

## WPŁYW UPRAWY WIERZBY NA CELE ENERGETYCZNE NA JAKOŚĆ WÓD GRUNTOWYCH

### INFLUENCE OF THE CULTIVATION OF THE WILLOW ON ENERGY PURPOSES TO THE QUALITY OF GROUNDWATERS

**Abstrakt.** Celem przeprowadzonych badań było określenie wpływu wieloletniej uprawy wierzby krzewiastej (*Salix viminalis* L.) w celach energetycznych na zmiany właściwości fizyko-chemiczne wód gruntowych pod plantacją z uwzględnieniem sezonu wegetacyjnego i poza wegetacyjnego. Bezpośrednio w terenie zmierzono stany gruntowych i sondą wieloparametryczną oznaczono ich: odczyn, temperaturę, zasolenie, sumę substancji rozpuszczonych (TDS) i przewodnictwo. Na właściwości fizykochemiczne (pH, temperatura, przewodnictwo, TDS, zasolenie) największy wpływ wywiera sposób zagospodarowania terenu, jego ukształtowanie oraz warunki meteorologiczne. Modyfikują one intensywność gruntowego przemieszczania wód. Wykazano również, że w zbliżonych warunkach położenia wód gruntowych uprawa wierzby na cele energetyczne, w porównaniu do użytkowania ornego gleb sprzyja obniżeniu zanieczyszczenia wód gruntowych substancjami rozpuszczonymi (TDS) oraz obniża ich zasolenie.

**Słowa kluczowe:** *wierzba krzewiasta, wody gruntowe, sezon wegetacyjny i poza wegetacyjny, jakość wód gruntowych*

**Summary.** Determining the income of the long-term cultivation of the shrub willow was an aim of conducted examinations (*Salix viminalis* L.) in energy purposes for changes of the physical and chemical property in groundwaters beneath the plantation including the vegetative season and pose vegetative season. Directly in the field states were measured a level of waters and many parameters probe was being measured: reaction pH, temperature, salinity, total dissolved solids (TDS) and electric conductivity. For physicochemical properties (reaction pH, temperature, salinity, TDS and electric conductivity) are exerting the large impact the manner of the land developement, moulding him and meteorological conditions modifying intensity of ground transferring waters. They stated, that in conditions moved close of putting groundwaters the cultivation of the willow to energy purposes, in comparing to the arable use the soil is in favour for lowering polluting groundwaters with dissolved substances (TDS) and salting them is lowering.

**Key words:** *willow (*Salix viminalis*), groundwater, vegetative and growth-external season, quality of groundwaters*

## WSTĘP

W ostatnich latach obserwuje się wzrost zainteresowania uprawą wierzby na cele energetyczne. Wynika to głównie z potrzeby ochrony środowiska poprzez wykorzystanie energii ze źródeł odnawialnych, zwiększenia możliwości produkcyjnych rolnictwa [Faber 2001; Stolarski 2004], a także ze względów ekonomicznych – pozyskanie tańszej energii niż z dotychczasowych używanych surowców energetycznych [Kaniuczak i in. 2005]. Uprawa wierzby na glebach czasowo wyłączonych z produkcji rolniczej daje możliwość wykorzystywania gruntów organicznych oraz mineralnych, które są nie wykorzystywane [Marks i in. 2000; Szczukowski i in. 2000]. Ponadto wskazuje się na możliwości wykorzystania gleb nadmiernie uwilgotnionych oraz o niskiej wartości rolniczej [Kaniuczak i in. 2001]. W celu uzyskania wysokiej produktywności uprawa wierzby na cele energetyczne w ujęciu skali przemysłowej wymaga określenia warunków siedliskowych, w tym warunków wodnych w glebach przeznaczonych pod plantacje. Dlatego też, istotne jest wskazanie nie tylko gatunków, których genotypy charakteryzować się będą dużą tolerancją na warunki środowiska oraz odpornością na szkodniki i patogeny [Błażej i Czerniakowski 2005], ale również wpływu jej uprawy na przekształcenia w środowisku glebowym i jakość wód gruntowych.

Celem pracy jest ocena wpływu uprawy wierzby energetycznej na jakość wód gruntowych za pomocą określenia ich właściwości fizykochemicznych (pH, temperatura, przewodnictwo, TDS, zasolenie).

## MATERIAŁ I METODY

Badania nad wpływem uprawy wierzby krzewiastej (*Salix viminalis* L.) na właściwości fizyczno-chemiczne wód gruntowych realizowano w okresie od stycznia 2011 roku do grudnia 2012 roku na terenie Stacji Dydaktyczno-Badawczej UWM w Olsztynie z siedzibą w Łężanach – obiekt Samławki, położonej w województwie warmińsko-mazurskim, w odległości ok. 80 km od Olsztyna. Ze względu na zmienne ukształtowanie terenów pojeziernych, na obszarze plantacji wierzby punkty badawcze (trzy piezometry) umieszczono na: wzniesieniu (1 szt.), stoku (1 szt.) oraz w obniżeniu terenu (1 szt.). W celach porównawczych, w pobliżu uprawy wierzby umieszczono również trzy piezometry: je-

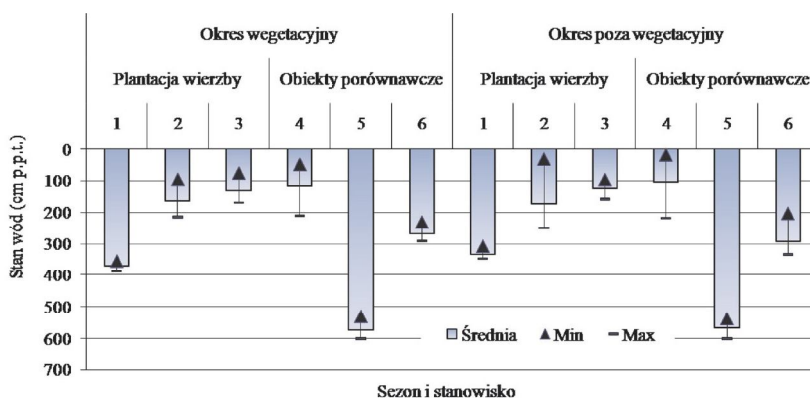
den na gruncie ornym sąsiadującym z plantacją oraz dwa w pobliskim lesie (po jednym na wierzchowinie i w obniżeniu terenu).

Badania wykonywano systematycznie, raz w miesiącu. Każdorazowo gwizdkiem hydrologicznym określano głębokość położenia wód gruntowych (stany wód), a następnie, po pobraniu pompką zanurzeniową GIGANT, bezpośrednio w terenie, sondą YSI 556 oznaczono ich: pH, temperaturę, zasolenie, suma substancji rozpuszczonych (TDS) oraz przewodnictwo. Wyniki badań omówiono z uwzględnieniem dwóch charakterystycznych przedziałów czasowych, czyli okresy wegetacyjny (IV-IX) i poza wegetacyjny (X-III).

## **WYNIKI I DYSKUSJA**

Położenie zwierciadła wód gruntowych w okresie wegetacyjnym i poza wegetacyjnym w poszczególnych punktach pomiarowych kształtował się na wyrównanym poziomie. Głębokość położenia wód gruntowych, zarówno na plantacji wierzby, jak i na obiektach porównawczych była silnie uzależniona od ukształtowania terenu, nasilenia procesu wegetacji (intensywność parowania) oraz aktualnie panujących warunków atmosferycznych (rys.1). Na plantacji wierzby w sezonie wegetacyjnym poziom wód wahał się średnio od 130 cm poniżej powierzchni terenu (p.p.t.) w obniżeniu terenu do 372 cm p.p.t. na wierzchowinie. W sezonie poza wegetacyjnym, czyli w warunkach przewagi opadów nad parowaniem, stwierdzono nieco wyższy poziom wód gruntowych w stosunku do okresu wegetacyjnego. Wynosił on średnio 124 cm p.p.t. w obniżeniu terenu i 334 cm p.p.t. na wierzchowinie. Odwrotną tendencję obserwowano na stoku, gdzie w okresie od października do marca, w stosunku do okresu kwiecień-wrzesień nastąpił spadek poziomu wód, średnio o 10 cm. Jednocześnie na stoku, w porównaniu do wzniesienia i obniżenia terenu, wystąpiły największe wahania poziomu wód gruntowych: od 31 cm w styczniu 2011 roku do 250 cm w listopadzie i grudniu 2011 roku. Mogło to być spowodowane dużą przewagą parowania nad opadami w sezonie wegetacyjnym 2011 roku oraz odpływem gruntowym wód zgodnie ze spadkiem do obniżenia terenu. Powstały w tym okresie znaczny ubytek wód gruntowych, zauważalny szczególnie na stoku, został pokryty dopiero w okresie wiosennym następnego roku. Wówczas zaobserwowano znaczące podnoszenie się stanów głównie na stoku.

Spośród obiektów porównawczych w sezonie wegetacyjnym największe wahania wód gruntowych stwierdzono na gruntach ornych (od 48 cm p.p.t. w lipcu 2012 roku, do 211 cm p.p.t. w sierpniu 2011 roku). Związane było to z intensywnym parowaniem i mniejszymi opadami w sezonie wegetacyjnym 2011, w porównaniu do 2012 roku. Jednak ze względu na charakter użytkowania terenu, czyli krótszy okres wegetacji niż w lesie, czy też na plantacji wierzby, najniżej zwierciadło wód gruntowych utrzymywało się pod gruntem – średnio 116 cm p.p.t. w okresie wegetacyjnym oraz 105 cm p.p.t. w okresie poza wegetacyjnym.

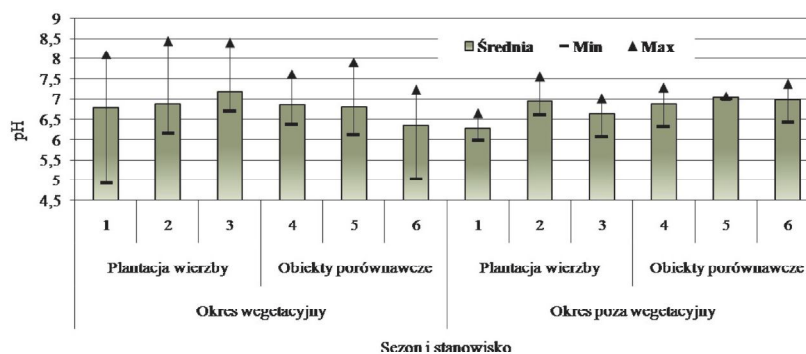


Oznaczenia: 1 - Wierzchowina; 2 - Stok; 3 - Obniżenie; 4 - Grunt orny w sąsiedztwie wierzby; 5 - Las – wierzchowina; 6 - Las – obniżenie

Rys. 1. Zmienność stanów wód gruntowych na plantacji wierzby i obiektach porównawczych w okresie wegetacyjnym i poza wegetacyjnym w latach 2011–2012.

Bezwzględnie najniższy poziom wód gruntowych stwierdzono w lesie na wzniesieniu (średnio 574 p.p.t. – sezon wegetacyjny i 568 cm p.p.t. – sezon poza wegetacyjnym). Było to związane zarówno z ukształtowaniem terenu (odpływ gruntowy), jak i intensywnym zużyciem wód opadowych w sezonie wegetacyjnym.

Największe wahania wartości pH stwierdzono w okresie wegetacyjnym (rys. 2) w wodach gruntowych pod uprawą wierzby krzewiastej na wierzchowinie (od pH 4,92 w kwietniu 2012 roku do 8,1 w czerwcu 2011 roku).



Oznaczenia: 1 - Wierzchowina; 2 - Stok; 3 - Obniżenie; 4 - Grunt orny w sąsiedztwie wierzby; 5 - Las – wierzchowina; 6 - Las – obniżenie

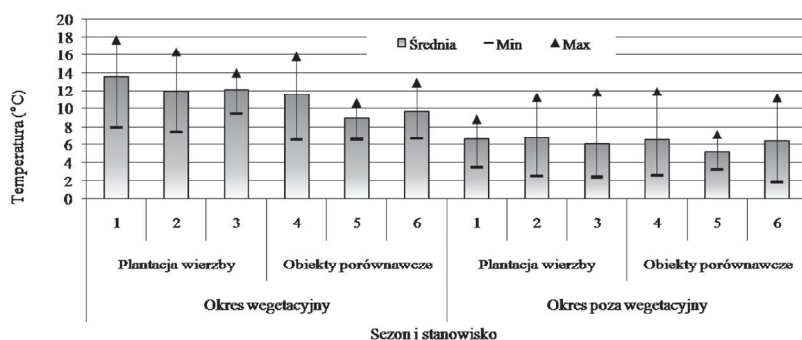
Rys. 2. Zmienność pH w wodach gruntowych na plantacji wierzby i obiektach porównawczych w okresie wegetacyjnym i poza wegetacyjnym w latach 2011–2012.

Wody gruntowe na plantacji wierzby krzewiastej miały pH średnio od 6,79 (wierzchowina) do 7,17 (obniżenie terenu). Najmniejsze średnie pH w okresie wegetacyjnym stwierdzono w obniżeniu terenu w lesie (średnio 6,35).

Temperatura płytkich wód gruntowych może podlegać pewnym wahaniom nawet w cyklu dobowym. Jej zmienność zależy przede wszystkim od odległości od powierzchni terenu oraz właściwości fizycznych gruntu. Największe wahania temperatury wody gruntowej wystąpiły na plantacji wierzby na wierzchowinie w okresie wegetacyjnym oraz na stoku i w obniżeniu w okresie poza wegetacyjnym (rys. 3). Było to silnie związane z aktualnie panującymi warunkami meteorologicznymi, ale również wynikało to z głębokości położenia wód gruntowych oraz stopnia zacielenia gleby w sezonie wegetacyjnym.

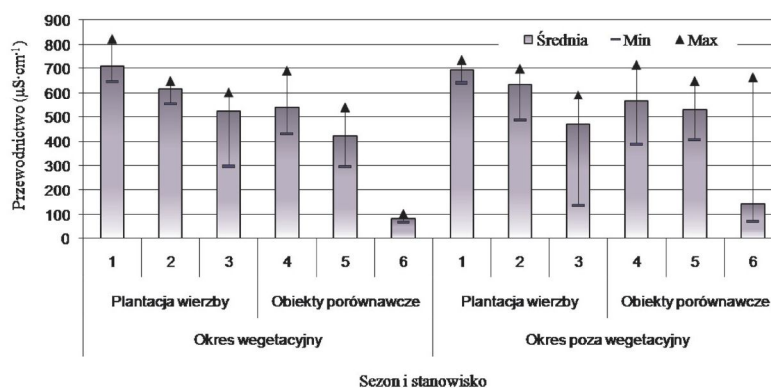
W analizowanym okresie wegetacyjnym na obszarze uprawy wierzby wartości przewodnictwa elektrolitycznego wahały się średnio w zakresie od 522 (obniżenie) do 708  $\mu\text{S}\cdot\text{cm}^{-1}$  (wierzchowina). Dla obiektów porównawczych był to zakres od 84 (obniżenie terenu w lesie) do 498  $\mu\text{S}\cdot\text{cm}^{-1}$  (grunt orny) (rys. 4). Taka zależność była spowodowana sposobem zagospodarowania terenu i głębokością zalegania wód gruntowych. Wysokie wartości przewodnictwa w wodach gruntowych pod plantacją wierzby na wierzchowinie były związane z utrzymującym się niskim

zwierciadłem wody gruntowej, co powodowało małą bioakumulację zawartych w nich składników. Przypuszczenie to potwierdza wykazanie znacznie mniejszej przewodności elektrolitycznej w wodzie gruntowej w obniżeniu terenu, zarówno pod plantacją wierzby, jak i w lesie (czyli na obszarach, gdzie dostępność wody dla roślin była większa).



Oznaczenia: 1 – Wierzchowina; 2 – Stok; 3 – Obniżenie; 4 – Grunt orny w sąsiedztwie wierzby; 5 – Las – wierzchowina; 6 – Las – obniżenie

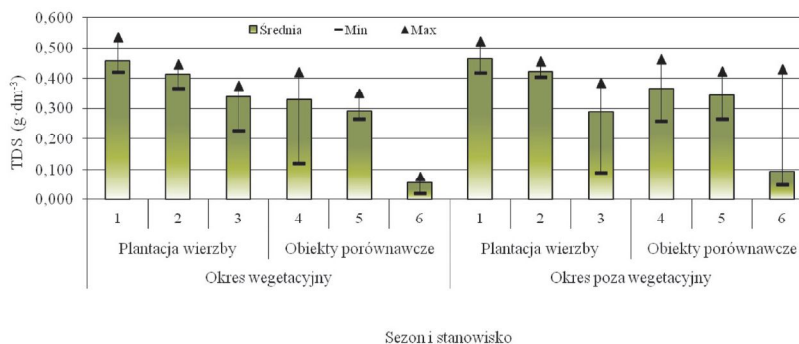
Rys. 3. Zmienność temperatury w wodach gruntowych na plantacji wierzby i obiektach porównawczych w okresie wegetacyjnym i poza wegetacyjnym w latach 2011–2012.



Oznaczenia: 1 – Wierzchowina; 2 – Stok; 3 – Obniżenie; 4 – Grunt orny w sąsiedztwie wierzby; 5 – Las – wierzchowina; 6 – Las – obniżenie

Rys. 4. Zmienność przewodnictwa elektrolitycznego wód gruntowych na plantacji wierzby i obiektach porównawczych w okresie wegetacyjnym i poza wegetacyjnym w latach 2011–2012.

Zawartość w badanych wodach gruntowych substancji rozpuszczonych (TDS – rys. 5) oraz soli mineralnych (zasolenie – rys. 6) podlegały zbliżonym tendencjom. Ich stężenia były powiązane z dostępnością wody dla roślin. Im była ona większa (wyższe stany wód gruntowych), tym mniejsze były ich stężenia. Stąd najmniejsze wartości TDS i zasolenia stwierdzano w wodach gruntowych w obniżeniu terenu (zarówno pod plantacją wierzby jak i pod lasem). Mogło to być również związane z faktem, że w obniżeniach terenowych na plantacji wierzby i w lesie, ze względu na bujniejszą roślinność i dopływ z terenu wyżej położonego, utwory glebowe mogą mieć więcej frakcji, a w efekcie większą sorpcję glebową. Bardzo małe, odbiegające od pozostałych, wartości TDS i zasolenia wystąpiły w wodzie gruntowej w obniżeniu terenu w lesie (średnio 0,053 w okresie wegetacyjnym i 0,094 g·dm<sup>-3</sup> w okresie poza wegetacyjnym). Stwierdzono również, że w zbliżonych warunkach dostępności wody, mierzonych położeniem wód gruntowych, nieco większe obciążenie wód gruntowych substancjami rozpuszczonymi (TDS i zasolenie) charakteryzowały się wody pod gruntami ornymi. Było to bardziej zauważalne w sezonie poza wegetacyjnym, a mogło wynikać zarówno z większej zasobności gleb w składniki pokarmowe (nawożenie mineralne) oraz z uprawy płużnej rozluźniającej wierzchnią warstwę gleby, co ułatwiało wymywanie składników w głąb profilu glebowego.



Oznaczenia: 1 – Wierzchowina; 2 – Stok; 3 – Obniżenie; 4 – Grunt orny w sąsiedztwie wierzby; 5 – Las – wierzchowina; 6 – Las – obniżenie

Rys. 5. Zmienność stężenia substancji rozpuszczonych (TDS) w wodach gruntowych na plantacji wierzby i obiektach porównawczych w okresie wegetacyjnym i poza wegetacyjnym w latach 2011–2012.



Oznaczenia: 1 – Wierzchowina; 2 – Stok; 3 – Obniżenie; 4 – Grunt orny w sąsiedztwie wierzby; 5 – Las – wierzchowina; 6 – Las – obniżenie

Rys. 6. Zmienność zasolenia w wodach gruntowych na plantacji wierzby i obiektach porównawczych w okresie wegetacyjnym i poza wegetacyjnym w latach 2011–2012.

## WNIOSKI

1. Na obszarze uprawy głębokość położenia oraz dynamika poziomu wód gruntowych jest ściśle uzależniona od konfiguracji, sposobu zagospodarowania terenu oraz od warunków meteorologicznych (opady i temperatura powietrza) wpływających na zasoby płytkich wód gruntowych i intensywność ewapotranspiracji.

2. Na jakość wód gruntowych największy wpływ wywarł sposób zagospodarowania terenu, jego ukształtowanie oraz warunki meteorologiczne. Modyfikują one intensywność gruntowego przemieszczania wód, a wraz z nimi substancji rozpuszczonych oraz dostępność wody dla roślin decydującej o możliwości bioakumulacji składników pokarmowych.

3. W porównywalnych warunkach głębokości położenia wód gruntowych uprawa wierzby na cele energetyczne, w porównaniu do użytkowania ornego gleb sprzyja obniżeniu zanieczyszczenia wód gruntowych substancjami rozpuszczonymi (TDS) (maksymalnie od 0,420 na gruntach ornych do 0,375 w obniżeniu terenu na plantacji wierzby) oraz obniża ich zasolenie (maksymalnie od 0,34 na gruntach ornych do 0,29 w obniżeniu terenu na plantacji wierzby), co poprawia jakość wód gruntowych.



## BIBLIOGRAFIA

- 1. Błażej J., Czerniakowski Z. W.** 2005. Choroby i szkodniki w uprawie wierzby energetycznej. W: Wybrane Aspekty Zagospodarowania Odpadów Organicznych A Produkcja Biomasy Wierzby Energetycznej. Uniwersytet Rzeszowski, Politechnika Rzeszowska: 210-214.
- 2. Faber A.** 2001. Emisja gazów cieplarnianych oraz retencjonowanie węgla przez rolnictwo. *Fragm. Agron.* 4 (72): 102-117.
- 3. Kaniuczak J., Błażej J., Gąsior J., Gierlicki P.** 2001. Zawartość makroelementów w różnych klonach wikliny uprawianej na glebie piaszczystej. *Acta Agroph.* 48: 63-68.
- 4. Kaniuczak J., Błażej J., Jasiński T., Niemiec W., Puchalski Cz.** 2005. Wartość energetyczna jednorocznych pędów wierzby energetycznej uprawianej na agromeliorowanej glebie piaszczystej. W: Wybrane Aspekty Zagospodarowania Odpadów Organicznych A Produkcja Biomasy Wierzby Energetycznej. Uniwersytet Rzeszowski, Politechnika Rzeszowska: 191-200.
- 5. Marks M., Nowicki J., Szwejkowski Z.** 2000. Odłogi i ugory w Polsce. Cz.II. Sposoby zagospodarowania. *Fragm. Agron.* I (65): 21-34.
- 6. Stolarski M.** 2004. Mat. Konf. Polowe plantacje wierzby krzewiastej z przeznaczeniem na cele energetyczne. Możliwości energetycznego wykorzystania biomasy w warunkach województwa Podkarpackiego. WODR Boguchwała 18-19 marzec: 63-69.
- 7. Szczukowski S., Tworkowski J., Marks M.** 2000. Biomasa krzewiastych wierzby (*Salix sp.*) w kształtowaniu i ochronie środowiska. *Post. Nauk. Rol.* 4: 19-23.

**Adres do korespondencji:**

dr hab. inż. Sławomir Szymczyk  
e-mail: szymek@uwm.edu.pl

mgr inż. Ilona Świtajska  
e-mail: ilona.switajska@uwm.edu.pl

mgr inż. Angela Potasznik  
e-mail: angela.potasznik@uwm.edu.pl

mgr inż. arch. kraj. Żaneta Banaszek  
e-mail: zaniaaa23@gmail.com

Katedra Melioracji i Kształtowania Środowiska  
pl. Łódzki 2, 10 – 719 Olsztyn  
Uniwersytet Warmińsko-Mazurski w Olsztynie

*«Opisane badania były finansowane z budżetu Zadania Badawczego nr 4 pt. «Opracowanie zintegrowanych technologii wytwarzania paliw i energii z biomasy, odpadów rolniczych i innych» w ramach strategicznego programu badań naukowych i prac rozwojowych pt.: «Zaawansowane technologie pozyskiwania energii» realizowanego ze środków NCBiR i ENERGA S.A.*

*Opiekun naukowy:* dr hab. inż. Sławomir Szymczyk