gruntowych pod plantacją wierzby na wierzchowinie i stoku (średnio  $2,123 \text{ mg} \cdot \text{dm}^{-3}$  w okresie wiosenno-letnim i  $3,711 \text{ mg} \cdot \text{dm}^{-3}$  w okresie jesienno-zimowym) należy wiązać z dużą zasobnością gleby wynikającą z wcześniejszej uprawy rolniczej. Potwierdzają to obniżające się stężenia azotanów(V) w wodach gruntowych, obserwowane na plantacji wierzby w kolejnych miesiącach okresu badawczego.

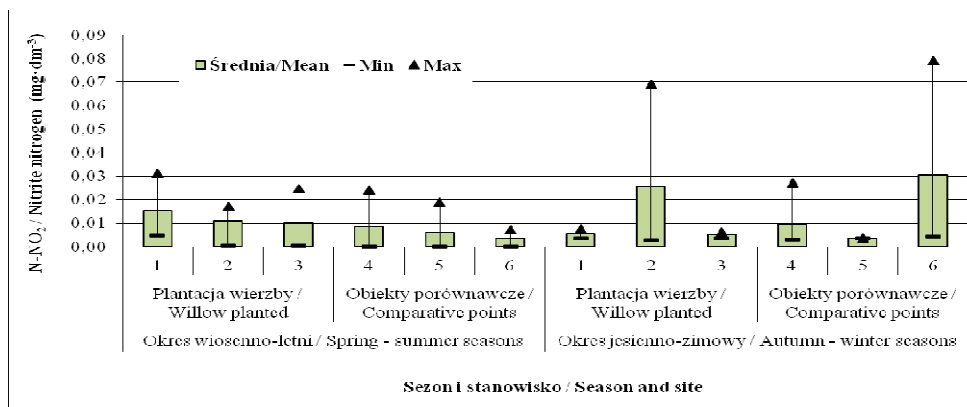


Oznaczenia/ Sign: 1 - Wierzchowina/ the elevation of land ; 2 - Stok/ Slope; 3 - Obniżenie/ Depression of land; 4 - Grunt orny w sąsiedztwie wierzby/ Arable land located in the vicinity of the plantation; 5 - Las - wierzchowina/ Elevation of forest; 6 - Las - obniżenie/ Depression of forest

Rys. 2. Stężenie azotu azotanowego(V) (N-NO<sub>3</sub>) w wodach gruntowych na plantacji wierzby i obiektach porównawczych [mg · dm<sup>-3</sup>]

Fig. 2. Nitrate nitrogen (N-NO<sub>3</sub>) concentrations [mg · dm<sup>-3</sup>] in groundwater on the area of the planted willow and comparative points

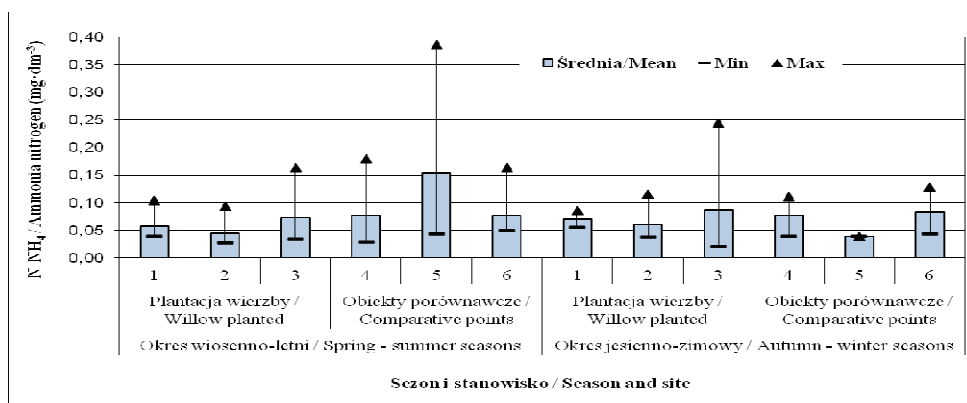
W porównaniu do N-NO<sub>3</sub> stężenie N-NO<sub>2</sub> szczególnie w sezonie wiosenno-letnim wykazywało się znacznie mniejszą zmiennością w stosunku do sezonu jesienno-zimowego (rys. 3). W sezonie wiosenno-letnim w wodach gruntowych pod plantacją wierzby stężenia N-NO<sub>2</sub> były nieco większe niż na obiektach porównawczych i wahały się średnio od  $0,0154 \text{ mg} \cdot \text{dm}^{-3}$  na wierzchowinie do  $0,0102 \text{ mg} \cdot \text{dm}^{-3}$  w obniżeniu terenu. Zaś najmniejsze stężenia były charakterystyczne dla lasu, gdzie w szczególności w obniżeniu terenu osiągnęły one  $0,0060 \text{ mg} \cdot \text{dm}^{-3}$ . W okresie jesienno-zimowym nastąpił znaczący wzrost stężenia azotu azotanowego(III) w wodach gruntowych na stoku plantacji wierzby (średnio  $0,0256 \text{ mg} \cdot \text{dm}^{-3}$ ) i w obniżeniu terenu lasu (średnio  $0,0307 \text{ mg} \cdot \text{dm}^{-3}$ ), co miało związek ze zwiększoną intensywnością wymywania tej formy azotu z gleb w warunkach okresowego spowolnienia procesu przemian związków azotu. Jednocześnie właśnie w tych punktach stwierdzono największe wahania poziomu wody, co mogło być przyczyną łatwiejszego wymywania z gruntu do wód azotanów znajdujących się w pierwszym etapie nityfikacji. W pozostałych punktach: plantacja wierzby - wierzchowina terenu i obniżenie oraz las - wierzchowina stwierdzono znaczący spadek stężeń N-NO<sub>2</sub> oraz niewielką ich zmienność.



Oznaczenia/ Sign: 1 - Wierchowina/ the elevation of land; 2 - Stok/ Slope; 3 - Obniżenie/ Depression of land;  
 4 - Grunt orny w sąsiedztwie wierzby/ Arable land located in the vicinity of the plantation;  
 5 - Las - wierchowina/ Elevation of forest; 6 - Las - obniżenie/ Depression of forest

Rys. 3. Stężenie azotu azotanowego(III) (N-NO<sub>2</sub>) w wodach gruntowych na plantacji wierzby i obiektach porównawczych [mg · dm<sup>-3</sup>]

Fig. 3. Nitrite nitrogen (N-NO<sub>2</sub>) concentrations [mg · dm<sup>-3</sup>] in groundwater on the area of the planted willow and comparative points



Oznaczenia/ Sign: 1 - Wierchowina/ the elevation of land; 2 - Stok/ Slope; 3 - Obniżenie/ Depression of land;  
 4 - Grunt orny w sąsiedztwie wierzby/ Arable land located in the vicinity of the plantation;  
 5 - Las - wierchowina/ Elevation of forest; 6 - Las - obniżenie/ Depression of forest

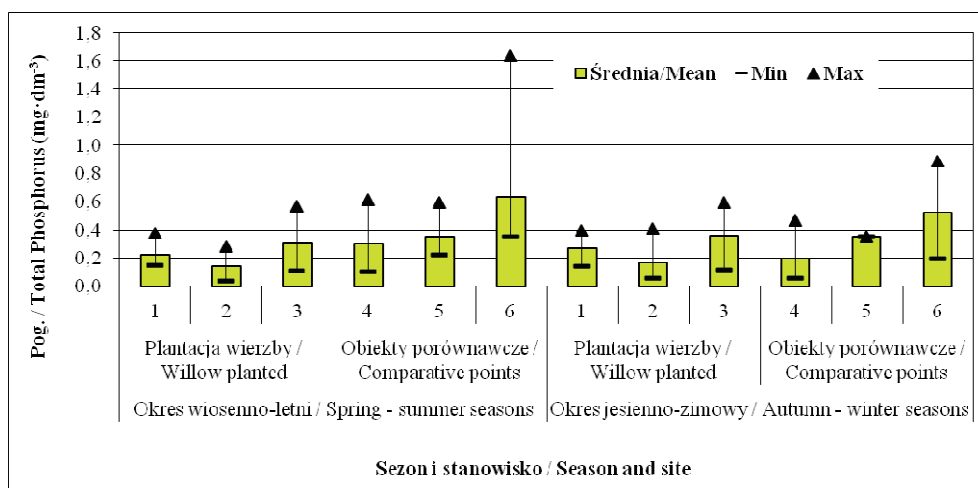
Rys. 4. Stężenie azotu amonowego (N-NH<sub>4</sub>) w wodach gruntowych na plantacji wierzby i obiektach porównawczych [mg · dm<sup>-3</sup>]

Fig. 4. Ammonia nitrogen (N-NH<sub>4</sub>) concentrations [mg · dm<sup>-3</sup>] in groundwater on the area of the planted willow and comparative points

W odróżnieniu od N-NO<sub>3</sub> i N-NO<sub>2</sub> największe stężenia azotu amonowego (N-NH<sub>4</sub>) w wodzie gruntowej, a jednocześnie jego największą dynamikę stwierdzono w okresie wiosenno-letnim (rys. 4) w punkcie zlokalizowanym w lesie na wierchowinie (średnio 0,154 mg · dm<sup>-3</sup>). Zależność ta ma związek ze znacznie większym zanieczyszczeniem związku

N-NH<sub>4</sub> w warunkach niskiego poziomu wód gruntowych i jego wahanie uzależnione jest od dostępności wody. Na plantacji wierzby najmniejsze stężenie N-NH<sub>4</sub> (średnio 0,045 mg · dm<sup>-3</sup>) stwierdzono w wodach gruntowych punktu położonego na stoku, zaś największe w obniżeniu terenu (średnio 0,072 mg · dm<sup>-3</sup>), co mogło być związane ze spowolnieniem przemian związków azotu w glebie mniej zasobnej w tlen w warunkach wyższego poziomu wód gruntowych. W okresie jesienno-zimowym w porównaniu do okresu wiosenno-letniego obserwowano przeciwstawne tendencje zmienności stężeń N-NH<sub>4</sub>. W wodach gruntowych pod uprawianą wierzby stwierdzono jego wzrost, zaś na obiektach porównawczych znaczący spadek.

Analizując zmienność stężenia fosforu ogólnego (rys. 4), jak również fosforanów (rys. 5) w badanych wodach gruntowych, stwierdzono nieco inną tendencję niż w przypadku omawianych związków azotu. Fosfor w glebie zasadniczo jest mało ruchliwy w środowisku glebowym, czyli stosunkowo wolno przechodzi do wód gruntowych. Pogląd ten potwierdzają uzyskane wyniki badań, które wskazują wyraźnie, że na obiektach, gdzie utrzymuje się wyższy poziom wód gruntowych (zarówno obniżenie terenu na plantacji wierzby, jak i w lesie), stężenia fosforu ogólnego są znacznie większe.



Oznaczenia/ Sign: 1 - Wierzchowina/ the elevation of land ; 2 - Stok/ Slope; 3 - Obniżenie/ Depression of land; 4 - Grunt orny w sąsiedztwie wierzby/ Arable land located in the vicinity of the plantation; 5 - Las - wierzchowina/ Elevation of forest; 6 - Las - obniżenie/ Depression of forest

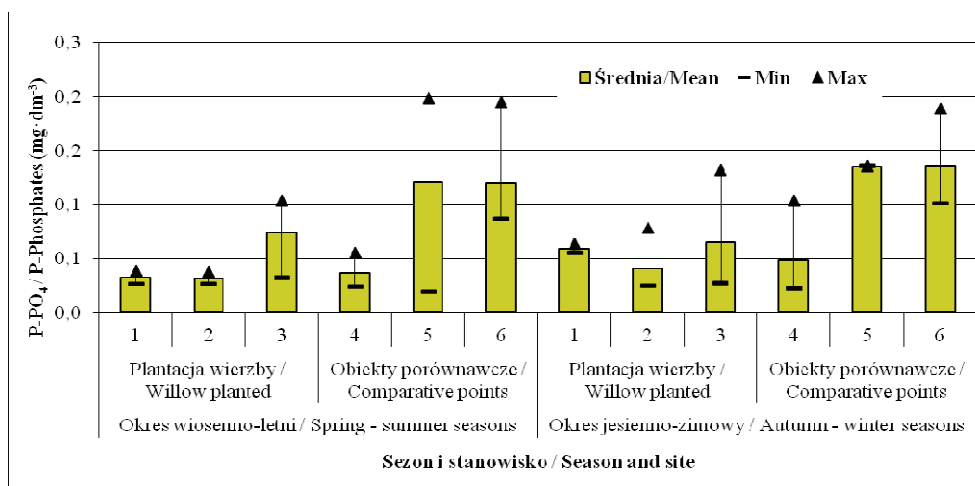
Rys. 5. Stężenie fosforu ogólnego (P<sub>og.</sub>) w wodach gruntowych na plantacji wierzby i obiektach porównawczych [mg · dm<sup>-3</sup>]

Fig. 5. Total phosphorus (P<sub>og.</sub>) concentrations [mg · dm<sup>-3</sup>] in groundwater on the area of the planted willow and comparative points

W badanych wodach gruntowych stężenie fosforu ogólnego zarówno w okresie wiosenno-letnim, jak i jesienno-zimowym wykazywało podobną tendencję. Najwyższe stężenia fosforu ogólnego na plantacji wierzby (średnio 0,304 mg · dm<sup>-3</sup> - okres wiosenno-letni; 0,359 mg · dm<sup>-3</sup> - okres jesienno-zimowy) odnotowano w obniżeniu terenu, gdzie poziom wód gruntowych był znacznie wyższy. Zapewne związane było to z powolną,

ale ciągłą jego migracją wraz z wodami spływającymi z wierzchowy ku obniżeniu terenu. Najmniejsze jego stężenia stwierdzono w wodzie gruntowej na stoku (średnio  $0,142 \text{ mg} \cdot \text{dm}^{-3}$  - okres wiosenno-letni;  $0,168 \text{ mg} \cdot \text{dm}^{-3}$  - okres jesienno-zimowy). Spośród obiektów porównawczych największe stężenia fosforu w wodach gruntowych w obydwu okresach stwierdzono w lesie zarówno na wierzchowie, jak i obniżeniu terenu, co może wiązać się z mniejszym wykorzystaniem fosforu przez rośliny leśne w stosunku do wierzby (średnio  $0,350 \text{ mg} \cdot \text{dm}^{-3}$  na wierzchowie i  $0,633 \text{ mg} \cdot \text{dm}^{-3}$  w obniżeniu - okres wiosenno-letni oraz  $0,350 \text{ mg} \cdot \text{dm}^{-3}$  na wierzchowie i  $0,527 \text{ mg} \cdot \text{dm}^{-3}$  w obniżeniu - okres jesienno-zimowy). W okresie jesienno-zimowym zawartość fosforu ogólnego we wszystkich wodach gruntowych wybranych punktów pomiarowych wzrosła, co ma zapewne związek z ograniczeniem fitynsorpcji jego form przyswajalnych.

W badanych wodach gruntowych stężenie fosforanów (rys. 6) było silnie powiązane z zawartością jego formy ogólnej, ale w znacznej mierze uzależnione od opadów atmosferycznych oraz stanu wód gruntowych. Najwyższe stężenia fosforanów zaobserwowano, podobnie jak w przypadku fosforu ogólnego, w wodach gruntowych lasu (średnio od  $0,120 \text{ mg} \cdot \text{dm}^{-3}$  dla okresu wiosenno-letniego do  $0,136 \text{ mg} \cdot \text{dm}^{-3}$  dla okresu jesienno-zimowego). Najwyższe zawartości fosforanów ( $\text{P-PO}_4$ ) na plantacji wierzby zaobserwowano w wodach gruntów punktu położonego w obniżeniu terenu, co zapewne miało związek z wypłukiwaniem z gleby tych związków wobec zwiększonego poziomu wód gruntowych (średnio  $0,074 \text{ mg} \cdot \text{dm}^{-3}$  w okresie wiosenno-letnim).



Oznaczenia/ Sign: 1 - Wierzchovina/ the elevation of land ; 2 - Stok/ Slope; 3 - Obniżenie/ Depression of land;  
 4 - Grunt orny w sąsiedztwie wierzby/ Arable land located in the vicinity of the plantation;  
 5 - Las - wierzchovina/ Elevation of forest; 6 - Las - obniżenie/ Depression of forest

Rys. 6. Stężenie fosforanów ( $\text{P-PO}_4$ ) w wodach gruntowych na plantacji wierzby i obiektach porównawczych [ $\text{mg} \cdot \text{dm}^{-3}$ ]

Fig. 6. Phosphates ( $\text{P-PO}_4$ ) concentrations [ $\text{mg} \cdot \text{dm}^{-3}$ ] in groundwater on the area of the planted willow and comparative points



Niskie zawartości fosforanów w wodach gruntowych pod plantacją wierzby szczególnie w stosunku do wód gruntowych z lasu w okresie wegetacyjnym (średnio  $0,032 \text{ mg} \cdot \text{dm}^{-3}$  na wierzchowinie i stoku - okres wiosenno-letni do  $0,059$  na wierzchowinie i stoku  $0,049 \text{ mg} \cdot \text{dm}^{-3}$  w okresie jesienno-zimowym) wskazują na duże zapotrzebowanie wierzby na fosfor, a tym samym można przypuszczać, iż wieloletnia uprawa wierzby może sprzyjać ograniczeniu odpływu fosforu z terenów użytkowanych rolniczo, nawet bardziej niż zbiorowiska leśne, ale jednocześnie będzie prowadzić do znacznego zubożenia gleby w przyswajalny fosfor. To kolei może wiązać się z koniecznością stosowania wysokiego nawożenia fosforem podczas przywracania gleb do ponownego użytkowania rolniczego.

### Wnioski

1. Poziom obciążenia wód gruntowych mineralnymi związkami azotu oraz fosforu pod plantacją wierzby oraz na obiektach porównawczych był uzależniony od ukształtowania terenu, sposobu użytkowania, warunków dostępności wody dla roślin i meteorologicznych sprzyjających ich fitosorpcji bądź wymywaniu z gleby.
2. Stwierdzono, że szczególnie uzależnione od poziomu położenia wód gruntowych było stężenie azotanów(V). Największe ich stężenia wystąpiły w głęboko położonych wodach gruntowych na wierzchowinie i na stoku pod plantacją wierzby. Wynikało to głównie z ograniczenia dostępności wody dla roślin, a jednocześnie zmniejszenia możliwości pobrania bardzo mobilnego w środowisku glebowym N-NO<sub>3</sub>.
3. Największe stężenia fosforu ogólnego oraz fosforanów w wodach gruntowych na stanowiskach wierzby w obniżeniu terenu oraz lesie (obniżenie) sugeruje, że utrzymywanie wyższego poziomu wód gruntowych zwiększa zawartości tych związków.
4. Stwierdzenie najmniejszych stężeń związków fosforu w wodach gruntowych na plantacji wierzby w stosunku do wód gruntowych pod gruntami ornymi i lasem wskazuje na znaczne potencjalne możliwości uprawy wierzby na cele energetyczne w ograniczaniu rozproszenia fosforu w środowisku, co w efekcie będzie sprzyjało zmniejszeniu tempa eutrofizacji lokalnych wód powierzchniowych.

### Podziękowania

Badania realizowano w ramach projektu badawczego NCBiR nr SP.E/4/65786/10 / The research was a part of a research Project NCBiR nr SP.E/4/65786/10.

### Literatura

- [1] Koc J, Szymczyk S, Cymes I. Zesz Probl Post Nauk Roln. 2003;Z493:395-400.
- [2] Haag D, Kaupenjohann M. Agriculture, Ecosystems and Environ. 2001;86:1-21.
- [3] Banaszuk P. Wodna migracja składników rozpuszczonych do wód powierzchniowych w zlewni górnej Narwi. Białystok: Wyd Pol Bia; 2007; 182.
- [4] Weiler M, Maef F. Hydrological Processes. 2003;17(2):477-493.
- [5] Macioszczyk A, Dobrzyński D. Hydrogeochemia strefy aktywnej wymiany wód podziemnych. Warszawa: Wyd Nauk PWN; 2002; 448.
- [6] Maciak F. Ochrona i rekultywacja środowiska. Wyd. 2. Warszawa: Wyd SGGW; 1999.
- [7] Sapek A, Sapek B. Informator ITP. 2012;04-06:81-83.
- [8] Warowny W. Gaz, Woda i Technika Sanitarna. 2010;12:2-6.



## THE EFFECT OF THE WILLOW PLANTED TO ENERGY PURPOSES ON THE NITROGEN AND PHOSPHORUS COMPOUNDS IN GROUNDWATERS

Department of Land Reclamation and Environmental Management  
University of Warmia and Mazury in Olsztyn

**Abstract:** In the period from January to December 2011 in the area of the experimental object University of Warmia and Mazury in Olsztyn, located in the village Samławki (about 80 km from Olsztyn distance) the research was concerned of nutrients compounds on dynamics concentrations in groundwaters on the long-term plantation of the willow (*Salix viminalis* L.) and comparative points. Groundwaters were being taken up from 6 piezometers. Three of them were installed on the area of the planted willow: the elevation of land (1 piece), slope (1 piece), the depression of land (1 piece). The three comparative points was installed in the forest (2 pieces - elevation and depression of forest) and on the arable land (1 piece) located in the vicinity of the plantation. Groundwaters for chemical analyses have been taken up once a month to determine with standard methods: the nitrate nitrogen (N-NO<sub>3</sub>), nitrite nitrogen (N-NO<sub>2</sub>) ammonia nitrogen (N-NH<sub>4</sub>), as well as compounds of total phosphorus (P) and of phosphates (P-PO<sub>4</sub>). As a result of examinations carried out, it was found that nitrate, nitrite and ammonia nitrogen, total phosphorus and phosphates concentration in groundwaters was affected the method of agricultural use, land form and meteorological conditions especially precipitations which modified the availability for plants and of nutrients in the soil environment. The willow plantation (*Salix viminalis* L.) as form excluded from agricultural use proved to be the most effective method of protecting groundwaters before total phosphorus.

**Keywords:** groundwater, nitrate nitrogen, nitrite nitrogen, ammonia nitrogen, phosphates, phosphorus, *Salix viminalis* (willow), energy cultivation