

# **Ekosystemy wodne obszarów wiejskich**

**Andrzej Kędziora<sup>1, 2</sup>, Radosław Juszczyk<sup>2</sup>**

<sup>1</sup> Zakład Badań Środowiska Rolniczego i Leśnego PAN,  
ul. Bukowska 19, 60-809 Poznań  
e-mail: kedan@poczta.onet.pl

<sup>2</sup> Katedra Agrometeorologii, Akademia Rolnicza im. A. Cieszkowskiego,  
ul. Piątkowska 94b, 61-691 Poznań

**Słowa kluczowe:** ekosystemy wodne, zbiorniki wodne, mokradła, zasoby wodne, bioróżnorodność, flora i fauna ekosystemów wodnych, bariery biogeochemiczne, ochrona ekosystemów wodnych

## **Wstęp**

Degradacja środowiska obszarów wiejskich występująca na całym świecie stała się jednym z poważnych zagrożeń ograniczających nie tylko trwałą i zrównoważony rozwój rolnictwa, ale i globalną gospodarkę. Rozpoznanie stanu środowiska przeprowadzone w ostatnich dekadach ubiegłego wieku wykazało, że najbardziej zdegradowanymi elementami krajobrazu rolniczego są ekosystemy wodne. Funkcje tych ekosystemów zostały w poważnym stopniu zredukowane.

Do lądowych ekosystemów wodnych zalicza się jeziora, mokradła, małe ciek i zbiorniki wodne, stawy rybne, starorzecza i systemy odwadniające. Znaczenie ekosystemów wodnych dla funkcjonowania obszarów wiejskich jest wielostronne, od funkcji hydrologicznych poprzez funkcje meteorologiczne i biologiczne, na funkcjach krajobrazowych kończąc.

Woda jest materiałem budulcowym organizmów żywych, a dzięki swym właściwościom fizycznym (doskonały rozpuszczalnik oraz wysokie ciepło właściwe i ciepło parowania) jest transporterem materii, tak w organizmach żywych jak i w środowisku abiotycznym, ale przede wszystkim jest jednak transporterem energii. Ekosystemy wodne pełnią podobną rolę w ustroju hydrologicznym krajobrazu jak przewodniki (cieki), kondensatory (zbiorniki wodne) i oporniki (zastawki, jazy w systemach odwadniających) w układzie elektrycznym. Pozbawienie krajobrazu tych elementów musi zakłócić jego funkcjonowanie. Najbardziej znaną powszechnie rolą ekosystemów wodnych jest gromadzenie zapasów wody w okresach jej nadmiaru

w celu ich wykorzystania w okresie niedoborów. Im więcej zbiorników wodnych, mokradel i rowów, tym mniejsze zagrożenie powodziami i suszami.

Ekosystemy wodne są także siedliskiem flory i fauny niezdolnej bytować w innym środowisku, jak np. płazy. Ekosystemy wodne w istotny sposób przyczyniają się do zachowania bogactwa gatunkowego roślin i zwierząt, zapewniając zarazem dużą biologiczną różnorodność obszarów wiejskich [1, 44, 45, 55].

Małe oczka wodne w terenie rolniczym, poza tym, że zwiększają retencję powierzchniową, pełnią również ważną rolę w ochronie środowiska poprzez przechwytywanie zanieczyszczeń i wymywanych z pól niewykorzystanych składników nawozowych [13, 41]. Ważną rolę w tych procesach spełnia zarówno roślinność otaczająca zbiornik, jak i występująca w samym zbiorniku.

Tereny bogate w ekosystemy wodne mają niewątpliwie większe walory estetyczne i turystyczne niż obszary ubogie w te elementy. Dlatego tak ważnym zadaniem jest opracowanie strategii gospodarowania wodą na obszarach wiejskich w celu zachowania wszystkich funkcji ekosystemów wodnych na tych obszarach.

## **Ekosystemy wodne a kształtowanie obiegu wody**

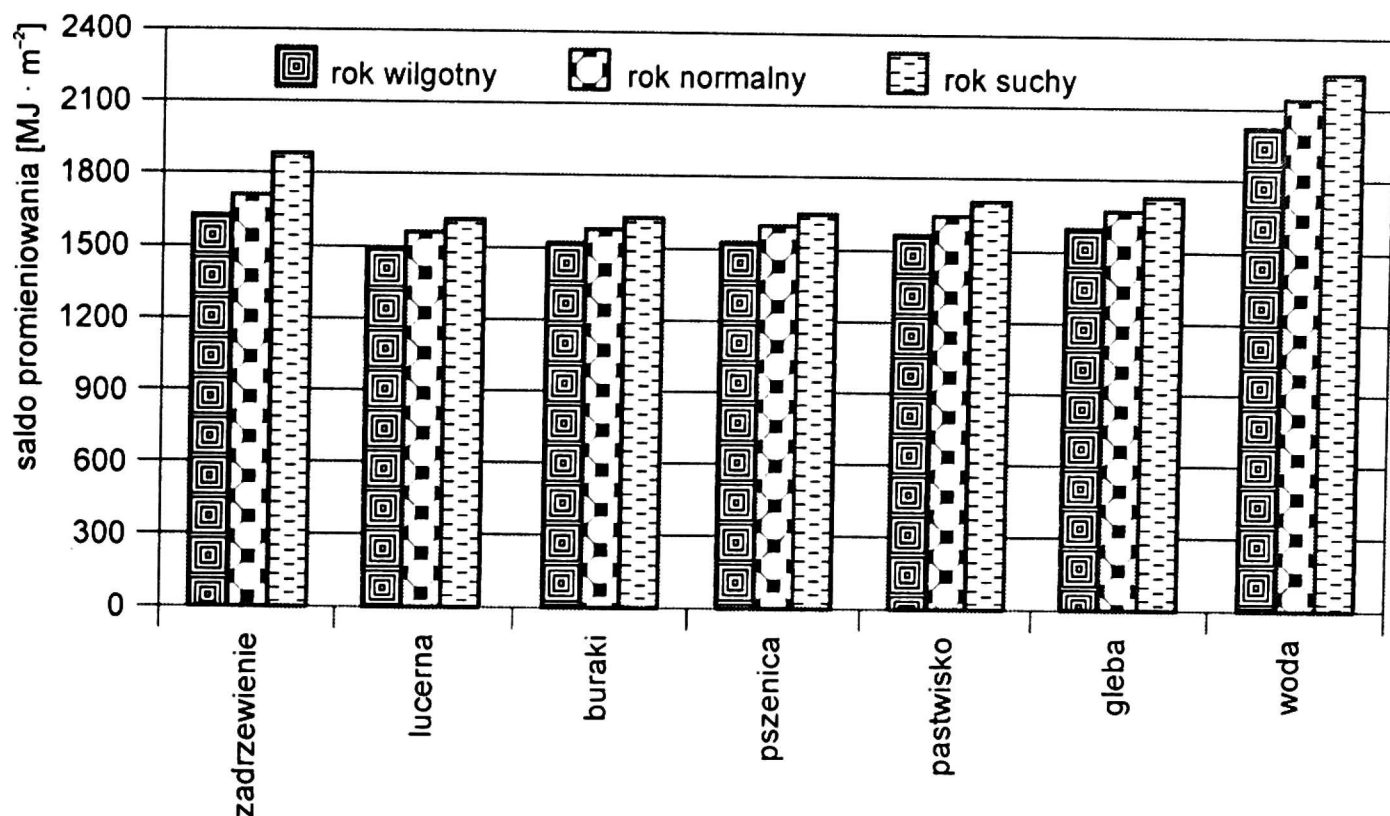
---

Z przyrodniczego punktu widzenia do zwiększenia intensywności wymiany wody w krajobrazie rolniczym lepiej jest, żeby było więcej małych zbiorników wodnych niż jeden duży. Parowanie z małego zbiornika wodnego jest większe niż z takiej samej powierzchni zbiornika dużego [40, 49]. Na przykład, parowanie z małego zbiornika wodnego o powierzchni  $0,4 \text{ km}^2$  jest w przeciętnych warunkach klimatycznych Polski o około 30% większe niż z takiej samej powierzchni zbiornika takiego jak Jezioro, o powierzchni około  $40 \text{ km}^2$  [19, 40]. Takie zwiększenie parowania z małego zbiornika wydaje się, na pierwszy rzut oka, stratą zasobów wodnych. Jednak należy pamiętać o tym, że zwiększone parowanie zwiększa zawartość pary wodnej w powietrzu, co z kolei zwiększa szansę kondensacji pary wodnej i zwiększonych opadów. Tak więc, intensyfikacja pionowej wymiany pary wodnej przynosi ostatecznie korzyść w postaci zwiększenia sumy opadów, szczególnie w porze letniej.

## **Bilans cieplny ekosystemów wodnych**

---

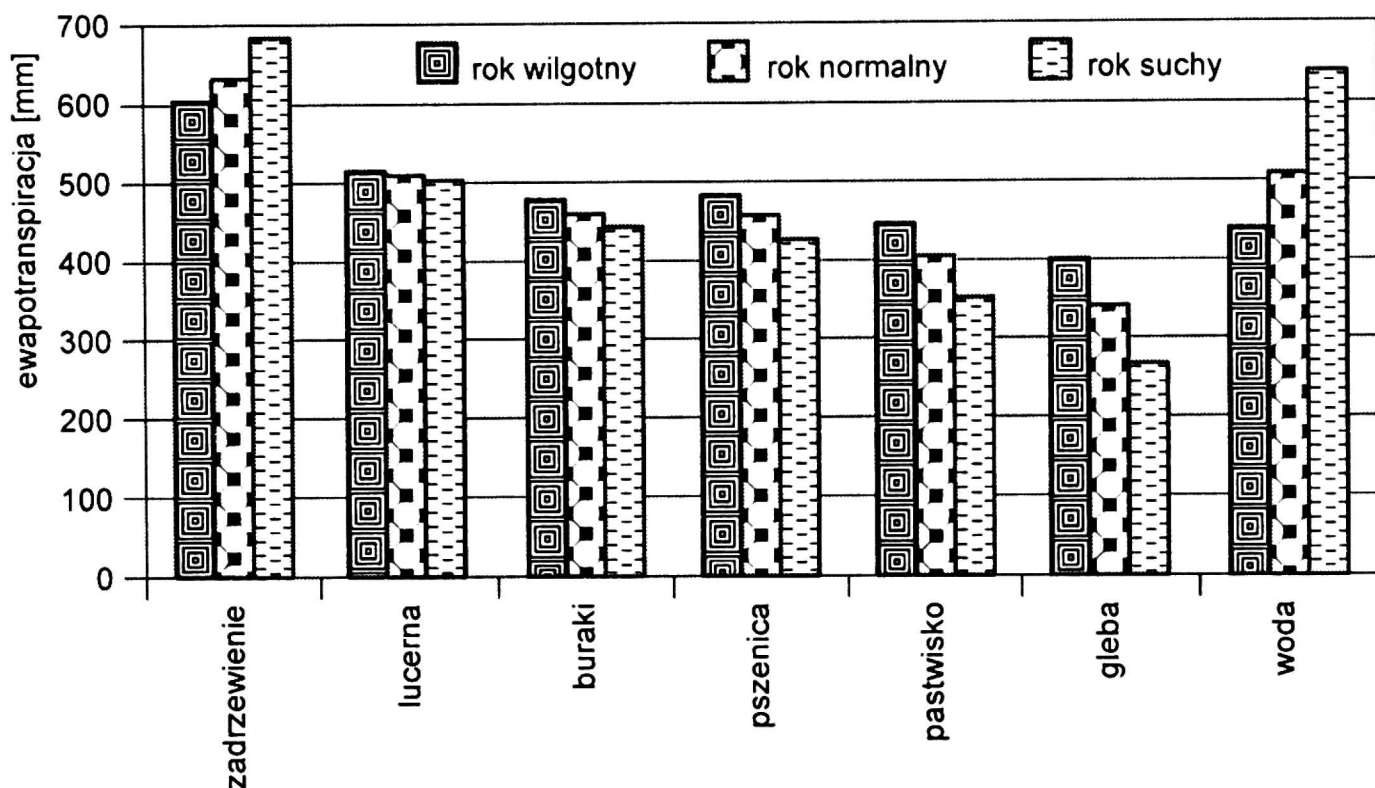
Ekosystemy wodne charakteryzują się dwiema cechami odróżniającymi je od wszystkich innych ekosystemów obszarów wiejskich. Mają najmniejsze albedo (średnia dobową jego wartość wynosi od 0,05 do 0,07), co powoduje, że absorbują one znacznie więcej energii słonecznej niż pozostałe ekosystemy (rys. 1). Poza tym, promieniowanie słoneczne jest absorbowane przez warstwę wody, a nie tylko przez



**Rysunek 1.** Saldo promieniowania różnych ekosystemów [ $\text{MJ} \cdot \text{m}^{-2}$ ] w okresie wegetacji od 21.03 do 31.10.

powierzchnię, jak to ma miejsce w przypadku innych ekosystemów. Głębokość, na jaką przenikają promienie słoneczne w głąb ekosystemu wodnego zależy od przezroczystości wody i od zagęszczenia roślinności wodnej. Poza tym ciepło absorbowane przez warstwę wody jest dalej transportowane poprzez pionowe – konwekcyjne ruchy wody i poprzez jej ruchy poziome. Intensywność pionowej wymiany ciepła w zbiorniku wodnym zależy od pionowego gradientu temperatury, który z kolei zależy od gęstości szaty roślinnej w wodzie. W przypadku czystej toni wodnej, dzięki przenikaniu promieni słonecznych na znaczną głębokość, gradienty temperatury są małe, ale współczynnik wymiany konwekcyjnej jest duży. W przypadku płytkich wypełnionych roślinnością zbiorników wodnych występują duże gradienty temperatury, ale wymiana pionowa jest utrudniona.

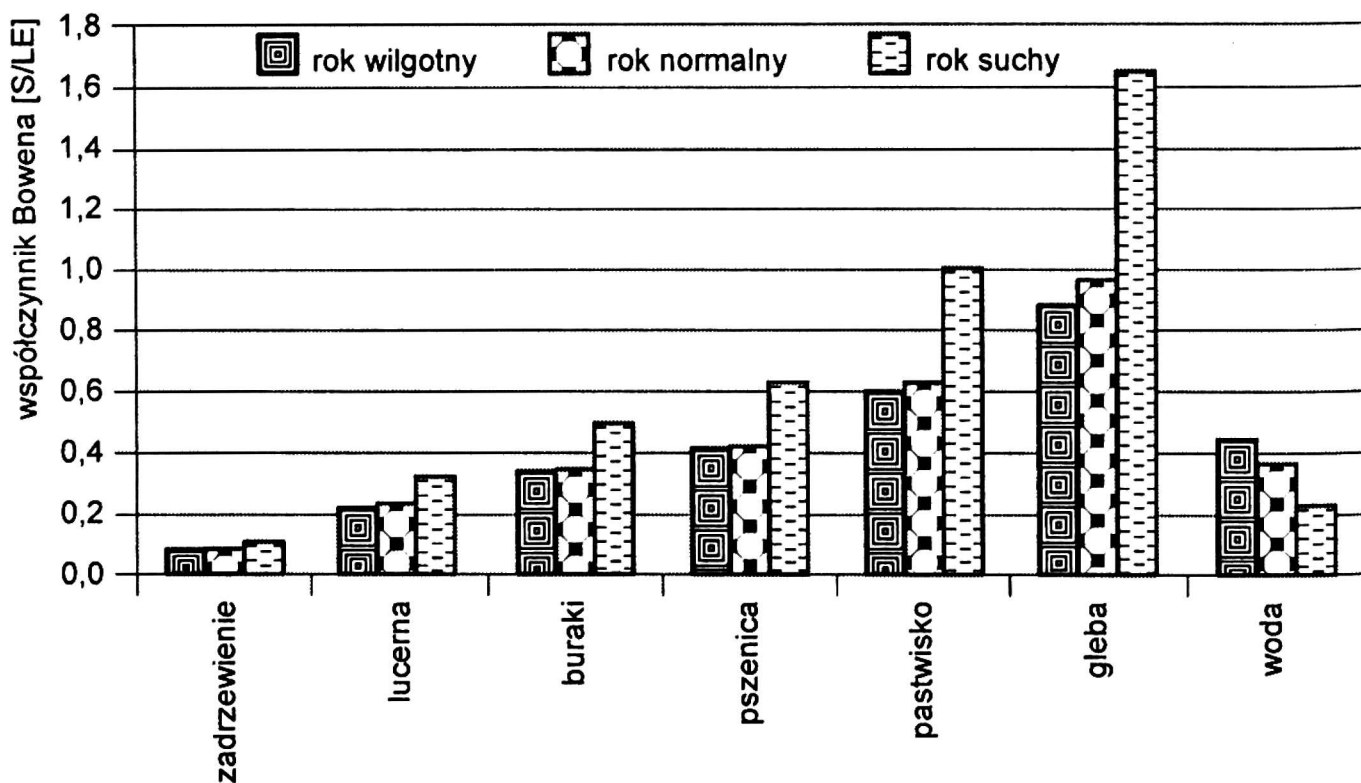
Struktura bilansu cieplnego zbiorników wodnych w krajobrazie rolniczym jest podobna do struktury bilansu cieplnego zadrzewienia. Saldo promieniowania zbiorników wodnych jest największe (w stosunku do ekosystemów lądowych) i tak jak we wszystkich innych przypadkach rośnie w miarę wzrostu stopnia suchości pogody (rys. 1). Jednak zmiany utajonego ciepła parowania i tym samym zmiany ewapotranspiracji są zupełnie odmienne w przypadku zadrzewienia oraz zbiorników wodnych i pozostałych ekosystemów. Im bardziej suchy rok tym większe parowanie ze zbiornika i z zadrzewienia, a tym mniejsze z pozostałych ekosystemów rolniczych (rys. 2). Wynika to z dwóch faktów. W zbiorniku wodnym nie brakuje wody na parowanie, z kolei zadrzewienia mogą korzystać z głębszych pokładów wody gruntowej. Z drugiej jednak strony, im bardziej suchy rok tym większa wartość salda promieniowania i tym większa zdolność ewaporacyjna powietrza. Wielkość ewaporacji zależy bowiem



**Rysunek 2.** Ewapotranspiracja [mm] różnych ekosystemów w okresie wegetacyjnym od 21.03 do 31.10.

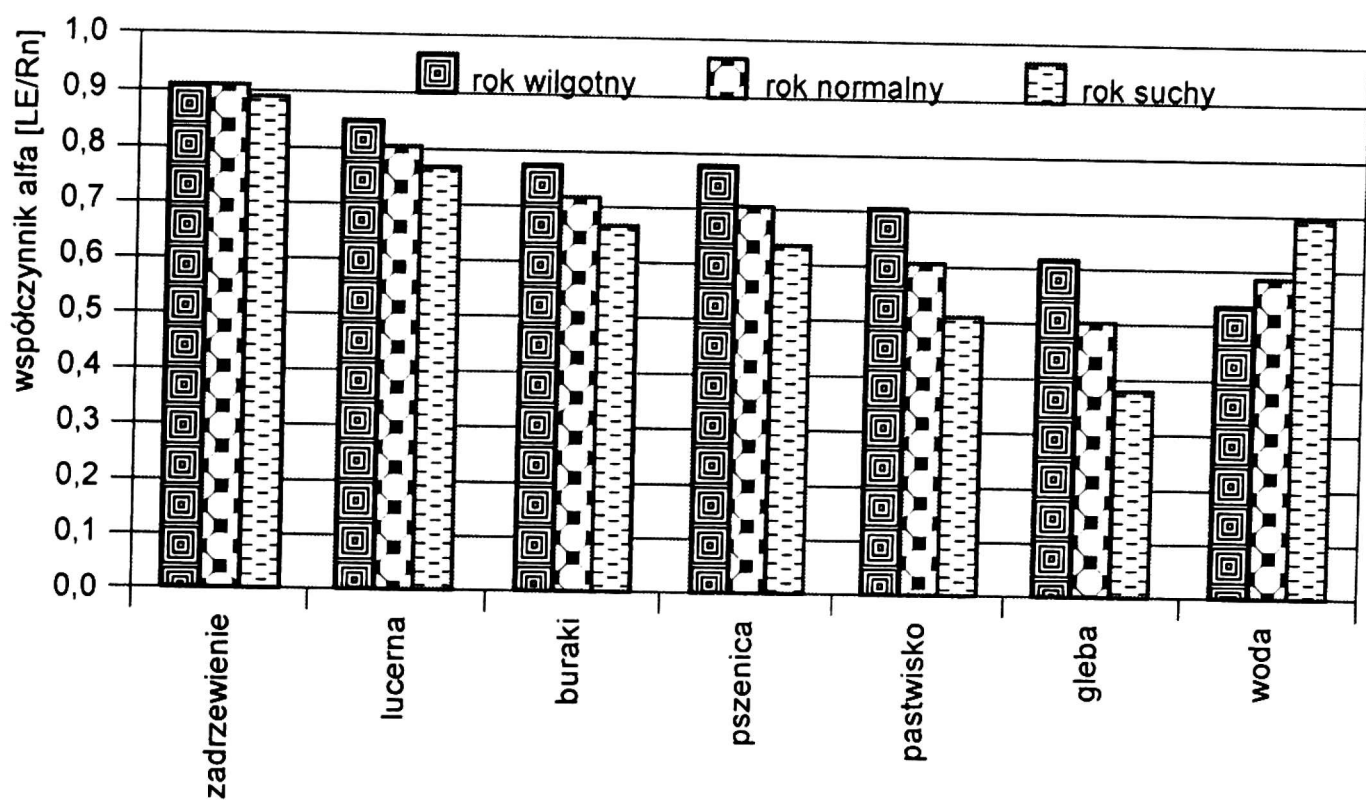
od trzech czynników: obecności wody, energii potrzebnej na parowanie i zdolności ewaporacyjnej powietrza.

Ze względu na wielkości współczynnika Bowena zbiorniki wodne zachowują się całkowicie odmiennie od pozostałych ekosystemów (rys. 3). Im bardziej suchy rok tym wartość tego współczynnika jest mniejsza w przypadku ekosystemów wodnych, a większa w pozostałych ekosystemach obszarów wiejskich. Wynika z tego, że im



**Rysunek 3.** Współczynnik Bowena [S/LE] dla różnych ekosystemów w okresie wegetacyjnym od 21.03 do 31.10.





**Rysunek 4.** Współczynnik alfa [LE/Rn] dla różnych ekosystemów w okresie wegetacji od 21.03 do 31.10.

bardziej suchy i gorący rok, tym większe znaczenie ekosystemów wodnych jako czynnika chłodzącego otoczenie, a tym samym przeciwdziałającego nadmiernej turbulencji. Wartość współczynnika alfa, który świadczy o stopniu wykorzystania energii słonecznej w procesie ewapotranspiracji, zwiększa się w przypadku zbiorników wodnych w miarę wzrostu stopnia suchości warunków atmosferycznych. Z porównania strumieni energii wykorzystywanej na proces ewapotranspiracji w zbiornikach wodnych i zadrzewieniach, wynika jednak, że strumienie te są większe w przypadku zadrzewień (rys. 4). Zbiorniki wodne wykorzystują na parowanie mniej energii niż czynią to zadrzewienia. Zadrzewienia wykorzystują bowiem około 90% energii słonecznej w procesie parowania i wielkość ta mało zależy od warunków atmosferycznych. Z kolei, ekosystemy wodne wykorzystują na parowanie od 53% (w roku mokrym) do 70% (w roku suchym) wartości salda promieniowania.

## Bilans wodny i retencja ekosystemów wodnych

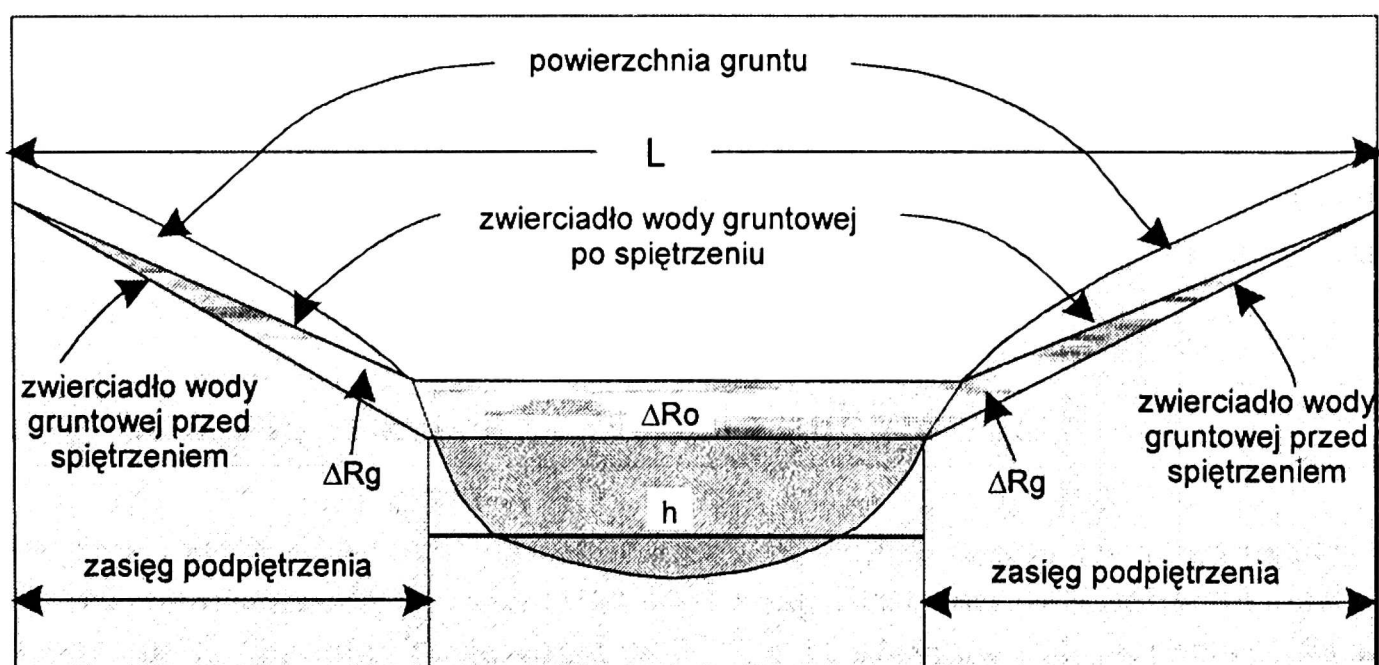
Polska należy w Europie do krajów ubogich w wodę. Szczególnie ubogie są obszary Niżu Polskiego (Mazowsze, Kujawy i Wielkopolska). Średnio na terenie całego kraju 28% opadów odpływa rzekami, a 72% wyparowuje. W niektórych zlewniach Wielkopolski liczby te wynoszą odpowiednio 14% i 86%. W środkowej Wielkopolsce z 600 mm opadów 500 mm wyparowuje, a 100 mm spływa do morza. Na terenach rolniczych, szczególnie na glebach lekkich ilość wyparowywanej wody w okresie wegetacyjnym przekracza sumy opadów. Rośliny korzystają wówczas z zapasów wody

glebowej i gruntowej powodując sezonową obniżkę poziomu wód gruntowych. Te ubytki wody muszą być uzupełnione w sezonie zimowym. Szczególnie dużo wody wyparowują zbiorowiska drzewiaste, które dzięki możliwości korzystania z zapasów wód gruntowych, funkcjonują jak pompy wodne. Jest to szczególnie widoczne wówczas, gdy zbiorowisko takie rośnie na terenie o płytkim poziomie wody gruntowej i jest otoczone obszarami o ubogiej roślinności, np. ścierniskami.

Chociaż zasoby wodne w Polsce, a szczególnie na Niziu Polskim, są stosunkowo ubogie, to jednak przy dobrej gospodarce wodnej mogą zaspokoić potrzeby wielu użytkowników. Realizacja tego celu wymaga działań prowadzących do poprawy stosunków wodnych w środowisku. Działania takie powinny zmierzać do zwiększenia zdolności środowiska do gromadzenia zapasów wody, a przede wszystkim do poprawy efektywności jej wykorzystania. Cel ten można osiągnąć poprzez:

- zwiększenie małej retencji wodnej wspomaganą sztucznymi zbiornikami magazynującymi wiosenne nadmiary wód roztopowych,
- zwiększenie retencji glebowej,
- kształtowanie struktury szaty roślinnej.

Zwiększenie małej retencji wodnej można uzyskać głównie poprzez wykorzystanie istniejących śródpolnych małych zbiorników wodnych, odtworzenie zniszczonych oczek polodowcowych oraz przechwytywanie wód drenarskich w okresie ich wzmożonego odpływu w lokalnych zagłębieniach terenu, a także poprzez wprowadzanie urządzeń piętrzących (zastawek) w sieci rowów melioracyjnych. Jak wykazały badania przeprowadzone w Katedrze Agrometeorologii AR Poznań małe zbiorniki śródpolne nie tylko gromadzą wodę w swej czaszy, ale także zwiększają retencję wodną w glebie terenów otaczających zbiornik (rys. 5).



**Rysunek 5.** Schemat zbiornika wodnego i przyrostów retencji wód w zbiorniku oraz wód gruntowych w terenie przyległym po spiętrzeniu wody w zbiorniku.  $\Delta R_o$  – przyrost retencji w zbiorniku,  $\Delta R_g$  – przyrost retencji wód gruntowych w terenach przyległych,  $h$  – średnia głębokość wody w zbiorniku,  $L$  – zasięg przyrostu retencji glebowej

Małe zbiorniki wodne przyczyniając się do podniesienia poziomu wód gruntowych w terenach do nich przyległych, zwiększają wilgotność gleby, co z kolei zmniejsza erozję wietrzną gleb. Przyrost retencji glebowej i wód gruntowych możliwy do uzyskania w terenach przyległych do małych zbiorników śródpolnych może być nawet większy niż przyrost retencji w samym zbiorniku [15, 16, 46]. W przypadku zbiorników o długich brzegach, ilość wody gruntowej zmagazynowanej na obszarze mikrozwlewni danego zbiornika może okazać się dominującym efektem działań retencyjnych [46, 53]. Na przykład, w zlewni Rowu Wyskoć w środkowej Wielkopolsce na jednym kilometrze kwadratowym znajduje się średnio 3,5 zbiorników wodnych [15]. Gdyby zbiorniki te wykorzystano (w okresie wiosennym) do retencji bezproduktywne odprowadzanych poza obszar zlewni wód drenarskich, zasoby retencjonowanej w nich wody można by zwiększyć (w skali całej zlewni) aż o 156% w stosunku do zasobów aktualnej retencji zbiornikowej (tab. 1). Możliwy do uzyskania w tym samym czasie przyrost retencji wód gruntowych oszacowano na 138%. Oznacza to, że całkowity średni przyrost retencji wód w zbiorniku i wód gruntowych w terenach do niego przyległych może wynosić aż 293% (w stosunku do stanu aktualnej retencji zbiornikowej). Największe przyrosty można uzyskać na zbiornikach śródpolnych i przyzagrodowych (470–500% w stosunku do stanu aktualnego), przy czym największy wzrost ma miejsce w glebie otaczającej zbiornik. Świadczy o tym stosunek przyrostu wody w glebie do przyrostu wody w zbiorniku, którego wartość wynosi 1,8 dla zbiorników śródpolnych i 1,3 dla zbiorników przyzagrodowych (tab. 1). Zasoby wody retencjonowanej w zbiornikach wodnych i terenach do nich przyległych, w zlewni Rowu Wyskoć, można zwiększyć o ilość odpowiadającą 10,4 mm opadów (tab. 2). Uwzględniając jednak fakt, że obszar gleb ornych wymagających nawodnień stanowi jedną trzecią gruntów rolnych (wszystkie użytki rolne poza zbożami) uzyskany przyrost retencji wynosić może nawet 30 mm, co stanowi wartość jednej dawki polewowej. Na obszarze analizowanej zlewni, znacznie liczniejsze niż zbiorniki wodne są jednak lokalne, bezodpływowe obniżenia terenu, które służyć mogą do okresowego gromadzenia wody. Dlatego też, ilość retencjonowanej w zlewni wody może być znacznie większa niż wynika to z przedstawionych wyżej analiz. Podobne sytuacje mają miejsce na wielu innych obszarach naszego kraju.

W ostatnich latach nastąpiła istotna zmiana poglądów na rolę i znaczenie zabiegów melioracyjnych. Uważa się, że oprócz swej funkcji produkcyjnej powinny one uwzględniać także potrzebę zachowania walorów przyrodniczych i ochronę zasobów wodnych krajobrazu rolniczego [30]. Znalazło to odzwierciedlenie w opracowanym w 1996 roku przez Ministerstwo Rolnictwa i Gospodarki Żywnościowej „Programie Rozwoju Melioracji do roku 2015” [35], w którym podkreśla się, że „melioracje wodne winny być ukierunkowane na zwiększenie ogólnych zasobów wodnych”.

W grudniu 1995 Ministrowie Rolnictwa i Gospodarki Żywnościowej oraz Ochrony Środowiska, Zasobów Naturalnych i Leśnictwa, podpisali porozumienie dotyczące realizacji małej retencji wodnej [34]. Na podstawie tego dokumentu

**Tabela 1.** Aktualna i potencjalna retencja wód gruntowych i zbiorników, uzyskana po spiętrzeniu wody w zbiornikach zlewni Rowu Wysokość obliczona przy założeniu, że potencjalne oddziaływanie piętrzenia na poziom wód gruntowych w terenach przyległych do zbiornika wynosi 100 m

Typy zbiorników wodnych	Liczba zbiorników	Aktualna retencja zbiornikowa $V_w$		Średnia wysokość piętrzenia [m]	Przyrosty retencji			Stosunek $\Delta V_g / DV_o$			
		całkowita [m <sup>3</sup> ]	średnio na zbiornik		w zbiorniku $\Delta V_o$	wód gruntowych $\Delta V_g$	w zbiorniku i wód gruntowych łącznie $\Delta V_o + \Delta V_g$				
					średnio na zbiornik [m <sup>3</sup> ]	w % stanu aktualnego [m <sup>3</sup> ]	średnio na zbiornik [m <sup>3</sup> ]	w % stanu aktualnego [m <sup>3</sup> ]			
Zsp	110	78595	715	1,0	1267	177	2298	322	3565	499	<b>1.8</b>
Zuz	163	151498	929	0,7	1387	149	977	105	2364	254	<b>0.7</b>
Zm	212	231390	1091	0,7	1564	143	942	86	2506	230	<b>0.6</b>
Zśl	75	118818	1584	0,8	2289	144	1393	88	3681	232	<b>0.6</b>
Zp	81	65015	803	0,9	1678	209	2125	265	3804	474	<b>1.3</b>
	<b>641</b>	<b>645315</b>	<b>1007</b>	<b>0,8</b>	<b>1567</b>	<b>156</b>	<b>1386</b>	<b>138</b>	<b>2953</b>	<b>293</b>	<b>0.9</b>

Zsp – zbiorniki śródpolne, Zuz – zbiorniki na użytkach zielonych, Zm – zbiorniki na mokradłach, Zśl – zbiorniki śródleśne, Zp – zbiorniki przyzagrodowe



**Tabela 2.** Aktualna i potencjalna retencja wód gruntowych i zbiornika, uzyskana po spiętrzeniu wody w zbiornikach zlewni Rowu Wyskoć, wyrażona w mm warstwy wody przypadających na powierzchnię zlewni

Typy zbiorników wodnych	Liczba zbiorników	Aktualna retencja zbiornikowa $V_w$ [mm]	Przyrost retencji		
			w zbiorniku $\Delta V_o$ [mm]	wód gruntowych $\Delta V_g$ [mm]	w zbiorniku i wód gruntowych $\Delta V_o + \Delta V_g$ [mm]
Zśp	110	0.4	0.8	1.4	2.2
Zuz	163	0.8	1.2	0.9	2.1
Zm	212	1.3	1.8	1.1	2.9
Zśl	75	0.7	0.9	0.6	1.5
Zp	81	0.4	0.8	0.9	1.7
	<b>641</b>	<b>3.5</b>	<b>5.5</b>	<b>4.9</b>	<b>10.4</b>

Zśp – zbiorniki śródpolne, Zuz – zbiorniki na użytkach zielonych, Zm – zbiorniki na mokradłach, Zśl – zbiorniki śródleśne, Zp – zbiorniki przyzagrodowe

przygotowano programy rozwoju małej retencji na obszarze całego kraju do 2015 roku. Zgodnie z przyjętymi wówczas ustaleniami, przy podejmowaniu decyzji dotyczących budowy obiektów i urządzeń małej retencji, preferować należy przede wszystkim niewielkie zbiorniki wodne o charakterze naturalnym, ponieważ pozwolą one powstrzymać degradację walorów ekologicznych w zlewniach rolniczych [32]. W opracowanych priorytetowych kierunkach działań z zakresu małej retencji zaleca się między innymi, konieczność zatrzymania jak największej ilości wiosennych wód roztopowych oraz wód opadowych w sadzawkach, potorfiach, oczkach wodnych i obniżeniach terenowych oraz w wyrobiskach żwiru, gliny i pospółki [47]. Cel ten, można osiągnąć między innymi poprzez retencję wód drenarskich w małych zbiornikach wodnych krajobrazu rolniczego [14, 15, 16, 23, 24, 25]. Magazynowanie wód drenarskich w zbiornikach wodnych jest korzystne z przyrodniczego i gospodarczego punktu widzenia. Zmniejsza się w ten sposób ilość wody odprowadzanej z meliorowanego obiektu, co ogranicza z kolei jego nadmierne przesuszenie, a ponadto zwiększa się zdolności retencyjne meliorowanych powierzchni oraz zmniejsza się nakłady inwestycyjne poprzez skrócenie odprowadzalników i ograniczenie głębokich przekopów przez wododział [22]. Co więcej, dopływy z sieci drenarskiej mogą przedłużyć istnienie lustra wody w zbiornikach astatycznych. Tym samym, dopływy takie korzystnie wpływają na poprawę struktury bilansu wodnego i cieplnego ekosystemu wodnego [10, 24, 25].

## Ekosystemy wodne a zachowanie biologicznej różnorodności

Ekosystemy wodne obszarów wiejskich należą do jednych z najbogatszych pod względem liczby związanych z nimi gatunków roślin i zwierząt. Podkreślając znaczenie małych zbiorników wodnych krajobrazu rolniczego w zwiększeniu bioróżnorodności podaje się, że w zbiornikach tych występuje około 10–15% więcej gatunków roślin i zwierząt oraz około dwa razy więcej gatunków rzadkich i zagrożonych wyginięciem niż w rzekach [5, 55], a także około sześć do ośmiu razy więcej niż w strumieniach i rowach [55].

W środowiskach wodnych obszaru Agroekologicznego Parku Krajobrazowego im. Gen. D. Chłapowskiego (157 km<sup>2</sup>) udokumentowano występowanie 209 gatunków roślin naczyniowych, 8 ramienic i 2 wątrobowców oraz 11 mchów (tj. 52 zbiorowiska roślinne). Z liczby tej około 30 gatunków znajduje się na liście roślin zagrożonych i chronionych w Polsce [11]. Szacuje się, że z samymi tylko zbiornikami śródpolnymi związane jest około 109 gatunków roślin, z czego 12 stanowią gatunki chronione, lub rzadziej występujące we florze Polski [1].

W rejonie Kujaw Południowych (346 km<sup>2</sup>) stwierdzono obecność w wypełnionych wodą zagłębieniach śródpolnych aż 429 gatunków roślin (52 mszaki, 9 ramienic, 5 paprotników i 359 gatunków roślin kwiatowych zaliczanych do 64 rodzin) [28]. Fitocenozy te należą do ponad 80 zbiorowisk i zespołów roślinnych należących do 13 klas fitosocjologicznych. Wśród nich jest ponad 20 gatunków zagrożonych i wymierających w Polsce [27].

Małe zbiorniki wodne w krajobrazach rolniczych należą do środowisk najbardziej zasobnych pod względem liczby występujących taksonów oraz zagęszczenia i biomasy żyjących w nich zwierząt [3, 18]. W niektórych typach małych zbiorników wodnych, w skład makrofauny wchodzi od 50 do ponad 100 gatunków [12], a średnie zagęszczenie wszystkich bezkręgowców często przekracza nawet kilkaset tysięcy na 1 m<sup>2</sup> [3]. Na przykład, w 80 drobnych zbiornikach wodnych Szwajcarii stwierdzono występowanie 182 gatunków zwierząt wodnych (*Gastropoda*, *Sphaeridae*, *Coleoptera*, *Odonata*, *Amphibia*), spośród których aż 89 gatunków zaliczono do rzadkich i zagrożonych wyginięciem na terenie tego kraju [31].

W drobnych zbiornikach wodnych krajobrazu rolniczego okolic Turwi występuje 36 gatunków ważek, które stanowią około 50% gatunków krajowych [40]. W zbiornikach tych wykazano również występowanie 40 gatunków wodnych pluskwiaków (80% gatunków regionu) i ponad 90 gatunków chrząszczy wodnych (60% gatunków stwierdzonych w Wielkopolsce) [40]. W nowo wykopanych zbiornikach wodnych okolic Turwi szczególnie licznie występują niektóre rzadkie pluskwiaki, jak na przykład *Micronecta scholtzi* [29, 43]. Ekosystemy stawów śródpolnych są obficie zasiedlone przede wszystkim przez *Oligochaeta* i *Mollusca*, których udział w zagęszczeniu i biomacie całości makrofauny niektórych tego typu małych ekosystemów wodnych może osiągać 70–80% [3]. Podaje się, że ponad połowę (56,5%) składników makrobentosu drobnych stawów stanowią owady, które opuszczają zbiorniki w postaci

dorośle przed letnimi deficytami tlenowymi [2]. Dla porównania, w kanałach i ciekach tylko 22% fauny dennej stanowią owady. Szczególnie zasobne w faunę bezkręgowców są wszelkie zbiorniki okresowe [3, 8, 54, 55]. W zbiornikach tego typu występują gatunki zwierząt, które nie są spotykane w zbiornikach trwałych. Równocześnie, liczba gatunków rzadkich i objętych ochroną prawną znacznie przewyższa tę, która dotyczy zbiorników niewysychających [9]. W małych zbiornikach wodnych pospolicie występują niektóre małże (np. skójki i szczeżuja wielka). W kilku zbiornikach wodnych okolic Turwi stwierdzono nawet obecność raka rzecznoego [17]. Zasoby bezkręgowców w zbiornikach śródpolnych stanowią niewątpliwie podstawowe ogniwo w sieci troficznej związanej ze środowiskiem lądowym [18].

Na terenie Agroekologicznego Parku Krajobrazowego im. Gen. D. Chłapowskiego stwierdzono występowanie 12 gatunków płazów (na 14 gatunków tych organizmów występujących w Wielkopolsce), które przynajmniej przez część swego życia związane są ze środowiskiem wodnym [36]. Nawet niewielkie zbiorniki o powierzchni około 200 m<sup>2</sup> może opuszczać rocznie ponad 40 tys. osobników przeobrażonych płazów [37]. Liczebność tych zwierząt w krajobrazach rolniczych zmniejsza się w szybkim tempie, co jest związane z postępującą degradacją środowiska przyrodniczego, w wyniku której niszczone są miejsca ich życia i rozrodu [4, 36].

Śródpolne ekosystemy wodne są również ostoją dla wielu gatunków ptaków. Przez pewne podobieństwa do środowiska stawów rybnych można sądzić, że małe zbiorniki wodne (stawy, oczka śródpolne i torfianki) zamieszkałe są przez populacje ptaków związanych bezpośrednio ze zbiornikami wodnymi oraz z mokrymi łąkami [6]. Wskazując na znaczne podobieństwo stawów hodowlanych do zbiorników eutroficznych i rzek stwierdza się, że stawy tego rodzaju (choć są płytkie) dzięki występowaniu bogatego pokarmu obfitują w gatunki ptaków preferujących wody głębokie (perkoz, czernica) [7]. W otoczeniu stawów bardzo często znajdują się tereny podmokłe, co pozwala na gniazdowanie wielu gatunków ptaków charakterystycznych dla rzek (siewkowiec, bączek, kokoszka wodna). Na 37 zbiornikach wodnych Pojezierza Szczecińskiego stwierdzono występowanie 54 gatunków lęgowych ptaków z 574 parami lęgowymi [50]. Wśród ptaków gniazdujących na zbiornikach śródpolnych jest kilka gatunków rzadkich takich jak: żuraw, pokląskwa, płaskonos, wąsatka oraz podrózniczek. Kaczka krzyżówka, która jest najbardziej plastycznym gatunkiem bardzo podatnym na procesy synantropizacji i urbanizacji, średnio występuje w liczbie 1–2 par na każdy zbiornik [3].

Małe ekosystemy wodne mają prawdopodobnie bardzo duży udział w zwiększeniu różnorodności fauny lądowej w najbliższej ich okolicy, między innymi poprzez zapewnienie schronienia, odpoczynku, dostępu do wody, czy też miejsc żerowania [18, 51]. Biologiczna zabudowa drobnych zbiorników wodnych (szuwar, krzewy, drzewa) jest zwłaszcza na terenach o intensywnej działalności gospodarczej człowieka, naturalną ostoją dla wielu gatunków bezkręgowców i kręgowców, stanowiąc na terenach rolniczych ważny element środowiska umożliwiający wzbogacenie miejscowej fauny o nowe grupy systematyczne i gatunki [18].



## Ekosystemy wodne a bariery biogeochemiczne

Do barier biogeochemicznych ograniczających migrację związków chemicznych z pól uprawnych zalicza się: drobne zbiorniki wodne, cieki, kanały, mokradła, roślinność przybrzeżną i wodną, enklawy łąk, zadrzewienia i miedze śródpolne [39, 45, 57].

Małe zbiorniki wodne i mokradła znajdujące się na obszarach wiejskich akumulują znaczne ilości materii mineralnej i organicznej. Na terenie Stanów Zjednoczonych w małych i dużych zbiornikach wodnych akumulowane jest około  $600 \text{ t} \cdot \text{km}^{-2} \cdot \text{rok}^{-1}$  materii wynoszonej z pól uprawnych na drodze erozji wodnej i wietrznej [49]. Wielkość erozji oszacowano w tym kraju, na  $900 \text{ t} \cdot \text{km}^{-2} \cdot \text{rok}^{-1}$  [48], co oznacza, że w lądowych ekosystemach wodnych każdego roku akumuluje się około dwie trzecie wszystkich produktów erozji, zarówno mineralnych jak i organicznych.

Wykorzystując akumulacyjne właściwości zbiorników wodnych i mokradeł w wielu krajach Europy przystąpiono obecnie do budowy, bądź odbudowy tych elementów sieci hydrograficznej, które pełniąc funkcje barier biogeochemicznych mają oczyszczać wody gruntowe z zanieczyszczeń obszarowych. Na przykład, w Szwecji w ramach programu „Halmstad project” przystąpiono do budowy zbiorników wodnych o głębokościach od 0,4–2,0 m i przepływie wód gruntowych wynoszącym  $0,14\text{--}5,2 \text{ m}^3 \cdot \text{m}^{-2} \cdot \text{dzień}^{-1}$ . W zbiornikach tych rocznie akumuluje się od 73 do  $7000 \text{ kg N} \cdot \text{ha}^{-1}$  (w przeliczeniu na powierzchnię zbiornika), a w akwenach będących odbiornikami wstępnie oczyszczonych ścieków nawet  $8000 \text{ kg N} \cdot \text{ha}^{-1} \cdot \text{rok}^{-1}$  [13]. W Finlandii, w analogicznym celu tworzy się mokradła, w których rocznie akumuluje się  $25 \text{ kg} \cdot \text{ha}^{-1}$  fosforu ogólnego i nawet  $300 \text{ kg} \cdot \text{ha}^{-1}$  azotu ogólnego [21].

Badania przeprowadzone w Turwi przez Zakład Badań Środowiska Rolniczego i Leśnego PAN w Poznaniu wykazały, że drobne zbiorniki śródpolne bardzo efektywnie ograniczają rozprzestrzenianie niesionych wraz z wodą gruntową rozpuszczonych związków azotowych i fosforanowych [42]. Z ogólnej ilości  $7978 \text{ mg} \cdot \text{m}^{-2}$  azotu zasilającego zbiornik odpływa tylko  $938 \text{ mg} \cdot \text{m}^{-2}$ , co oznacza, że aż 88% azotu jest eliminowana z wód gruntowych i zatrzymywana w zbiorniku. Równocześnie, do zbiornika dopływa  $5563 \text{ mg} \cdot \text{m}^{-2}$  azotu mineralnego, a odpływa  $560 \text{ mg} \cdot \text{m}^{-2}$  (90% zostaje zatrzymane w stawie). Szczegółowe badania wykazały, że z  $7040 \text{ mg} \cdot \text{m}^{-2}$  całkowitego azotu zatrzymanego w zbiorniku, około  $4000 \text{ mg} \cdot \text{m}^{-2}$  pobrały rośliny (makrofity i fitoplankton). W osadach dennych zostało odłożone  $967 \text{ mg N} \cdot \text{m}^{-2}$ , a pozostałe  $2000 \text{ mg N} \cdot \text{m}^{-2}$  jak się przypuszcza, mogło być uwolnione do atmosfery w postaci tlenków azotu, wśród których znajdować się mogą gazy szklarniowe. Znaczną redukcję biogenów uzyskano również, poprzez wprowadzenie na odpływie ze zbiornika bariery roślinnej w formie 5-metrowego pasa roślinności (głównie pałki wodnej). W miarę przepływu wody przez tę barierę w okresie wegetacyjnym stężenie azotu azotanowego spadało o 32%, azotu amonowego o 10%, azotu organicznego o 9%, fosforu fosforanowego zaś o 44% [42].

Zbiorniki wodne akumulują (poza biogenami) duże ilości związków organicznych, głównie kwasów humusowych oraz rozprzestrzeniające się wraz z nimi w



formie kompleksów mineralno-organicznych metale ciężkie i pestycydy [41, 52]. Szczególnie wysokie koncentracje związków azotu i fosforu oraz innych związków mineralnych i organicznych rozpuszczonych w wodach zbiornika, stwierdza się przede wszystkim w zbiornikach i mokradłach otoczonych przez intensywnie użytkowane pola uprawne i tereny zabudowane. To, że małe śródpolne zbiorniki wodne wykazują wysoką koncentrację związków odżywczych i kumulują duże ilości związków chemicznych migrujących z pól uprawnych dowodzi, że jako bariery biogeochemiczne zbiorniki te ograniczają migrację materii, hamują dalszy transport związków chemicznych i w ten sposób przyczyniają się do większego zamknięcia małego obiegu materii w krajobrazie rolniczym [56].

Specyficznym rodzajem bariery biogeochemicznej związanej ze zbiornikami wodnymi są otaczające je pasy mokradeł, roślinności łąkowej, krzewów oraz zadrzewień. Specyfika tych zespołów wiąże się z tym, że użytki te stanowiąc barierę dla przemieszczających się wraz z wodą gruntową związków chemicznych i ograniczając rozprzestrzenianie się zanieczyszczeń obszarowych, chronią zarazem zbiorniki wodne przed ich nadmiernym zanieczyszczeniem. Roślinność strefy przybrzeżnej tworzy swego rodzaju strefę przejścia między ekosystemami lądowymi i wodnymi. W strefie tej akumuluje się materia allochtoniczna i autochtoniczna, przy czym obydwa rodzaje materii ulegają transformacji i rozkładowi na związki prostsze, rozpuszczalne w wodzie [26].

Wielu autorów wskazuje na znaczenie roślinności przybrzeżnej i łąkowej jako bariery ochronnej. W miarę przepływu wody gruntowej przez pas łąki redukcja azotanów (niezależnie od szerokości łąki) wynosi od 82,2% do 96,6% [41]. Redukcja jonów fosforanowych wynosi natomiast od 20,0% do 90,9% i jest zależna od szerokości pasa łąki. W miarę przepływu wody gruntowej z pola poprzez łąkę do zbiornika następuje również specjacja metali ciężkich, z czym związany jest spadek koncentracji ich form mineralnych i wzrost stężeń kompleksów mineralno-organicznych [52]. Równocześnie, stężenie substancji humusowych zmniejsza się o 52%.

Równie często, co w przypadku łąk, podkreśla się korzystną rolę zadrzewień i zakrzaczeń w ograniczaniu zanieczyszczeń obszarowych. Stężenie azotu azotanowego w wodzie gruntowej przepływającej pod zadrzewieniem może się zmniejszyć nawet o 97%, zaś fosforu fosforanowego o 25% [38]. Stwierdzono, że w miarę przepływu wody gruntowej przez 16,5 m pas zadrzewień stężenie suchej masy obniżyło się w zależności od roku, w którym były prowadzone badania od 56% do 76%, koncentracja związków organicznych spadła od 55 do 63%, a stężenie substancji humusowych obniżyło się średnio od 69 do 80% [42].

Zbiornik wodny wraz z otaczającą go roślinnością jest najbardziej efektywnym układem biorącym udział w redukcji biogenów przemieszczających się wraz z wodą gruntową [20]. Spośród akumulowanych związków azotu i fosforu około 90% azotu i 98% fosforu jest akumulowane w biomacie roślin.

Ekosystemy wodne są efektywnym instrumentem kształtowania obiegu materii. Jako „pułapki biogenów” użytki te, wraz z otaczającymi je pasami łąk i zadrzewień

pełnią ważną rolę w krajobrazach rolniczych wpływając na zatrzymanie migrujących w wodzie gruntowej składników chemicznych. Osadzający się na dnie zbiornika namuł zawiera wiele związków chemicznych, głównie mineralnych składników odżywczych, które mogą być stosowane jako nawóz na sąsiadujące pola, dzięki czemu możliwe jest zwiększenie zamknięcia małego obiegu materii [33, 41].

## Zasady ochrony lądowych ekosystemów wodnych

---

Ochrona ekosystemów wodnych obszarów wiejskich przed degradacją zmierzać powinna do stworzenia takich warunków, w których ekosystemy te będą miały możliwie najwyższy stan ekologiczny. Tylko w ten sposób możliwe będzie zachowanie istniejących zasobów fauny i flory, a nawet zwiększenie biologicznej różnorodności ekosystemów wodnych i terenów do nich bezpośrednio przyległych. Ochronę ekosystemów wodnych należy wiązać z ochroną samych zasobów wodnych. Tym samym, należy promować wszelkie działania, które nie pogarszając jakości ekologicznej zbiorników wodnych, zapewnią zwiększenie ilości retencjonowanej na terenie zlewni wody, a przede wszystkim wydłużą czas i drogę jej obiegu w krajobrazie. Działania takie wiążą się z potrzebą reorganizacji całego systemu zarządzania wodą na terenie zlewni (zwłaszcza wodą pochodzącą z bezproduktywnie odprowadzanych poza obszar zlewni sieci drenarskich), po to, aby możliwie jak największe ilości wody zostały zretencjonowane w zbiornikach wodnych, mokradłach i rowach melioracyjnych.

### Ogólne zasady ochrony ekosystemów wodnych

1. W celu ochrony flory i fauny małych ekosystemów wodnych zaleca się:
  - objęcie ochroną prawną (jako użytki ekologiczne, lub rezerwaty przyrody) ekosystemów wodnych o najwyższych walorach ekologicznych;
  - okresowe przerzedzanie zwartej roślinności porastającej południowe brzegi zbiorników wodnych celem zmniejszenia ich zacienienia;
  - zapewnienie dobrej jakości wody;
  - zapewnienie odpowiedniej rozstawy zbiorników wodnych i mokradeł, w taki sposób, aby ich zagęszczenie było większe niż 2 obiekty na  $\text{km}^2$ .
2. W celu ochrony ekosystemów wodnych (małe zbiorniki wodne, starorzecza, mokradła, rowy) przed degradacją jakościową spowodowaną nadmiernym ich zanieczyszczeniem (np. zanieczyszczeniami obszarowymi), zaleca się:
  - ochronę i rozbudowę buforowych pasów przybrzeżnych (złożonych z roślinności łąkowej, lub drzew i krzewów) występujących w terenach przyległych do tych ekosystemów (ich szerokość powinna być większa niż 10 m, a procentowy udział na obwodzie nie mniejszy niż 60%);

- właściwe kształtowanie struktury krajobrazu (poprzez odpowiednie rozmieszczenie zbiorników retencyjnych i zadrzewień o charakterze kępiastym i liniowym) w taki sposób, aby zintensyfikować procesy samooczyszczania i neutralizacji zanieczyszczeń;
  - ograniczenie ładunków zanieczyszczeń rolniczych pochodzących ze źródeł obszarowych i punktowych (poprzez wdrożenie i promowanie Kodeksu Zwyczajnej Dobrej Praktyki Rolniczej);
  - uregulowanie gospodarki wodno-sciekowej wsi i miast oraz likwidacja wszelkich nielegalnych wysypisk odpadów będących źródłem zanieczyszczeń wód gruntowych.
3. W celu ochrony zbiorników wodnych przed nadmiernym zakwaszeniem zaleca się okresowe ich wapnowanie.
  4. Zdegradowane zbiorniki wodne powinny być poddane zabiegom rekultywacyjnym i renaturyzacyjnym, które polegać powinny na:
    - likwidacji wszelkich zdeponowanych w nich zanieczyszczeń oraz ich źródeł;
    - pogłębieniu zbiornika i usunięciu zdeponowanych w nim osadów dennych (osady te, powinny być wykorzystane na cele rolnicze do użyczenia pól uprawnych);
    - zapewnieniu dostatecznej ilości wody o dobrej jakości tak, aby lustro wody utrzymywało się w stawie przynajmniej przez kilka miesięcy w roku.
  5. Ochronę ekosystemów wodnych należy wiązać z ochroną samych zasobów wodnych. Zbiorniki wodne (zwłaszcza okresowe i długotrwale wysychające) powinny zostać wykorzystane jako odbiorniki wód drenarskich.
  6. Należy wydłużyć czas, w którym wody są magazynowane w rowach melioracyjnych poprzez odpowiednio rozmieszczony system zastawek i piętrzeń, w efekcie czego stworzy się lepsze warunki rozwoju flory i fauny wodnej.

W celu poprawy skuteczności działań ochronnych niezbędne jest zwiększenie świadomości ekologicznej mieszkańców obszarów wiejskich oraz promocja działań zmierzających do ochrony, renaturyzacji i odbudowy ekosystemów wodnych.

## Literatura

- 
- [1] Arczyńska-Chudy E., Gołdyn H., Michalak A., Kraska M. 1996. Znaczenie roślinności wodnej dla utrzymania różnorodności flory na terenie Agroekologicznego Parku Krajobrazowego. W: *Ekologiczne procesy na obszarach intensywnego rolnictwa*. Red. L. Ryszkowski, S. Bałazy. Zakł. Bad. Środow. Roln. i Leśn. PAN, Poznań: 7–20.
  - [2] Banaszak J. 1989. Macro-benthos of small channels and ponds in an agriculture landscape. *Ecol. Int. Bull.* 17: 53–64.
  - [3] Banaszak J., Kasprzak K. 1994. Zasoby fauny małych zbiorników wodnych i drobnych cieków. *Zesz. Nauk. Wyższej Szkoły Pedagog. w Bydgoszczy, Studia Przyrodnicze* 10: 123–149.

- [4] Berger L. 1989. Disappearance of amphibian larvae in the agricultural landscape. *Ecology Int. Bull.* 17: 65–73.
- [5] Biggs J., Whitfield M., Williams P., Fox G., Nicolet P. 2000. Factors affecting the nature conservation value of ponds: results of the National Pond Survey. In: Proceedings of the Pond Conference 1998. Pond Action, Oxford: 35–43.
- [6] Bocheński Z. 1960. Próba analizy populacji ptaków wodnych w Gołyszu. *Ekologia Polska* 6: 269–280.
- [7] Borowiec M. 1981. Próba ornitologicznej klasyfikacji zbiorników wodnych Polski. *Przegląd Zoologiczny* 25: 543–558.
- [8] Briers R., Biggs J. 2003. Indicator taxa for conservation of pond invertebrate diversity. *Aquatic Conservation: Marine and Freshwater Ecosystems* 13: 323–330.
- [9] Collinson N.H., Biggs J., Corfield A., Hodson M.J., Walker D., Whitfield M., Williams P.J. 1995. Temporary and permanent ponds: an assessment of the effects of drying out on the conservation value of aquatic macroinvertebrate communities. *Biological Conservation* 74: 125–133.
- [10] Fiedler M. 2001. Bilanse wodne zlewni śródpolnych oczek wodnych na terenie zdrenowanego. *Zesz. Probl. Post. Nauk Roln.* 477: 51–57.
- [11] Gołdyn H., Arczyńska-Chudy E. 1998. Różnorodność roślin Parku Krajobrazowego im. Gen. D. Chłapowskiego i jej ochrona. W: Kształtowanie środowiska rolniczego na przykładzie Parku Krajobrazowego im. Gen. D. Chłapowskiego. Red. L. Ryszkowski, S. Bałazy. Zakład Bad. Środ. Roln. i Leśn., PAN, Poznań: 123–132.
- [12] Griffiths D. 1973. The structure of an acid moorland pond community. *Animal Ecology* 42: 263–283.
- [13] Gustafson A., Fleischer S., Joelsson A. 2000. A catchment-oriented and cost-effective policy for water protection. *Ecological Engineering* 14: 419–427.
- [14] Juszcak R. 2003. Ocena przydatności melioracyjnej małych zbiorników wodnych do odbioru wód drenarskich. *Post. Nauk Rol.* 2: 57–67.
- [15] Juszcak R. 2004. Inwentaryzacja i waloryzacja małych zbiorników wodnych na obszarze zlewni Rowu Wyskoć. Praca doktorska, Biblioteka AR Poznań: 194 ss.
- [16] Juszcak R., Kędziora A. 2004. Retencja małych zbiorników wodnych w zachodniej części zlewni Rowu Wyskoć. *Roczniki AR Poznań* 25: 193–200.
- [17] Karg J. 1998. Różnorodność zwierząt Parku Krajobrazowego im. Gen. D. Chłapowskiego i ich ochrona. W: Kształtowanie środowiska rolniczego na przykładzie Parku Krajobrazowego im. Gen. D. Chłapowskiego. Red. L. Ryszkowski, S. Bałazy. Zakład Bad. Środ. Roln. i Leśn., PAN, Poznań: 133–142.
- [18] Kasprzak K. 1985. Wpływa fauny związanej z małymi ekosystemami wodnymi na otaczające ekosystemy lądowe. *Przegląd Zoologiczny* 4: 453–469.
- [19] Kędziora A. 1999. Podstawy Agrometeorologii. Państw. Wyd. Roln. i Leśn., Poznań: 263 ss.
- [20] Koc J., Szyperek U. 2001. Rola przybrzeżnych pasów roślinności w ochronie śródpolnych oczek wodnych. *Zeszyt. Probl. Post. Nauk Rol.* 477: 65–72.
- [21] Koskiaho J., Ekholm P., Raty M., Riihimaki J., Puustinen M. 2003. Retaining agricultural nutrients in constructed wetlands – experiences under boreal conditions. *Ecological Engineering* 20: 89–103.



- [22] Kosturkiewicz A., Szafranski Cz. 1988. Zasady wykorzystania oczek wodnych jako odbiorników wód drenarskich. Zał. 1 do „Wytycznych drenowania gruntów ornych”. IMUZ Falenty, Mat. Instruktaż. 65.
- [23] Kosturkiewicz A. 1989. Ochrona zasobów wodnych w krajobrazie rolniczym. *Zesz. Prob. Post. Nauk Rol.* 375: 73–86.
- [24] Kosturkiewicz A., Kędziora A. 1995. Problemy gospodarowania wodą na obszarach rolnych. W: Zasady ekopolityki w rozwoju obszarów wiejskich. Mat. z sesji wyjazdowej Rady Ekologicznej przy Prezydencie RP, Leszno 28–30 czerwiec 1994. Ryszkowski L., Bałazy S. (red.).
- [25] Kosturkiewicz A., Fiedler M. 1996. Retencja odpływów drenarskich w bilansie wodnym śródpolnego oczka wodnego i jakość retencjonowanych wód. *Zesz. Nauk. AR Wrocław, Konf. XI 289*: 83–91.
- [26] Kraska M., Kaniecki A. 1995. Mała retencja wodna w Wielkopolsce i jej uwarunkowania przyrodnicze. W: Ekologiczne aspekty melioracji wodnych. L. Tomiałojć (red.). Wyd. Inst. Ochrony Przyrody PAN, Kraków: 123–139.
- [27] Kucharski L. 1996. Przyrodnicze znaczenie zagłębień bezodpływowych w rolniczym krajobrazie Pojezierza Kujawskiego. *Przegląd Nauk. Wydz. Melior. i Inż. Środ. SGGW w Warszawie* 10: 33–38.
- [28] Kucharski L., Samosiej L. 1990. Szata roślinna zagłębień śródpolnych Kujaw południowych. W: Użytki ekologiczne w krajobrazie rolniczym. Red. Olaczek R., Wyd. SGGW 39: 68–82.
- [29] Mielewczyk S. 1997. Jakościowe i ilościowe zmiany zasiedlenia *Ephemeroptera*, *Odonata*, *Heteroptera* i *Coleoptera* w świeżym stawie śródpolnym. XVII Zjazd Hydrobiologów Polskich. Materiały Zjazdowe. Pol. Tow. Hydrost: 96 ss.
- [30] Mioduszewski W. 1997. Mała retencja i polityka melioracyjna. *Zesz. Nauk. Komit. „Człowiek i Środowisko”* 17: 49–62.
- [31] Oertli B., Joye D.A., Castella E., Juge R., Cambin D., Lachavanne J.B. 2002. Does size matter? The relationship between pond area and biodiversity. *Biological Conservation* 104: 59–70.
- [32] Pawłat H., S. Wiśniewski 1996. Program małej retencji wodnej w zlewni rzeki Baudy. *Zesz. Nauk. AR Wrocław, Konf. XI 289*: 187–194.
- [33] Pokorny J., Hauser V. 2002. The restoration of fish ponds in agricultural landscape. *Ecological Engineering* 18: 555–574.
- [34] Porozumienie z 21.12.1995 r. zawarte między Ministrem Rolnictwa i Gospodarki Żywnościowej a Ministrem Ochrony Środowiska, Zasobów Naturalnych i Leśnictwa dotyczące współpracy w zakresie programu małej retencji. (1996). *Gospodarka Wodna*, 1.
- [35] Program Rozwoju Melioracji do roku 2015. 1996. MRiGŻ, Warszawa: 32 ss.
- [36] Rybacki M., Berger L. 1997. Płazy Parku Krajobrazowego im. Gen. D. Chłapowskiego. *Biuletyn Parków Krajobrazowych Wielkopolski*, Poznań: 23–40.
- [37] Ryszkowski L., Truszkowski J. 1975. Estimation of the abundance and biomass of transformed Amphibians in a field pond. *Bull. Acad. Pol. Sci. Cl. II*, 23: 109–113.
- [38] Ryszkowski L., Bartoszewicz A. 1989. Impact of agricultural landscape structure on cycling of inorganic nutrients. W: Clarholm M., Bergson L. (red.) *Ecology of arable land*. Kluwer Academic Publishers: 241–246.

- [39] Ryszkowski L. 1994. Strategy for increasing countryside resistance to environment threats. W: Functional Appraisal of Agricultural Landscape in Europe. L. Ryszkowski, S. Bałazy (red.), Research Centre for Agricultural and Forest Environment, PAS: 9–18.
- [40] Ryszkowski L., Kędziora A. 1996. Mała retencja wody w krajobrazie rolniczym. *Zesz. Nauk. AR Wrocław*, Konf. XI, 289: 217–225.
- [41] Ryszkowski L., Życzyńska-Bałoniak I., Szpakowska B. 1996. Wpływ barier biogeochemicznych na rozprzestrzenianie się zanieczyszczeń obszarowych. W: Oczyszczalnie hydrobotaniczne. II Międzynarodowa Konferencja Naukowo-Techniczna, Poznań: 147–156.
- [42] Ryszkowski L., Życzyńska-Bałoniak I. 1998. Ograniczenie zanieczyszczeń obszarowych przez bariery biogeochemiczne. W: Kształtowanie środowiska rolniczego na przykładzie Parku Krajobrazowego im. Gen. D. Chłapowickiego. Ryszkowski L., Bałazy S. (red.), Zakład Bad. Środ. Roln. i Leśn. PAN, Poznań: 67–80.
- [43] Ryszkowski L., Karg J., Kujawa K. 1999. Ochrona i kształtowanie różnorodności biologicznej w krajobrazie rolniczym. W: Uwarunkowania ochrony różnorodności biologicznej i krajobrazowej. Red. L. Ryszkowski, S. Bałazy. Zak. Badań Środ. Roln. i Leśn. PAN, Poznań: 59–80.
- [44] Ryszkowski L., Gołdyn H., Arczyńska-Chudy E. 2000. Plant Diversity in mosaic agricultural landscape: a case study from Poland. *Planta Europa. Conservation of Wilde Plants*. Synge H., Akeroyd J. (red.). PWRiL Poznań: 204–212.
- [45] Ryszkowski L. 2002. Management of Agricultural Landscapes for Protection of Environment and Biodiversity. W: Ecology and Ecotechnologies. Proceedings of the Review Conference on the scientific cooperation between Austria and Poland. February 24–28, 2002, Viena: 125–141.
- [46] Ryszkowski L., Bałazy S., Kędziora A. 2003. Kształtowanie i ochrona zasobów wodnych na obszarach wiejskich. Zakł. Bad. Środ. Roln. i Leśn. PAN, Poznań: 70 ss.
- [47] Rytelewski M. 1996. Mała retencja wodna. *Wiad. Melioracyjne i Łąkarskie* 4: 146–147.
- [48] Smith S.V., Renvick W.H., Buddemeier R.W., Crossland C.J. 2001. Budgets of soil erosion and deposition for sediments and sedimentary organic carbon across the conterminous United States. *Global Biogeochemical Cycles* 15: 697–707.
- [49] Smith S.V., Renvick W.H., Bartley J.D., Buddemeier R.W. 2002. Distribution and significance of small, artificial water bodies across the United States landscape. *The Science of the Total Environment* 299: 21–36.
- [50] Surmacki A. 1997. Awifauna lęgowa drobnych zbiorników śródpolnych na Pomorzu Zachodnim – wyniki wstępne. *Przegląd Przyrodniczy*, VIII, 1/2: 193–198.
- [51] Surmacki A. 1998. Zagrożenia małych zbiorników śródpolnych na Pomorzu Zachodnim. *Chrońmy Przyrodę Ojczystą* 6: 61–69.
- [52] Szpakowska B. 2002. Dissolved organic substances in water bodies of agricultural landscapes. In: Landscape Ecology in Agroecosystems Management. Ryszkowski L. (red.), CRC Press LLC: 159–183.
- [53] Tyszka J. 1997. Retencja wodna w lasach. *Biblioteczka Leśniczego* 87: 20 ss.
- [54] Williams P., Biggs J., Whitfield M., Thorne A., Bryant S. Fox G., Nicolet P. 1999. The Pond Book: A Guide to the Management and Creation of Ponds. Ponds Conservation Trust, Oxford: 105 ss.
- [55] Williams P., Whitfield M., Biggs J., Bray S., Fox G., Nicolet P., Sear D. 2004. Comparative biodiversity of rivers, streams, ditches and ponds in an agricultural landscape in Southern England. *Biological Conservation* 115(2): 329–341.

- [56] Życzyńska-Bałoniak I., Jaskulska R., Szymański R. 1990. Niektóre składniki chemiczne rozpuszczone w wodzie małych zbiorników śródpolnych. W: Charakterystyki ekologiczne wybranych elementów krajobrazów rolniczych. SGGW-AR, Warszawa: 62–77.
- [57] Życzyńska-Bałoniak I., Szpakowska B., Ryszkowski L., Pempkowiak J. 1993. Role of meadow stripes for migration of dissolved organic compounds and heavy metals with groundwater. *Hydrobiologia* 251: 249–256.

## Aquatic ecosystems of rural areas

---

**Key words:** aquatic ecosystems, water reservoirs, swamps, water resources, biodiversity, flora and fauna of aquatic ecosystems, biogeochemical barriers, protection of aquatic ecosystems

### Summary

The multifunctional role of aquatic ecosystems on rural areas was analyzed and described in this paper. Among the most important issues this article discussed the water cycling and energy flow in aquatic ecosystems, their influence onto agricultural landscape biodiversity development and their role as biogeochemical barriers. Finally, the main principles of aquatic ecosystems protection were presented. The structure of heat balance of water ecosystems is similar to shelterbelts. Aquatic ecosystems intensify the process of evaporation and what is more, the smaller area of pond the bigger evaporation. Despite potential losses of water, it was proved that water ecosystems can be used to water (drainage) outflow retention, and in this way they allow to increase the useful water capacity in the catchment area. Aquatic ecosystems and plants which are at the edge of them play an important role as biogeochemical barriers. They control the migration of non-point agricultural pollution. Moreover, small aquatic ecosystems of country area are mentioned to be the richest as regards the number of flora and fauna species. They influence onto biological diversity and species richness of, not only the water niche, but also the surrounding areas. That is why, they have to be protected. Among the protection guidelines, the principles of flora and fauna as well as water quality and water resources protection and renaturalization of degraded ecosystems were described.