

Andrzej Kędziora

Zakład Badań Środowiska Rolniczego i Leśnego PAN w Poznaniu

KSZTAŁTOWANIE KRAJOBRAZU ROLNICZEGO DLA ZACHOWANIA ZRÓWNOWAŻONEJ GOSPODARKI WODNEJ

1. Wprowadzenie

Stosunki wodne środowiska w krajobrazie rolniczym są, obok stosunków energetycznych, najważniejszym czynnikiem decydującym o transformacji energii słonecznej w materię organiczną, dokonywanej w procesie fotosyntezy. Tym samym są czynnikiem decydującym o wykorzystaniu agropotencjału siedliska rolniczego. Dla prawidłowego i trwałego funkcjonowania krajobrazu niezbędne jest nie tylko zapewnienie odpowiedniej ilości wody, ale także zadbanie o jej jakość. Niestety, dotychczasowe błędy w gospodarce wodnej wynikające z niepełnego rozpoznania mechanizmów i procesów obiegu wody i biogenów doprowadziły do poważnych zagrożeń w gospodarce wodą w krajobrazie rolniczym. Niedobory wody i zanieczyszczenia wód gruntowych i powierzchniowych, chociaż występują na obszarze prawie całego kraju, są szczególnie odczuwalne w Wielkopolsce i województwie kujawsko-pomorskim – regionach o niesprzyjającym rolnictwu bilansie wodnym i intensywnym rolnictwie (rys. 1), [Kleczkowski 1991; Kaniecki 1991; Kędziora i in. 1997; Kędziora 2003; Ryszkowski, Bałazy, Kędziora 2003]. Opracowanie metod zwiększających efektywność wykorzystania niewielkich zasobów wody czy też alternatywnych, odpowiednich do różnych scenariuszy zmian klimatycznych przewidywanych przez modele prognostyczne, strategii gospodarki wodą jest nakazem chwili i w najbliższej przyszłości może decydować o powodzeniu programów rozwojowych rolnictwa i w ogóle gospodarki narodowej w Polsce.

Najważniejszymi czynnikami decydującymi o strukturze bilansu wodnego krajobrazu są czynniki przyrodnicze, takie jak warunki klimatyczne, ukształtowanie terenu i struktura krajobrazu, w tym zwłaszcza szata roślinna, lecz istotną rolę odgrywa także prawidłowa gospodarka wodą. Warunki klimatyczne, jak dotychczas,

nie uległy zasadniczym zmianom, chociaż w niedalekiej przyszłości mogą stwarzać poważne problemy w strategii gospodarki wodą. Jednak struktura krajobrazu uległa daleko idącym zmianom, a błędy w gospodarowaniu wodą doprowadziły do nadmiernego przesuszenia środowiska. Nadmierne odwodnienie, ubytek materii organicznej, likwidacja małych zbiorników wodnych doprowadziły do obniżenia zdolności krajobrazu do gromadzenia zasobów wodnych [Pieńkowski 2002; Juszczak, Kędziora 2003] i zubożenia biologicznej różnorodności krajobrazu [Williams i in. 2004]. Na terenie Wielkopolski szczególnie istotne są deficyty wód powierzchniowych i pierwszego poziomu wód gruntowych, podczas gdy w terenach górskich odczuwa się niedobory wód podziemnych [Kleczkowski 1991].

Coraz większego znaczenia nabiera również problem zanieczyszczenia wód powierzchniowych i gruntowych. Wszystkie rodzaje zanieczyszczeń mają istotne znaczenie dla jakości wody i stanu środowiska na obszarach wiejskich. Istnieją dwa rodzaje źródeł zanieczyszczenia wody: punktowe i obszarowe. Do pierwszych należą łatwe do zlokalizowania składowiska odpadów, ujścia kolektorów odprowadzających ścieki, zbiorniki gnojowicy czy składowiska obornika. Te źródła są rozpoznawalne przez rolników i innych użytkowników środowiska. Do drugich należą wszystkie pola uprawne, na których następuje przyspieszone wymywanie związków chemicznych, np. ze stosowanych nawozów mineralnych czy środków ochrony roślin. Poza tym intensywna uprawa roli sprzyja wywiewaniu drobnych cząstek glebowych, w tym resztek środków chemicznych, które przedostają się nie tylko do wód otwartych, ale także do wód gruntowych. O ile od wielu lat podejmowano działania mające na celu ograniczenie punktowych źródeł zanieczyszczeń, o tyle zanieczyszczenia obszarowe zostały rozpoznane dopiero w latach siedemdziesiątych XX wieku [Ryszkowski, Kędziora 2003]. Pogarszająca się sytuacja w ilości i jakości zasobów wodnych doprowadziła do ustanowienia wielu regulacji prawnych, tak w Polsce, jak i w Unii Europejskiej, mających przyczynić się najpierw do zahamowania niekorzystnych trendów, a następnie do poprawy sytuacji w gospodarce wodą [Ryszkowski, Kędziora 1996a].

Pierwszą podstawową regułą jest kształtowanie odpowiedniej struktury krajobrazu. Szata roślinna, szczególnie zaś jej struktura przestrzenna, jest czynnikiem kształtującym strukturę bilansu cieplnego, a tym samym i bilansu wodnego [Kędziora, Olejnik 2002]. Z jednej strony, im bogatsza szata roślinna, tym większa ewapotranspiracja, a więc większe zapotrzebowanie krajobrazu na wodę, ale z drugiej strony, im bogatsza szata roślinna, tym mniejszy jałowy odpływ wody ze zlewni. Szczególnie taki element krajobrazu, jak zadrzewienia śródpolne, w sposób niezwykle efektywny pozwala na kontrolowanie obiegu wody i biogenów. Zadrzewienia, same intensyfikując krążenie wody, zmniejszają ewapotranspirację pól uprawnych położonych pomiędzy tymi zadrzewieniami. Poza tym zadrzewienia śródpolne, dzięki głębokiemu systemowi korzeniowemu, potrafią korzystać z biogenów rozpuszczonych w wodzie gruntowej, redukując w znacznym stopniu ich stężenie [Bartoszewicz, Ryszkowski 1996; Ryszkowski, Bartoszewicz, Kędziora 1997; 1999].

Drugą regułą jest powiększanie zdolności retencyjnej krajobrazu. Sprowadza się to do wykorzystania jeszcze istniejących i odbudowania zniszczonych małych zbiorników wodnych w celu gromadzenia wiosennych wód i odpływów z sieci drenarskich [Kosturkiewicz, Fidler 1996; Juszczak, Kędziora 2004; Kędziora, Juszczak 2005]. Podpiętrzenie wody w małym zbiorniku śródpolnym zwiększa zasób wody nie tylko w czaszy zbiornika, ale także w gruncie otaczającym ten zbiornik. Przy małych zbiornikach wodnych przyrost retencji w gruncie może przewyższać przyrost retencji w samym zbiorniku [Juszczak, Kędziora 2004; Kędziora, Juszczak 2005]. Tutaj także należy odbudować infrastrukturę sieci rowów i kanałów wraz z budowlami piętrzącymi, pozwalającą na kontrolowanie przepływu i redukcję jałowego odpływu wody ze zlewni.

I wreszcie trzecia reguła to zwiększenie i odbudowanie zdolności retencyjnej gleby [Ryszkowski, Kędziora 1996a; Kędziora, Olejnik 2002; Kędziora, Ryszkowski, Przybyła 2004]. Najważniejszą kwestią jest tutaj dążenie do zwiększenia materii organicznej w glebie, która sama ma wielokrotnie większe zdolności do retencjonowania wody niż składniki mineralne, ale która, szczególnie poprzez poprawienie struktury gleby, zwiększa jej zdolności retencyjne [Ryszkowski, Kędziora 1996b]. Drugim istotnym zagadnieniem jest zwiększenie zdolności infiltracyjnej wierzchnich warstw gleby. Szczególnie ważne jest niedopuszczanie do powstawania podszwy płużnej. Te działania pozwalają na dodatkowe zgromadzenie w glebach uprawnych na terenie kraju tyle wody, ile obecnie mieści się we wszystkich sztucznych zbiornikach wodnych.

2. Bilans wodny Polski

W Europie Polska ma drugie, po Węgrzech, najniższe wartości odpływu rzecznego i drugie najmniejsze, po Finlandii, opady (tab. 1). Jednak ze względu na niskie parowanie Finlandia ma odpływ rzeczny o 75% większy niż Polska i 13 razy większe zapasy wody w przeliczeniu na 1 mieszkańca. Pod względem zasobów wodnych przypadających na 1 mieszkańca, liczonych na podstawie odpływu rzecznego z powierzchni danego kraju, Polska plasuje się wśród 25 krajów Europy na 21 miejscu, wyprzedzając jedynie Niemcy, Belgię i Luksemburg, Węgry oraz Holandię. Jednak te kraje posiadają możliwość korzystania z wody przepływającej przez ich terytorium tranzytem (Ren, Dunaj). Po uwzględnieniu tych zasobów Polska przesuwą się na ostatnie miejsce w Europie. Inne wskaźniki także plasują nasz kraj na jednym z ostatnich miejsc w Europie [Kleczkowski 1991]. Cały Niż Polski na obszarze 120 tys. km² wykazuje deficyt wód powierzchniowych, natomiast tereny góryste (60 tys. km²) dotknięte są deficytem wód podziemnych (rys. 1) [Kleczkowski 1991]. Strukturę bilansu wodnego Polski najlepiej charakteryzuje stosunek parowania terenowego do opadów (rys. 2). Na terenie Wielkopolski występują obszary, w których więcej niż 85% wody opadowej wyparowuje w skali roku.

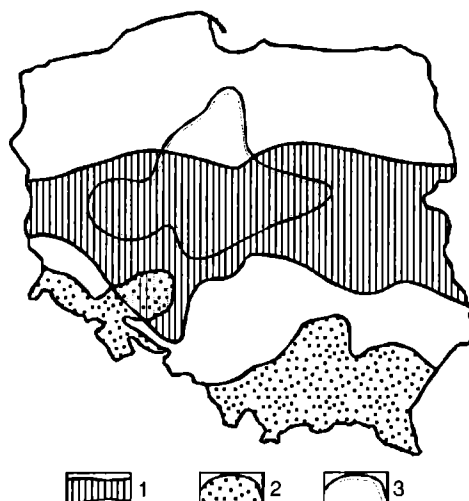
Oznacza to, że współczynnik odpływu jest mniejszy niż 15%. Jest to jedna z najmniejszych wartości w Europie.

Tabela 1. Surowy bilans wodny Polski na tle wybranych krajów

Kraj	Opady	Parowanie	Odpływ rzeczny	Odpływ na jednego mieszkańca (tys. m ³)*
Europa	733	415	318	5,11
Polska	604	424	180	1,72
Niemcy	725	430	295	1,4 (1,91)
Węgry	610	519	90	0,81 (3,81)
Czechy i Słowacja	735	442	293	1,9 (4,73)
Holandia	676	427	249	0,78 (6,86)
Hiszpania	636	380	255	3,88
Francja	965	541	424	4,57
Rosja	620	410	210	6,23
Finlandia	549	234	315	22,5
Szwecja	664	233	431	24,1
Norwegia	1 343	182	1 160	96,9

* liczby w nawiasach odnoszą się do przypadku uwzględnienia wód tranzytowych.

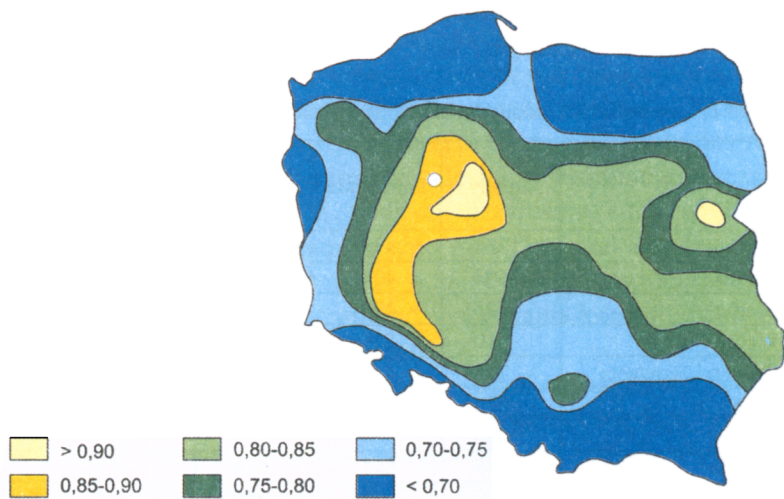
Źródło: [Lwowicz 1979].



1 – deficyty wód powierzchniowych, 2 – deficyty wód podziemnych, 3 – obszary zagrożone przesuszeniem.

Rys. 1. Deficyty wodne na terenie Polski

Źródło: [Kleczkowski 1991].



Rys. 2. Stosunek ewapotranspiracji rzeczywistej do opadów

Źródło: opracowanie własne.

Tabela 2. Surowy bilans wodny Polski i głównych dorzeczy (mm) (lata 1951-1980)

Obszar	Opad	Parowanie	Odpływ rzeczny	Współczynnik odpływu
Polska	622	447	175	0,28
Dorzecze Wisły	626	448	178	0,28
Dorzecze Odry	610	457	153	0,25
Dorzecze Warty	561	433	128	0,23
Zlewnia Kanału Mosińskiego	533	433	100	0,188
Zlewnia Lutyni	576	475	101	0,175
Zlewnia Obry	550	455	95	0,173
Zlewnia Noteci po Pakość	530	444	86	0,163
Zlewnia Mogilnicy	533	455	78	0,146

Źródło: [Paślawski 1992].

Na tle warunków wodnych całego kraju obszar Wielkopolski rysuje się szczególnie niekorzystnie (tab. 2). Współczynnik odpływu dla całego kraju wynosi 0,28, tyle samo, ile dla dorzecza Wisły, ale już dla dorzecza Warty wynosi on tylko 0,23. Najgorsze warunki wodne panują w samym centrum Wielkopolski. W zlewni Mogilnicy współczynnik odpływu wynosi zaledwie 0,146, co jest porównywalne z odpływem ze zlewni Nilu.

3. Zanieczyszczenia wody na obszarach wiejskich

Wszystkie rodzaje zanieczyszczeń mają zasadnicze znaczenie dla stanu środowiska rolniczego na obszarach wiejskich, gdyż zarówno ścieki, jak mokry i suchy opad z atmosfery oraz spływy z wysypisk migrują w obrębie zlewni oraz podlegają akumulacji w zagłębieniach terenu, dolinach i bezodpływowych zbiornikach wodnych, przenikając w wyniku infiltracji do wód gruntowych lub nawet wgłębnych. Sytuację tę wydatnie pogarsza fakt powszechnego wykorzystywania śródpolnych zbiorników wodnych i zabagnień jako lokalnych wysypisk odpadów i wylewisk ścieków, które wraz z terenami otaczającymi pozbawione są zazwyczaj jakichkolwiek form życia [Juszczak, Kędziora 2003]. Z każdej gleby nie podlegającej zabiegom uprawowym w wyniku różnych naturalnych procesów migrują związki chemiczne, a tempo ich uwalniania określone jest przez panujące warunki klimatyczno-siedliskowe. Działalność człowieka przyspiesza te procesy, prowadząc do intensyfikacji wymywania związków chemicznych z gleb do wody gruntowej lub ich przemieszczania w procesach erozji wodnej lub wietrznej [Życzyńska-Bałoniak i in. 2005].

Narastające zanieczyszczenia wody rzek czy jezior były początkowo związane ze zrzutem ścieków, co spowodowało skupienie uwagi głównie na eliminacji punktowych źródeł zanieczyszczeń poprzez budowę oczyszczalni. Jednak po początkowym okresie poprawy czystości wody w niektórych krajach Europy stwierdzono, że niezależnie od punktowych źródeł, wody rzek są zanieczyszczane np. przez azotany pochodzenia rolniczego. Zjawisko to zostało stwierdzone w wielu krajach. W latach dziewięćdziesiątych XX w. nie było już żadnych wątpliwości, że wymywanie z pól różnych związków chemicznych, a zwłaszcza azotanów, jest przyczyną zanieczyszczenia wody w rzekach. Zarówno Unia Europejska, jak i Polska uchwaliły szereg regulacji prawnych ograniczających możliwości wymywania niewykorzystanych przez rośliny uprawne nawozów.

4. Czynniki kształtujące bilans wodny

Efektom współdziałania takich czynników, jak przepływ energii, obieg wody i ogólna cyrkulacja atmosfery oraz pojemność cieplna i wodna gleby, struktura szaty roślinnej i jej obfitość oraz proporcje pomiędzy powierzchnią lądową i wodną, jest bilans cieplny danego obszaru, który jest zestawieniem strumieni energii dopływających do danego układu przyrodniczego i strumieni energii wykorzystywanych przez ten układ w różnych procesach zachodzących w tym układzie i jego otoczeniu i niezbędnych dla jego trwania i funkcjonowania. Z drugiej strony struktura bilansu cieplnego decyduje o strukturze bilansu wodnego danego obszaru, a więc o kierunku zmian w stosunkach wodnych. Obydwa te bilanse, cieplny i wodny, są ze sobą ściśle powiązane strumieniem pary wodnej i strumieniem utajonego ciepła

parowania transportowanego przez strumień pary wodnej. Strumienie ciepła potrzebnego na parowanie wody są bardzo duże w porównaniu ze strumieniami ciepła potrzebnymi na ogrzewanie powietrza czy ziemi. Ilość energii potrzebna do wyparowania warstwy wody o grubości 1 mm z powierzchni 1 metra kwadratowego jest wystarczająca do ogrzania 10 cm warstwy wody o 6°C lub aż 33 metrowej warstwy atmosfery o 60°C. Tak więc każdy czynnik zmieniający strukturę bilansu cieplnego krajobrazu powoduje zmianę bilansu wodnego, a kształtowanie struktury bilansu cieplnego przez odpowiednie kształtowanie struktury szaty roślinnej jest jednym z ważnych narzędzi kształtowania stosunków wodnych na obszarach rolnych.

Możliwość modyfikacji rozdziału energii słonecznej na strumienie użyte na parowanie wody, ogrzewanie powietrza lub gleby ma olbrzymie znaczenie dla inżynierii środowiska, zajmującej się kształtowaniem obiegu wody czy warunków mikroklimatycznych. W jakim stopniu energia słoneczna zostanie wykorzystana na parowanie, a w jakim na ogrzewanie powietrza czy gleby, zależy od czynnika biotycznego (typu roślinności, stopnia rozwinięcia pokrywy roślinnej i jej kondycji) oraz od wilgotności siedliska. Im lepiej rozwinięta pokrywa roślinna, tym większy aparat transpiracyjny. Im wyższe rośliny, tym większa prędkość wiatru w strefie liści i głębiej sięgają korzenie, a więc większy współczynnik turbulencyjnej wymiany pary wodnej i lepszy dostęp do wody [Olejnik, Kędziora 1991]. To powoduje, że w tych samych warunkach mikroklimatycznych więcej wody wyparowuje las niż łąka, a łąka więcej niż pole uprawne [Kędziora, Olejnik, Kapuściński 1989; Kędziora, Olejnik 2002]. Intensywność parowania z obszaru bez roślinności nie może być większa niż intensywność przewodzenia wody z głębszych warstw gleby do jej powierzchni, bowiem parowanie następuje tylko z kilkumilimetrowej wierzchniej warstwy gleby. Uogólniając, można stwierdzić, że im bogatsza szata roślinna w obrębie zlewni, tym:

- większa ewapotranspiracja,
- mniejsze spływy powierzchniowe zarówno dzięki zwiększonej infiltracji wody w głąb gleby, jak i spowolnienia i wydłużenia czasu odpływu dzięki większej szorstkości powierzchni gruntu,
- wydłużony w czasie i powolniejszy odpływ gruntowy dzięki wyższej zawartości próchnicy w glebie, zwłaszcza na stanowiskach pokrytych wieloletnią roślinnością (w ciekach położonych na terenie o wyższej lesistości woda płynie przez cały rok, podczas gdy rowy położone wśród pól uprawnych latem są suche nawet w roku o przeciętnej ilości opadów);
- lepsze warunki mikroklimatyczne (np. na polach chronionych przed wiatrem przez lasy lub zadrzewienia ewapotranspiracja jest mniejsza niż ma to miejsce na terenach otwartych i znacznie słabsza erozja wietrzna).

Zarówno bezpośrednie, jak i pośrednie oddziaływanie struktury szaty roślinnej na obieg wody jest tym większe, im większe i bogatsze gatunkowo jest zbiorowisko roślinności [Ryszkowski, Kędziora 1990a].

5. Kształtowanie zasobów wodnych krajobrazu

Struktura krajobrazu a struktura bilansu wodnego. Prawidłowa gospodarka wodna w krajobrazie musi być zgodna z dwoma kardynalnymi zasadami:

- utrzymanie jak najdłużej i jak największej ilości wody w krajobrazie (przy rozsądnej jej alokacji), czyli minimalizowania jałowego odpływu wody poza zlewnię, a także zwiększenie retencji powierzchniowej i gruntowej oraz spłaszczenie bądź wydłużenie w czasie odpływu ze zlewni;
- zastosowanie takich działań agrotechnicznych, aby jak największa ilość wody przechodziła z gleby do atmosfery za pośrednictwem roślin, a jak najmniej drogą bezpośredniego parowania z gleby.

Efekty zgodne z tymi zasadami można uzyskać przez właściwe kształtowanie struktury krajobrazu. Wprowadzenie zadrzewień w monotony krajobraz zbożowy (tab. 3) spowoduje zwiększenie parowania z powierzchni całego obszaru, ale zmniejszy parowanie z pól położonych pomiędzy tymi zadrzewieniami. Potwierdza to przykład trzeciego krajobrazu (zob. tab. 3), w który wprowadzono jedynie elementy hamujące prędkość wiatru w formie słupów, a więc nieżywych elementów krajobrazu, które same nie transportują wody z gleby do atmosfery. Taki krajobraz wyparowuje mniej wody niż krajobraz w warunkach z żywym zadrzewieniem (krajobraz drugi w tab. 3).

Tabela 3. Składowe bilansu cieplnego i wodnego* różnych typów krajobrazu rolniczego w okresie wegetacji (21.03 do 31.10) okolic Turwi

Krajobraz	Rn	LE	S	ETP	ETR	ETR/ETP	ETR/OP
Uprawy zbożowe	1542	1035	495	650	414	0,64	1,10
Uprawy zbożowe z siecią zadrzewień śródpolnych	1586	1078	496	586	431	0,76	1,15
Uprawy zbożowe z barierami przeciwwietrznymi	1567	1010	546	581	404	0,76	1,08
Uprawy zbożowe w warunkach adwekcji bez zadrzewień	1586	1258	315	898	503	0,56	1,34
Uprawy zbożowe w warunkach adwekcji z zadrzewieniami	1586	1181	412	592	464	0,78	1,24

* Wartości składowych bilansu cieplnego podane są w $\text{MJ} \cdot \text{m}^{-2}$, a wodnego w mm.

Rn – saldo promieniowania, LE – utajone ciepło ewapotranspiracji, S – ciepło odczuwalne (jawne), ETP – ewapotranspiracja potencjalna, ETR – ewapotranspiracja rzeczywista, OP – opady atmosferyczne.

Źródło: opracowanie własne.

Zadrzewienia w warunkach adwekcji ciepłych i suchych mas powietrza nad nawadniane wilgotne pola spowodują zaoszczędzenie 40 mm wody w sezonie wegetacyjnym, a ewapotranspirację potencjalną (ETP) zmniejszą do 2/3 wartości

panującej na terenie otwartym (por. tab. 3). Tak więc wprowadzenie pasów leśnych przynosi podwójną korzyść: z jednej strony chroni pola przed nadmiernym parowaniem, a z drugiej intensyfikuje słaby obieg wody.

Pasy śródpolne, poza korzystną zmianą w ewapotranspiracji, przyczyniają się do zwiększenia wiosennych zapasów wody w glebie dzięki temu, że proces topnienia śniegu na terenach pokrytych pasami jest wolniejszy i dłuższy, przez co więcej wody wsiąka w glebę. Także wolniejszy i mniejszy spływ powierzchniowy w takich terenach powoduje znacznie mniejszą erozję gleb niż na terenach otwartych [Ryszkowski, Kędziora 1987]. Zadrzewienia obrastające małe zbiorniki wodne kontrolują dopływ wody, a tym samym i biogenów do tych zbiorników.

Wprowadzanie bogatej sieci zadrzewień okazuje się najefektywniejszym narzędziem w kształtowaniu struktury szaty roślinnej w krajobrazie celem zwiększenia jego odporności na degradację i antropopresję.

Kształtowanie retencji wodnej krajobrazu. Przedsięwzięcia prowadzące do maksymalnego zmagazynowania wód roztopowych oraz z okresowych nadmiarów opadów w sezonie wegetacyjnym powinny obejmować:

- budowę i odrestaurowanie sieci dużych, średnich i małych zbiorników w celu kontroli i regulowania odpływów z poszczególnych zlewni;
- zmagazynowanie wód drenarskich w trwałych i sezonowych zbiornikach śródpolnych w ramach małej retencji;
- ochronę ekosystemów podmokłych (bagna, torfowiska, łąki);
- zaniechanie lub ograniczenie do niezbędnego minimum zabiegów hydrotechnicznych i melioracyjnych prowadzących do zwiększenia odpływu;
- dążenie do odbudowania zasobów materii organicznej w glebach.

Bardzo istotną rolę do odegrania w gospodarce wodnej gleb mają agromelioracje, które są coraz szerzej stosowane na całym świecie. Z. Cieśliński [1989] zaleca stosowanie ich na glebach średnio związłych i ciężkich obejmujących w Polsce 3,8 mln ha. Agromelioracje poprawiają właściwości fizykowodne gleb, zwiększają zdolności retencyjne gleby. Zwiększenie potrzeb agromelioracji obserwuje się w związku z szybkim wzrostem mechanizacji, zagęszczeniem wierzchnich warstw gleby i powstawaniem tzw. podeszwy płużnej. Według J. Hamana [1983] mechanizacja jest, obok chemii, tym czynnikiem rolnictwa, który najbardziej agresywnie wpływa na środowisko. Na skutek zmniejszenia się przepuszczalności i zdolności retencyjnej gleb wzrastają spływy powierzchniowe i wzmagają się procesy erozyjne. Po wykonanych zabiegach agromelioracyjnych zapasy wody w glebach mogą być odnawiane w okresie wegetacyjnym po każdym większym opadzie. Suma zwiększonej retencji wody po wykonanych zabiegach agromelioracyjnych na paru tysiącach hektarów może odpowiadać 1 mln m³ wody zretencjonowanej w zbiorniku wodnym, przy czym nie jest to retencja jednorazowa, lecz zdolność do zatrzymywania wody przy kolejnych opadach.

W poprawie stosunków wodnych w krajobrazie rolniczym istotną rolę odgrywa materia organiczna gleb. Z jednej strony zwiększa ona zdolność retencyjną gleby, gdyż sama utrzymuje więcej wody niż materia mineralna, a z drugiej strony poprawia strukturę gleby, tym samym zwiększając udział porów o średnich rozmiarach, które mają istotne znaczenie dla ilości wody dostępnej dla roślin [Kędziora, Olejnik 2002; Kędziora, Ryszkowski 2004].

Gdyby więc zwiększyć zawartość materii organicznej o 1%, to wzrost retencyjności w warstwie ornej (30 cm) wyniósłby 10 mm, czyli 100 m³ na hektarze. Jest to wartość na tyle istotna, że pozwala zmniejszyć potrzeby nawodnieniowe, tym bardziej, że nie jest to wzrost jednorazowy, ale odnosi się do każdego większego opadu.

W zwiększeniu małej retencji wodnej terenów rolniczych należy wykorzystać już istniejące oczka wodne lub większe zagłębienia terenowe jako miejsce magazynowania wiosennych odpływów z drenów [Kosturkiewicz, Szafrąński 1987]. Woda ta może być w okresie letnim wykorzystana do nawodnień. A. Kosturkiewicz [1989] podaje za S. Majdanowskim, że na terenie młodogłacjalnym liczba oczek wodnych wynosi średnio 2 oczka na powierzchni jednego km², a może ich być nawet 100 na km². Na terenie województwa poznańskiego było ich 26 000 [Kaniecki 1991]. Należy te oczka wykorzystać do intensyfikacji obiegu wody, te zaś, które zostały zasypane, należy odtworzyć. Z punktu widzenia przyrodniczego, dla zwiększenia wewnętrznego obiegu wody lepiej jest, żeby było więcej małych zbiorników wodnych niż jeden duży. Z powierzchni małego zbiornika przenika do obiegu wewnętrznego 30% pary wodnej więcej niż z takiej samej powierzchni zbiornika dużego, przy przeciętnych prędkościach wiatru w Polsce równych ok. 4 m/s. Poza zwiększeniem obiegu wewnętrznego liczne, małe zbiorniki wodne przyczyniają się do podniesienia poziomu wód gruntowych w terenie przyległym, co zwiększa wilgotność gleby, a to z kolei zmniejsza erozję wietrzną gleb. Ilość wody gruntowej zgromadzonej w terenie otaczającym oczko wodne w wyniku podpiętrzenia może być większa niż wzrost retencji w samym zbiorniku [Juszczak, Kędziora 2004; Fidler, Szafrąński 1999]. Im mniejszy zbiornik wodny, tym więcej wynosi przyrost retencji w glebie otaczającej zbiornik w stosunku do przyrostu retencji w samym oczku powstałej w wyniku spiętrzenia.

6. Wnioski

1. Z powyższych rozważań wypływają dwie podstawowe zasady gospodarowania wodą w krajobrazie:

- zatrzymanie możliwie jak największej ilości wody i jak najdłużej, przy prawidłowej jej alokacji;
- zastosowanie takiej agrotechniki, aby jak największa ilość wody płynęła z gleby do atmosfery przez rośliny jako transpiracja, a nie bezpośrednio jako ewaporacja, co sprzyja zwiększeniu intensywności małego obiegu wody; dzięki zwiększeniu

szeniu intensywności małego obiegu wody można zwiększyć ilość opadów w danym regionie nawet o 20 do 30%.

2. Prawidłowe przestrzenne zagospodarowanie zlewni z optymalizacją struktury użytkowania terenu i dostosowanie produkcji rolnej i leśnej do naturalnych zasobów środowiska jest pierwszym podstawowym zagadnieniem, które powinno być podjęte od zaraz w sposób bardziej efektywny. Najefektywniejszym działaniem mającym na celu poprawę warunków wodnych w krajobrazie rolniczym jest wprowadzanie sieci zadrzewień śródpolnych. Powinno to być zapisane w planach zagospodarowanie przestrzennego gmin.

3. Istotnym zadaniem w przyszłości będzie retencjonowanie wody w zlewniach małych cieków w krajobrazie rolniczym zarówno przez budowę sztucznych zbiorników retencyjnych, jak i podpiętrzanie jezior oraz zabudowę małych zbiorników wiejskich i stawów. Istotną rolę może też odegrać sterowanie retencją gruntową w dolinach małych rzek nizinnych poprzez regulowany odpływ na wybudowanych jazach.

4. W celu poprawienia struktury gleby, a tym samym zwiększenia jej zdolności do retencjonowania wody, trzeba dążyć do odbudowy zasobów materii organicznej w glebie.

5. Wszystkie te działania powinny doprowadzić do zwiększenia ilości wody w krajobrazie, wydłużenia czasu przebywania wody w krajobrazie i zwiększenia intensywności jej obiegu, a tym samym do zwiększenia efektywności wykorzystania zasobów wodnych na obszarach rolnych w Polsce.

Literatura

- Bałoniak-Życzynska I., Szajdak L., Jaskulska R., *Impact of biogeochemical barrier on the migration of chemical compounds with the water of agricultural landscape*, „Polish Journal of Environmental Studies” 2005 vol. 14 (5), s. 671-676.
- Bartoszewicz A., Ryszkowski L., *Influence of shelterbelts and meadows on the chemistry of ground water*, [w:] *Dynamics of an Agricultural Landscape*, red. L. Ryszkowski, N.R. Frencz, A. Kędziora, Zakład Badań Środowiska Rolniczego i Leśnego PAN, Poznań 1996.
- Cieśliński Z., *Agromelioracje*, Wydawnictwo AR, Poznań 1996.
- Fiedler M., Szafranski Cz., *Variation of ground-water levels in the catchment of the midfield pond located at Gniezno Lakeland*, Roczniki AR nr 20, Poznań 1999, s. 403-412.
- Haman J., *Mechanizacja rolnictwa – zagrożenie dla środowiska czy usprawnienie i ułatwienie pracy*, Materiały konferencji „Rolnictwo ekologiczne”, PWN, Warszawa 1983.
- Juszczak R., Kędziora A., *Threats and deterioration of small water reservoirs located within Wysock catchment*, „Polish Journal of Environmental Studies” 2003 vol. 12 nr 5, s. 567-573.
- Juszczak R., Kędziora A., *Water retention of small ponds in the western part of the Wysock catchment (in Polish)*, Roczniki AR nr 25, Poznań 2004, s. 193-200.
- Kaniecki A., *Problem odwodnienia Niziny Wielkopolskiej w ciągu ostatnich 200 lat i zmiany stosunków wodnych*, konferencja naukowa nt. „Ochrona i racjonalne wykorzystanie zasobów wodnych na obszarach rolniczych Wielkopolski”, Poznań, grudzień 1991, s. 73-80.

- Kędziora A., *Ocena deficytów wodnych na obszarach rolniczych na przykładzie zlewni Wysoc*, [w:] Działalność naukowa PAN nr 15, Warszawa 2003, s. 117-119.
- Kędziora A., Juszczak R., *Ekosystemy wodne obszarów wiejskich*, „Postępy Nauk Rolniczych” 2005 nr 3, s. 87-105.
- Kędziora A., Olejnik J., *Water balance in agricultural landscape and options for its management by change of plant cover structure of landscape*, [w:] *Landscape Ecology in Agroecosystems Management*, red. L. Ryszkowski. CRC Press, Boca Raton, London, New York, Washington 2002, s. 57-110.
- Kędziora A. i in., *Impact of plant cover on heat and water balance in agricultural landscapes located in humidity gradient*, Roczniki AR nr 19, cz. 1, Poznań 1997, s. 271-301.
- Kędziora A., Olejnik J., Kapuściński J., *Impact of landscape structure on heat and water balance*, „Ecology International Bulletin” 1989 vol. 17, s. 1-17.
- Kędziora A., Ryszkowski L., *Management of water resources in agricultural landscapes*, [w:] *Ways to Promote the Ideas Behind the CBS's Ecosystem Approach in Central and Easter Europe*, red. H. Korn, R. Schilep, J. Stadler, BfN, Federal Agency for Nature Conservation, Bonn (Germany) 2004, s. 106-115.
- Kędziora A., Ryszkowski L., Przybyła C., *Ochrona i kształtowanie zasobów wodnych i ich jakości w krajobrazie rolniczym*, regionalna konferencja naukowo-techniczna „Gospodarowanie wodą w Wielkopolsce – nowe szanse i wyzwania”, 14.06.04, Poznań 2004, s. 15-18.
- Kleczkowski A., *Zagrożenia i bariery rozwoju w gospodarce wodnej*, [w:] *Polska w obliczu współczesnych wyzwań cywilizacyjnych*, Komitet Prognoz „Polska w XXI wieku” przy Prezydium PAN, Warszawa 1991, s. 220-232.
- Kosturkiewicz A., *Ochrona zasobów wodnych w krajobrazie rolniczym*, „Zeszyty Problemowe Postępów Nauk Rolniczych” 1989 nr 375, s. 73-87.
- Kosturkiewicz A., Fiedler M., *Retencja odpływów drenarskich w bilansie wodnym śródpolnego oczka i jakość retencjonowanych wód*, Zeszyty Naukowe AR nr 289, Wrocław 1996, s. 83-91.
- Kosturkiewicz A., Szafrński Cz., *Wytyczne projektowania drenowań niesystematycznych na falistych terenach polodowcowych*, Katedra Melioracji Rolnych i Leśnych w Poznaniu, Poznań 1987.
- Lwowiec M.I., *Zasoby wodne świata*, Wydawnictwo Naukowe PWN, Warszawa 1979.
- Olejnik J., Kędziora A., *A model of heat and water balance estimation and its application to land-use and climate variation*, „Earth Surface Processes and Landforms” 1991 vol. 16, s. 601-617.
- Paślawski Z., *Hydrologia i zasoby wodne dorzecza Warty*, konferencja naukowa na temat: „Ochrona i racjonalne wykorzystanie zasobów wodnych na obszarach rolniczych Wielkopolski”, koreferaty i wnioski”. Poznań, grudzień 1991, Poznań 1992, s. 5-28.
- Pieńkowski P., *Disappearance of ponds in younger Pleistocen landscape of Pomerania*, „Journal of Water and Land Development” 2000.
- Ryszkowski L., Bałazy S., Kędziora A., *Management and Protection of Water Resources of Rural Areas (in Polish)*, Zakład Badań Środowiska Rolniczego i Leśnego PAN, Poznań 2003.
- Ryszkowski L., Bartoszewicz A., Kędziora A., *Management of matter fluxes by biogeochemical barriers at the agricultural landscape level*, „Landscape Ecology” 1999 vol. 14 nr 5, s. 479-492.
- Ryszkowski L., Bartoszewicz A., Kędziora A., *The potential role of mid-field forests as buffer zones*, [w:] *Buffer Zones: Their Processes and Potential in Water Protection*, red. N. Haycock, T. Burt, K. Goulding, G. Pinay, Quest Environmental. Harpenden, Hertfordshire (UK) 1997, s. 171-191.
- Ryszkowski L., Kędziora A., *Ekologiczne zasady kształtowania krajobrazu rolniczego celem kontroli zanieczyszczeń wody i melioracji bilansu cieplnego i wodnego*, [w:] *Obieg wody i bariery biogeochemiczne w krajobrazie rolniczym*, red. L. Ryszkowski, J. Marcinek, A. Kędziora, Wydawnictwo AR, Poznań 1996.
- Ryszkowski L., Kędziora A., *Impact of agricultural landscape structure on energy flow and water cycling*, „Landscape Ecology” 1987 vol. 1 nr 2, s. 85-94.
- Ryszkowski L., Kędziora A., *Mała retencja wodna w krajobrazie rolniczym*, Zeszyty Naukowe AR nr 289, Wrocław 1996b, s. 217-225.

- Ryszkowski L., Kędziora A., *Studies on agricultural landscape management in Western Poland plain*, [w:] *Sustainable Development of Multifunctional Landscapes*, red. K. Helming, H. Wiggering, Springer-Verlag, Berlin-Heidelberg-New York 2003, s. 229-245.
- Williams P. i in. *Comparative biodiversity of rivers, streams, ditches and ponds in an agricultural landscape in Southern England*, „Biological Conservation” 2004 vol. 115 nr 2, s. 329-341.

FORMATION OF AGRICULTURAL LANDSCAPE TOWARDS SUSTAINABLE WATER MANAGEMENT

Summary

Water plays multiple roles in agricultural landscape. The most important are building a body of living organisms as well as material and energy transportation. Protection of suitable quantity and quality of water is indispensable condition for sustain functioning of rural areas. Unfortunately, so far errors made in water management led to sever threats of water resources as well as their pollution. Water resources in Poland are one of the lowest in Europe. Improvement of their state is the crucial task for future development of national economy. The best tools for receiving this goal is formation of proper landscape structure leading to improvement of small water retention as well as restoring the soil ability for water retention. Any activity leading to improvement of water condition of rural area must rely on two rules: to collect as much water and keep it as long as possible within the landscape looking for proper its allocation and use such agrotechnics which ensure maximal water flux flowing from the soil into atmosphere through the plant cover as evapotranspiration but not straight as simple evaporation.