

ANTONI MILER, DANIEL LIBERACKI, DARIUSZ PLEWIŃSKI

ILOŚCIOWA I JAKOŚCIOWA OCENA STOSUNKÓW WODNYCH W DWÓCH ODMIENNYCH POD WZGLĘDEM ZALESIENIA MAŁYCH ZLEWNIACH NIZINNYCH

WSTĘP

Z licznych badań wiadomo, że ilość wyprodukowanej biomasy jest proporcjonalna do ilości wytranspirowanej wody. Wynika stąd konieczność takiego kształtowania stosunków wodnych w lasach aby zapewnić dostateczną alimentację wody na transpirację dla roślinności leśnej. Stanowi to warunek trwałej produkcji biomasy i jednocześnie warunek konieczny trwałego utrzymania lasu. Szczególnie przydatne do badań stosunków wodnych w lasach, jak również jakości wód retencjonowanych, są małe zlewnie, które niejednokrotnie utożsamia się z odpowiednimi ekosystemami. Pojęcie małej zlewni nie jest jednoznacznie zdefiniowane, np. hydrołodzy zwykle uważają za małą zlewnię taką, której obszar nie przekracza 50 km², natomiast hydrochemicy za górną granicę małej zlewni uważają obszar 5 km² (CHURCH 1997). Rola obszarów zalesionych (identyfikowanych przez hydrologów jako naturalne zbiorniki retencyjne) w kształtowaniu stosunków wodnych danego obszaru jest generalnie znana (spłaszczanie fal wezbraniowych, podnoszenie niżówek, bariery biogeochemiczne, ograniczanie erozji etc.) (m.in. KOSTURKIEWICZ i in. 1999; MILER 1998; MILER i in. 1999). Niemniej jednak postuluje się, szczególnie w odniesieniu do gleb leśnych z niestabilnymi stosunkami wodnymi (z dużymi wahaniami zwierciadła wody gruntowej – na przemian dostępnej i niedostępnej dla korzeni drzew), aby decyzje dotyczące sposobu zagospodarowania lasu, pielęgnacji czy użytkowania poprzedzać studium hydrologicznym (SULIŃSKI 1998).

MATERIAL I METODYKA BADAŃ

Głównym celem badań było przedstawienie obiegu wody i stężeń wybranych wskaźników jej jakości w dwóch mikrozwlewniach nizinnych o zróżnicowanym zalesieniu. Zlewnie położone są w centralnej części Wielkopolski, około 20 km na północny wschód od Poznania (w Puszczy Zielonce oraz na jej skraju). Krajobraz

naturalny jest typu młodoglacjalnego, formacji plejstocenijskiej oraz holocenijskiej (równiny i wzniesienia morenowe). Materiałami macierzystymi gleb na terenach badanych zlewni są zatem głównie utwory polodowcowe, osady pochodzące ze stadiału poznańskiego zlodowacenia bałtyckiego. Przy opracowywaniu charakterystyk dla badanych mikrozewni wykorzystano głównie własne dane zbierane od połowy 1997 r. w ramach kompleksowych badań terenowych dotyczących ilości i jakości wód w tychże zlewniach. W ramach badań wykonywanych w mikrozewniach Hutki i Potaszki oprócz standardowych obserwacji i pomiarów hydrometeorologicznych obejmujących: obserwacje stanów wody na przelewach pomiarowych Thomsona (limnigraficzne), codzienne pomiary opadów deszczomierzami Hellmanna, cotygodniowe pomiary stanów wód gruntowych i okresowe oznaczanie zapasów wody, pobierano także próbki wody z cieków (raz w miesiącu) oraz ze studzienek (sezonowo – 4 razy w roku).

W pracy wykorzystano również dane meteorologiczne ze stacji w Arboretum – Zielonka (AR Poznań). Parametry fizjograficzne nieklimatyczne zlewni opracowano na podstawie map topograficznych w skali 1:10 000 oraz danych z Planu urządzenia lasu... (1994) i Mapy przeglądowej siedlisk... (1995).

WYNIKI BADAŃ I DISKUSJA

Mikrozewnia ciekut Hutka do przekroju Husta Pusta o powierzchni 52 ha jest w 89% zalesiona. Pozostałe 11% powierzchni zajmują głównie zabagnienia i nieużytki (5,5%) oraz grunty orne (5,5%). Teren zlewni jest pofałdowany, średni spadek terenu wynosi około 10‰. Na obszarze zlewni Hutki można wyróżnić zasadniczo dwa typy gleb: słabo zbielicowane na 89,8% oraz bagienne na 10,2% powierzchni zlewni. Zlewnia ciekut Hutka ma charakter typowo leśny. Dominującym gatunkiem jest sosna, ale występują także: dąb, ols, modrzew i w niewielkiej ilości świerk. Przeważające siedliska to: bór mieszany świeży i bór świeży (tab. 1).

Mikrozewnia Potaszki do przekroju Potasze jest ponad dwukrotnie większa, ma powierzchnię 133 ha. Lasy zajmują około 14,6%, grunty orne i użytki zielone około 85,4% powierzchni zlewni. W zlewni występują liczne sfałdowania terenu często o dość spadzistych zboczach, a średni spadek terenu wynosi 16‰. Gleby zlewni znajdują się w stadium słabego zbielicowania. Na terenach zalesionych zlewni Potaszki dominującym gatunkiem jest sosna, występująca na siedliskach: boru mieszanego świeżego, boru świeżego i boru mieszanego wilgotnego (tab. 1).

W okresie badań w latach hydrologicznych 1997/1998 i 1998/1999 przebieg warunków meteorologicznych można uznać za zbliżony do przeciętnych (ryc. 1). W pierwszym roku odnotowano jednak mokre półrocze letnie, zaś w drugim roku mokre było półrocze zimowe.

Kontrastowym parametrem fizjograficznym badanych zlewni jest użytkowanie terenu. Zalesiona w prawie 90% zlewnia Hutki posiada bardzo duże zdolności retencyjne w porównaniu do ekstensywnie użytkowanej rolniczo zlewni Potaszki (jedynie

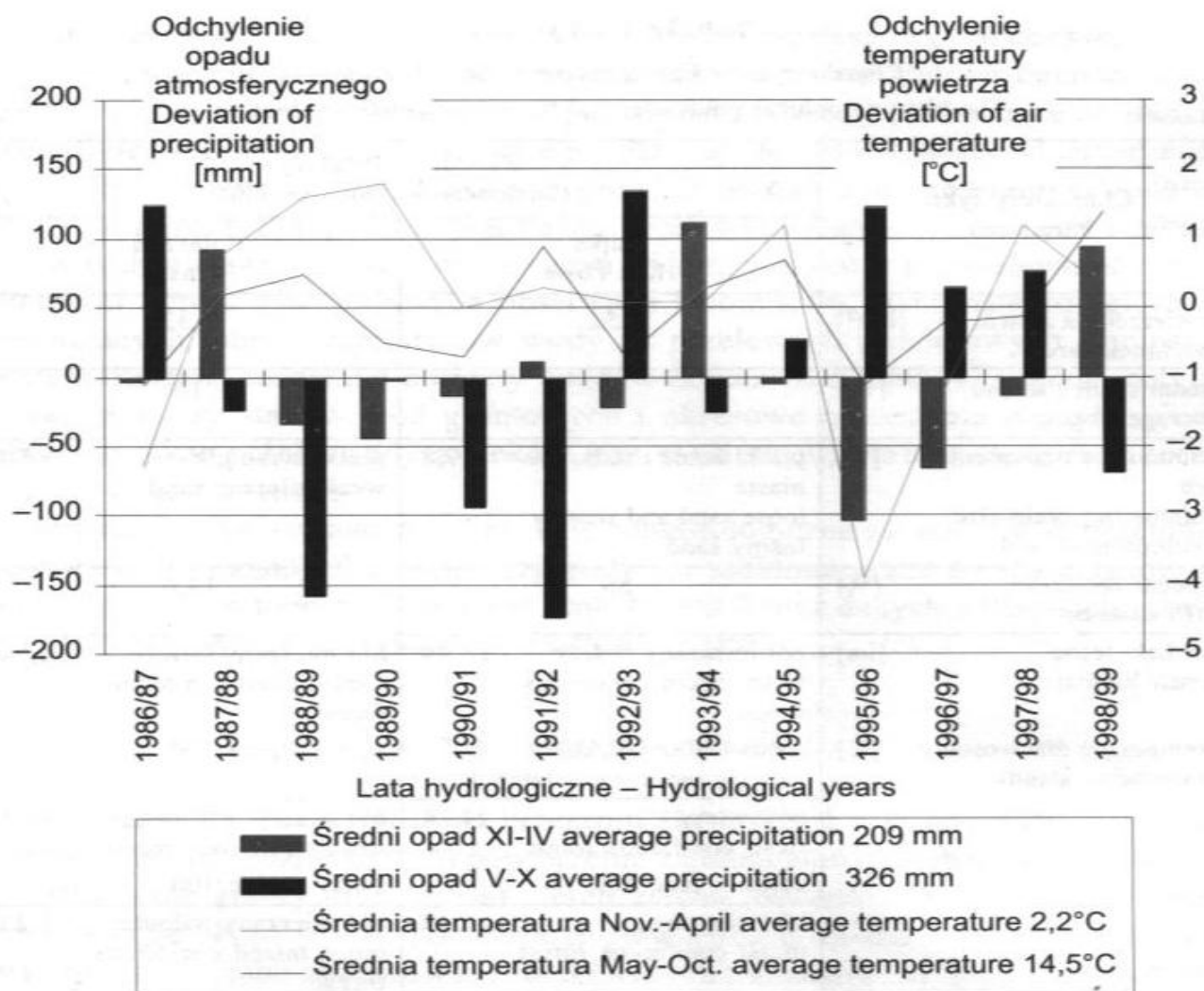
Tabela 1 – Table 1

Charakterystyki fizjograficzne badanych zlewni
The physiographical parameters of the investigated catchments

Charakterystyka Parameter	Zlewnia – Przekrój Catchment – Gauge station	
	Hutka Huta Pusta	Potaszka Potasze
Powierzchnia zlewni [km ²] Catchment area	0,52	1,33
Średni spadek terenu [%] Average slope	10	16
Dominujące uziarnienie gleb [%] Dominating grain-size distribution of soils	piaski luźne i słabo gliniaste 89,8 loose sand and weakly loamy sand	piaski słabo gliniaste 87,4 weakly loamy sand
Procent lesistości [%] Afforestation	89	14,6
Siedliska leśne [ha] Forest habitat	bór mieszany świeży 18,44 fresh mixed coniferous forest	bór mieszany świeży 10,54 fresh mixed coniferous forest
Dominujące drzewostany [%] Dominating stands	sosna – pine 80, dąb – oak 10, modrzew – larch 10	sosna – pine 100
	bór świeży 24,24 fresh coniferous forest sosna – pine 100	bór świeży 7,61 fresh coniferous forest sosna – pine 100
	bór wilgotny 1,40 moist coniferous forest sosna – pine 80, dąb – oak 10, świerk – spruce 10	bór mieszany wilgotny 1,23 moist mixed coniferous forest sosna – pine 60, brzoza – birch 20, dąb – oak 10, topola 10 – poplar
	ols 2,04 alder swamp forest olsza – alder 100	
Grunty orne [%] Arable land	5,5	73,1
Użytki zielone i bagna [%] Grassland and swamps	5,5	12,3

około 10% gruntów orných jest uprawianych). Przejawem tego jest znacznie zredukowany odpływ (o około 35%) oraz wyższa ewapotranspiracja (o około 25%) w zlewni Hutki (ryc. 2 i 3).

Przebiegi roczne stanów wód gruntowych tak w różnych siedliskach leśnych zlewni Hutki (transekt studzienek 1, 1A, 7, 8, 9, C1 wzdłuż linii spływu wody do ciek), jak i na użytkach zielonych zlewni Potaszki (odpowiednio transekt studzienek 2, 17, 16, 14, 18, 19, 20) wykazują podobną cykliczność. Średnia głębokość



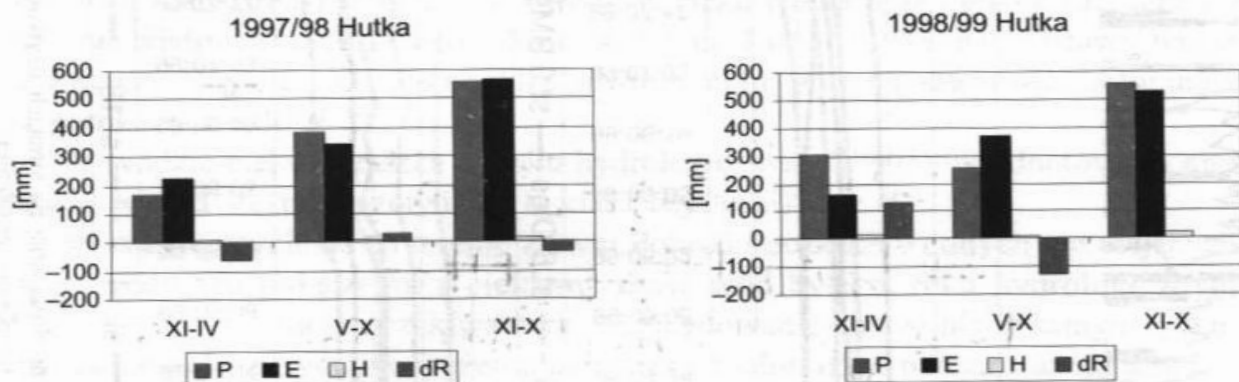
Ryc. 1. Odchylenia sum półrocznych opadów atmosferycznych i odchylenia średnich półrocznych temperatur powietrza od średnich wieloletnich z okresu 1986/1987–1998/1999

Fig. 1. Deviation of half-yearly amounts of precipitation and half-yearly means of air temperature from means at multi-yearly period of 1986/1987–1998/1999

zalegania wody gruntowej w pierwszym transekcie studzienek to odpowiednio: 14, 152, 490, 6, 196 i 43 cm, a w drugim odpowiednio: 119, 123, 62, 71, 53, 26 i 100 cm. Zatem oprócz studzienki nr 7, w pozostałych woda gruntowa zalega płytko lub średnio głęboko. W studzienkach nr 1 i 8 średni poziom wody gruntowej waha się w utworach organicznych – torfach. W pozostałych studzienkach na tych poziomach występują piaski, głównie luźne. Maksymalne stany występują w marcu, kwietniu, a minimalne we wrześniu. Największą zmienność odnotowano w studzienkach położonych najbliżej cieków: w zlewni Hutki w studziencie nr 8, na siedlisku olesowym, gdzie amplituda wahań stanów wód gruntowych w roku hydrologicznym 1998/1999 wyniosła 95 cm, i w zlewni Potaszki, w studziencie nr 2, na użytku zielonym, gdzie w tymże roku amplituda wyniosła 59 cm (ryc. 4).

Fizykochemiczne analizy wód obejmowały oznaczenia 20 wskaźników i składników charakteryzujących właściwości fizyczne (pH, temperatura), warunki tlenowe (zawartość tlenu), stężenia substancji organicznych (BZT₅, sucha pozostałość), obecność biogenów (związki azotu i fosforu) oraz skład mineralny (zawartość Ca, Mg, Na, K, Fe, Cl, SO₄). Analizy wody wykonywano zgodnie z „Wykazem norm z zakresu analityki wody i ścieków” (1993).

Stężenia siarczanów (SO₄), związków azotu (amoniowego NH₄, azotanowego NO₃), chlorków, odczynu (pH) i pięciodobowego biochemicznego zapotrzebowania na tlen (BZT₅) kwalifikują w ciągu całych lat hydrologicznych 1997/1998 i 1998/1999 wody w obu badanych ciekach do pierwszej klasy czystości (Rozporządzenie Mini-

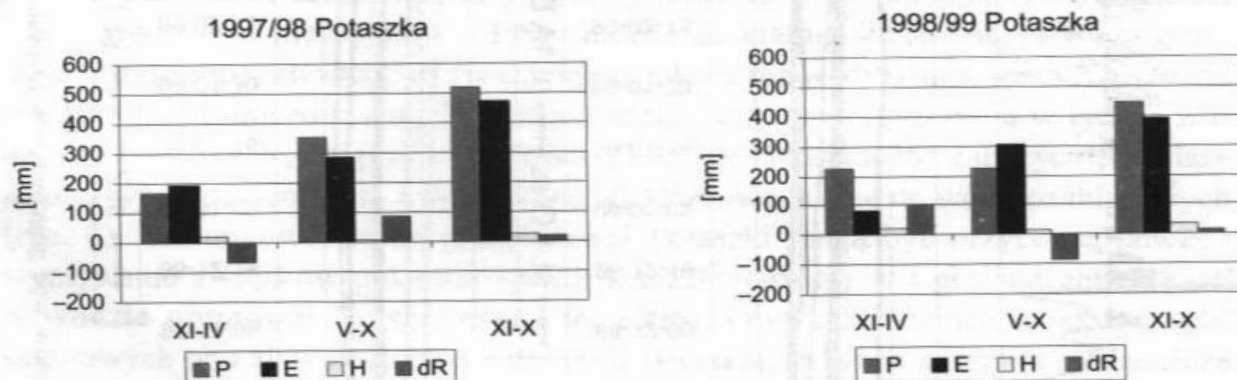


Ryc. 2. Półroczne i roczne wartości składników bilansu wodnego w zlewni Hutki do przekroju Huta Pusta w latach hydrologicznych 1997/1998 i 1998/1999

P – opad atmosferyczny, E – parowanie terenowe, H – wskaźnik odpływu, dR – zmiana retencji

Fig. 2. The half-yearly and yearly values of water balance components for the Hutka river catchment up to gauge station Huta Pusta in hydrological years 1997/1998 and 1998/1999

P – precipitation, E – evapotranspiration, H – index of runoff, dR – change of retention

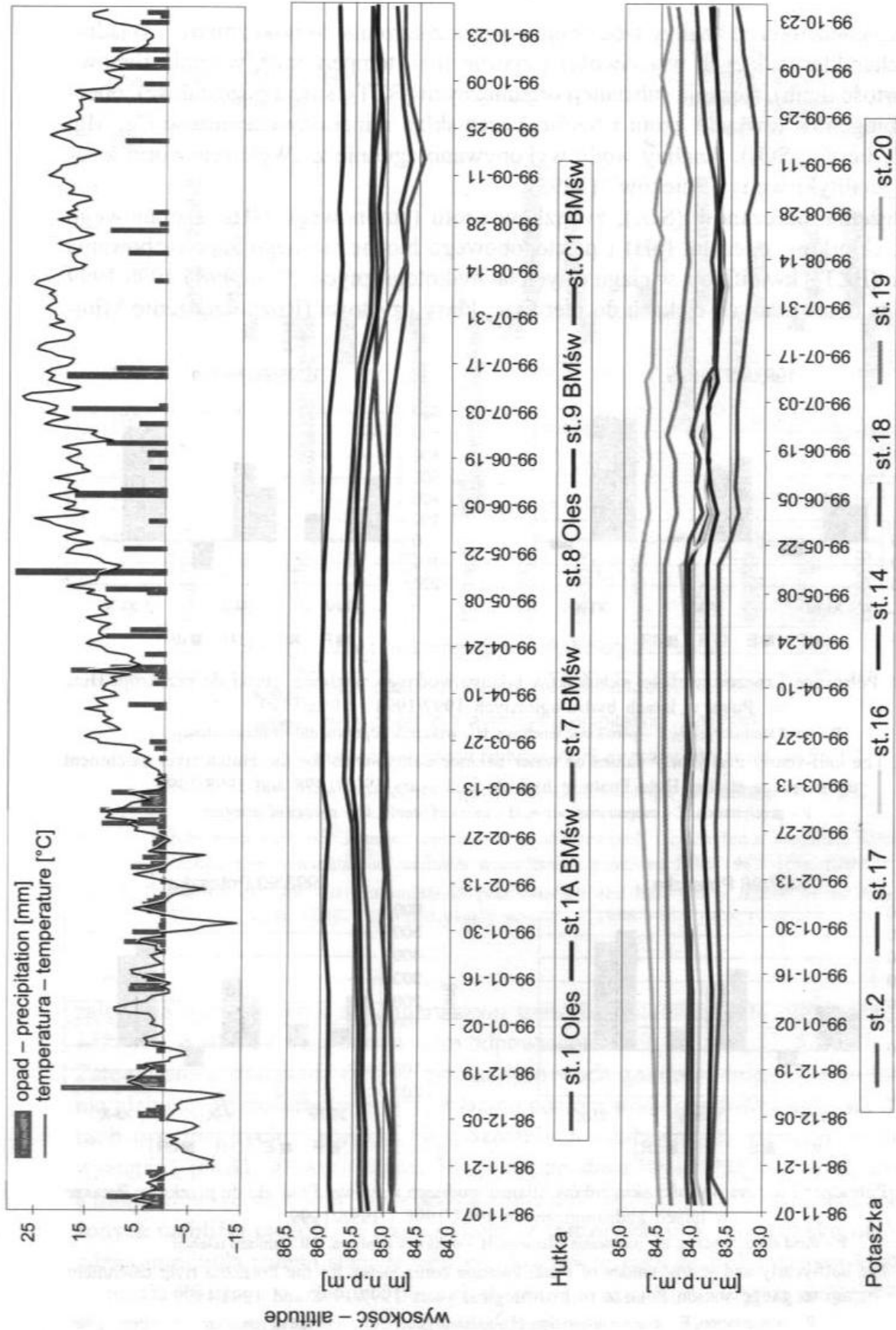


Ryc. 3. Półroczne i roczne wartości składników bilansu wodnego w zlewni Potaszki do przekroju Potasze w latach hydrologicznych 1997/1998 i 1998/1999

P – opad atmosferyczny, E – parowanie terenowe, H – wskaźnik odpływu, DR – zmiana retencji

Fig. 3. The half-yearly and yearly values of water balance components for the Potaszka river catchment up to gauge station Potasze in hydrological years 1997/1998 and 1998/1999

P – precipitation, E – evapotranspiration, H – index of runoff, dR – change of retention



Ryc. 4. Przebieg stanów wód gruntowych w różnych siedliskach leśnych zlewni Hutki oraz na terenach użytkowanych rolniczo zlewni Potaszki na tle opadów atmosferycznych i temperatur powietrza

Fig. 4. Time series of ground water levels at different forest habitats in the Hutka catchment and cropland in the Potaszka catchment against a background of precipitation and air temperature

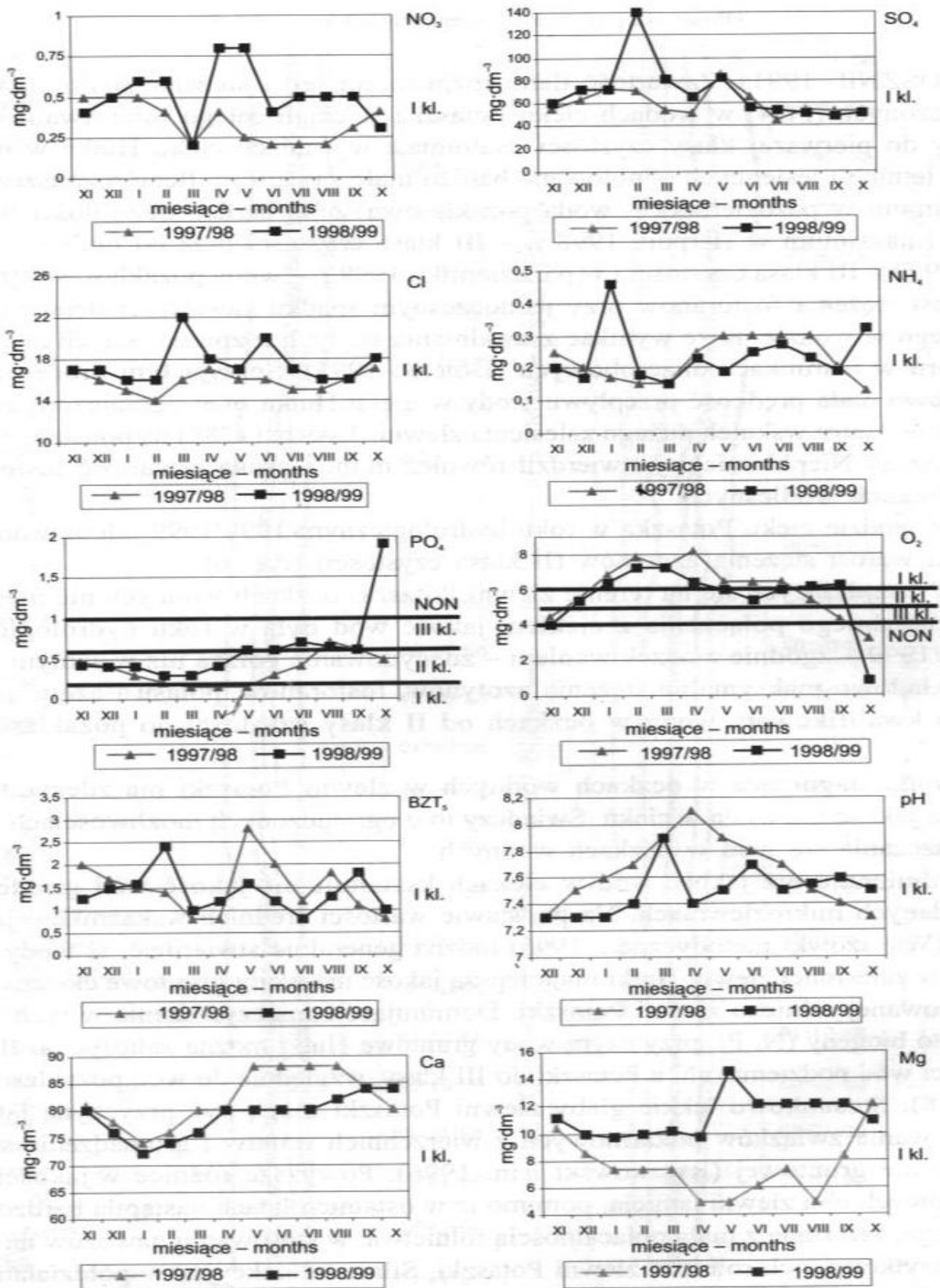
stra OŚZNiL 1991). Zawartość tlenu rozpuszczonego i stężenie fosforanów rozpuszczonych (PO₄) w wodach cieków Potaszka w ciągu całego roku kwalifikuje te wody do pierwszej klasy czystości. Natomiast w wodach cieków Hutka w miesiącach letnich i jesiennych odnotowano bardzo małe zawartości tlenu rozpuszczonego (minimum w październiku – woda pozaklasowa) oraz bardzo duże ilości fosforanów (maksimum w sierpniu 1998 r. – III klasa czystości oraz od maja do września 1999 r. III klasa czystości i w październiku 1999 r. – woda pozaklasowa) (ryc. 5). Wzrost stężenia fosforanów przy jednoczesnym spadku zawartości tlenu rozpuszczonego w wodzie może wynikać z uwalniania się tych rozpuszczalnych związków fosforu w warunkach anaerobowych (DOJLIDO 1995). Sprzyja tym procesom stosunkowo mała prędkość przepływu wody w cieku Hutka oraz ograniczone oddziaływanie wiatru wskutek dużego zalesienia zlewni. TARWID (1988) na podstawie badań w Puszczy Niepołomickiej stwierdził również m.in. wysoką zawartość fosforanów w potokach śródleśnych.

W wodzie cieków Potaszka w roku hydrologicznym 1998/1999 odnotowano niewielki wzrost stężenia azotynów (II klasa czystości) (ryc. 6).

W znajdujących się na terenie zlewni Potaszki oczkach wodnych nie mających bezpośredniego połączenia z ciekami jakość wód była w roku hydrologicznym 1998/1999 – zgodnie z oczekiwaniem – zdecydowanie gorsza niż w samym cieku. Przykładowo maksymalne stężenia azotynów, fosforanów, potasu i azotu amonowego kwalifikowały wody w oczkach od II klasy czystości do pozaklasowych (ryc. 7).

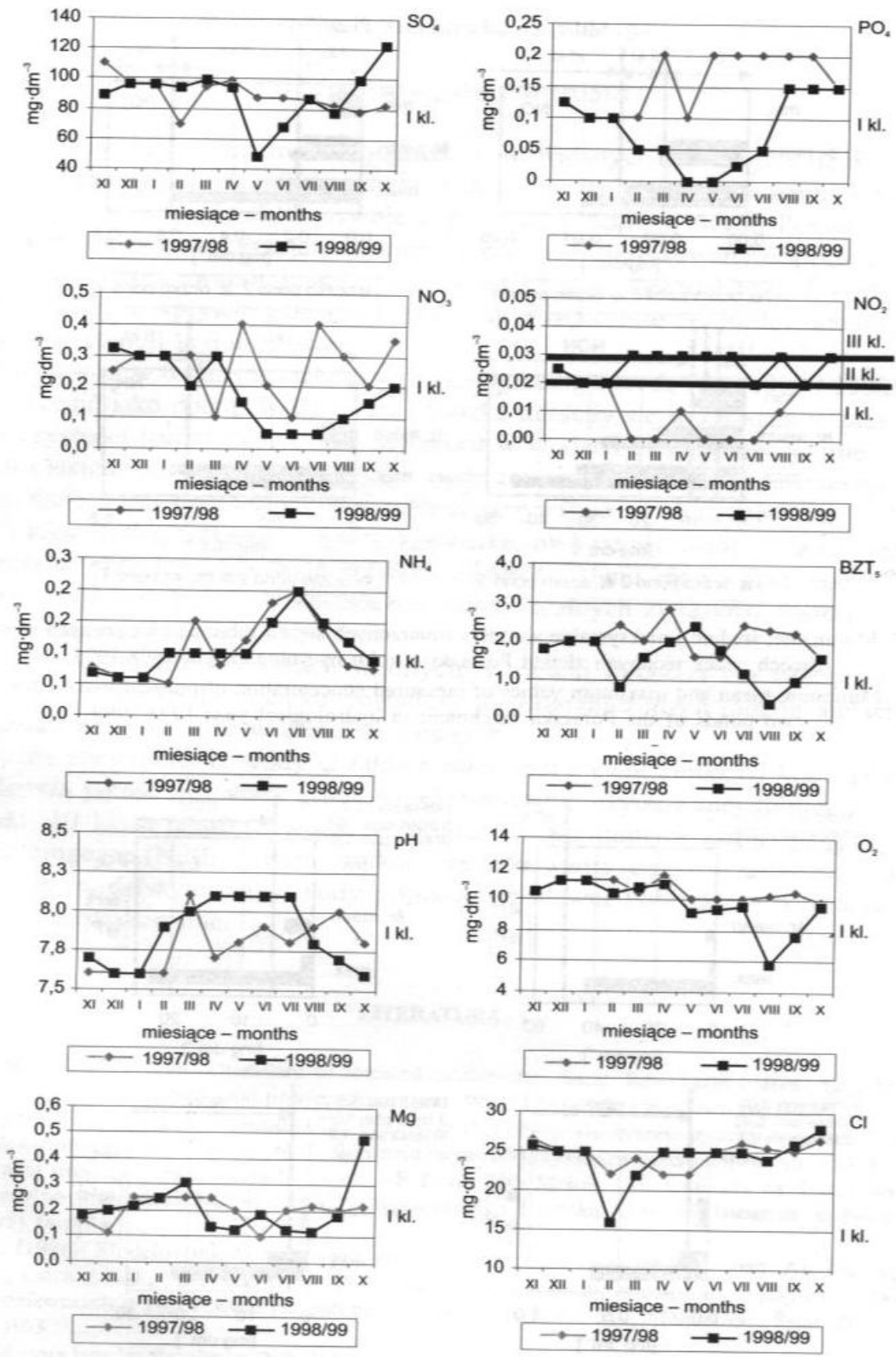
Woda stagnująca w oczkach wodnych w zlewni Potaszki ma zdecydowanie gorszą jakość niż woda w cieku. Świadczy to o ograniczonych możliwościach samooczyszczania się wód w oczkach wodnych.

Odmienne niż jakość wód w ciekach kształtuje się jakość wód gruntowych w badanych mikrozelewniach. Na podstawie wartości średnich wskaźników jakości wód (Wskaźniki metodyczne... 1995) można generalnie stwierdzić, iż wody gruntowe w zalesionej zlewni Hutki mają lepszą jakość niż wody gruntowe ekstensywnie użytkowanej rolniczo zlewni Potaszki. Dominujące zanieczyszczenia w tychże wodach to biogeny (N, P), przy czym wody gruntowe Hutki można zaliczyć do II klasy jakości wód podziemnych, a Potaszki do III klasy, względnie do wód pozaklasowych (ryc. 8). Stosunkowo lekkie gleby zlewni Potaszki mogą być przyczyną łatwego wymywania związków pokarmowych z wierzchnich warstw i gromadzenia się ich w wodzie gruntowej (RYSZKOWSKI i in. 1996). Powyższe różnice w jakości wód gruntowych obu zlewni istnieją, pomimo iż w ostatnich latach nastąpiła bardzo duża redukcja, związana z małą opłacalnością rolnictwa, w stosowaniu nawozów na gruntach użytkowanych rolniczo zlewni Potaszki. Silnie interakcyjne współdziałanie topografii terenu, właściwości gleb (w tym warstwy próchnicznej), roślinności, warunków pogodowych i zabiegów agrotechnicznych powoduje, iż transport wodny związków chemicznych może być bardzo długi, np. rzędu kilku lub kilkunastu lat (RYSZKOWSKI 1992).

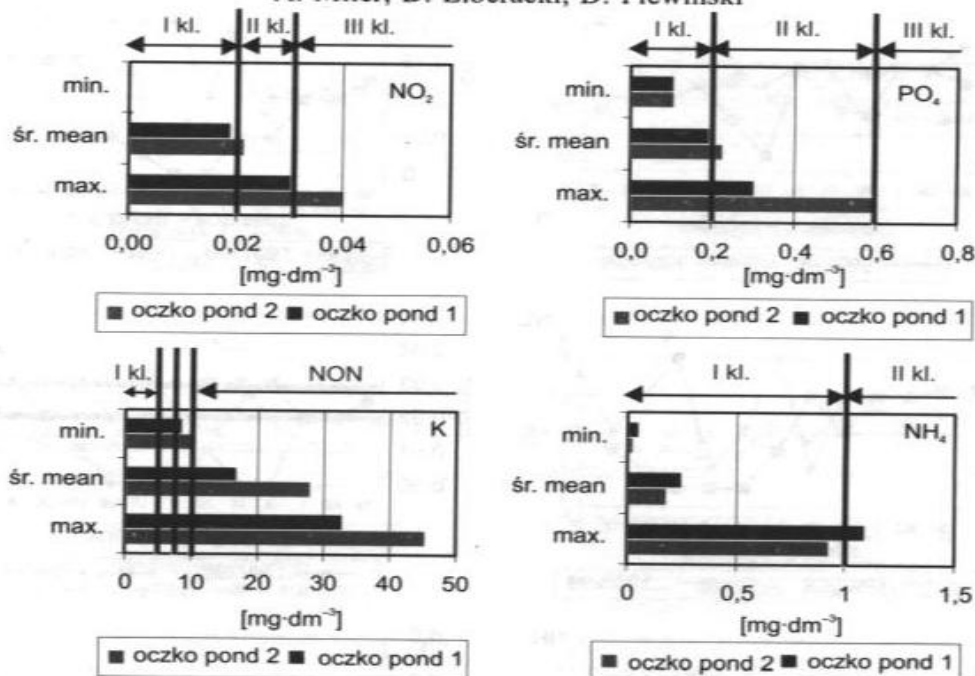


Ryc. 5. Przebiegi czasowe miesięcznych wartości wskaźników jakości wody w cieku Hutka w latach hydrologicznych 1997/1998 i 1998/1999

Fig. 5. Time series of monthly values of water quality indices of the Hutka river in hydrological years 1997/1998 and 1998/1999

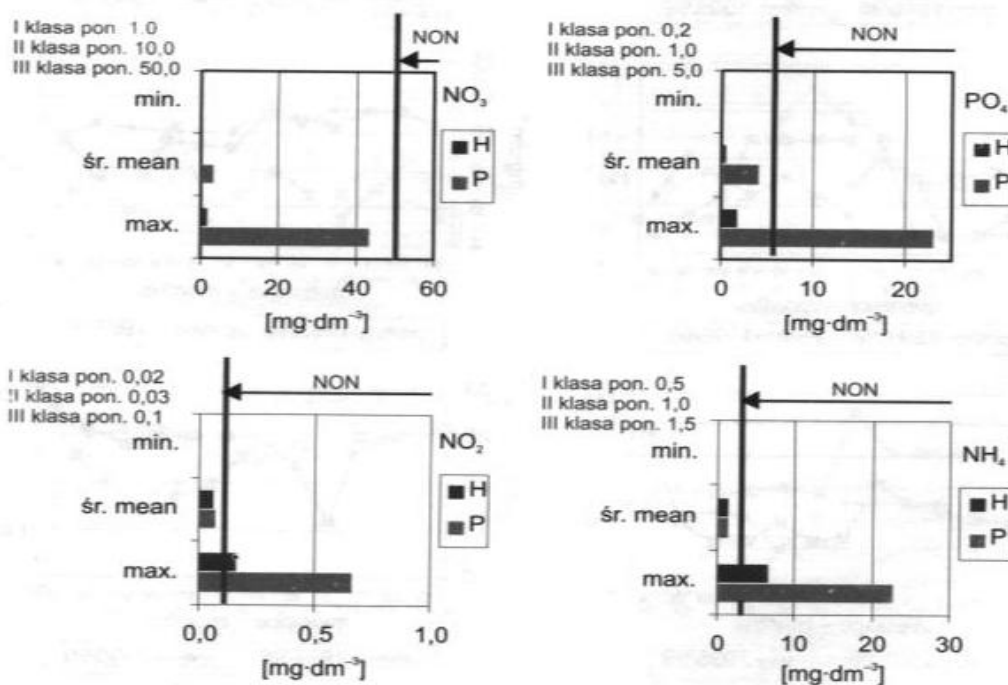


Ryc. 6. Przebiegi czasowe miesięcznych wartości wskaźników jakości wody w cieku Potaszka w latach hydrologicznych 1997/1998 i 1998/1999
 Fig. 6. Time series of monthly values of water quality indices of the Potaszka river in hydrological years 1997/1998 and 1998/1999



Ryc. 7. Minimalne, średnie i maksymalne wartości zmierzonych stężeń substancji biogenych w wodach dwóch oczek wodnych zlewni Potaszki w roku hydrologicznym 1998/1999

Fig. 7. Minimum, mean and maximum values of measured concentration of nutrient matter in water in two ponds of the Potaszka catchment in hydrological year 1998/1999



Ryc. 8. Charakterystyczne wartości biogenów (N, P) w wodach gruntowych w zlewni Hutki (H) i Potaszki (P) w latach hydrologicznych 1997/1998 i 1998/1999

Fig. 8. Specific values of nutrients (N, P) in ground water in the Hutka (H) and the Potaszka (P) catchments in hydrological years 1997/1998 and 1998/1999

PODSUMOWANIE I WNIOSKI

Kontrastowym parametrem fizjograficznym badanych zlewni jest użytkowanie terenu. Zalesiona w prawie 90% zlewnia Hutki posiada bardzo duże zdolności retencyjne w porównaniu do ekstensywnie użytkowanej rolniczo zlewni Potaszki (tylko około 15% zalesienia). Przejawem tego są znacznie zredukowany odpływ o około 35% oraz wyższa ewapotranspiracja o około 25% w zlewni Hutki. Świadczy to o bardzo dużym wpływie zalesienia terenu na zwiększenie zdolności retencyjnych tzw. małej retencji krajobrazowej.

Jakość wód w badanych ciekach w latach hydrologicznych 1997/1998 i 1998/1999 należy ocenić jako dobrą. Wody cieków Potaszka mieściły się w zasadzie w pierwszej klasie czystości (prócz azotynów), natomiast w wodach cieków Hutka w miesiącach letnich i jesiennych odnotowano bardzo małe zawartości tlenu rozpuszczonego oraz bardzo duże ilości fosforanów. Wpłynęło to oczywiście na obniżenie oceny jakości wody cieków Hutka, wskazując nawet na pozaklasową jakość wody. Wzrost stężenia fosforanów przy jednoczesnym spadku zawartości tlenu rozpuszczonego w tych wodach może wynikać z uwalniania się rozpuszczalnych związków fosforu w warunkach anaerobowych.

Woda stagnująca w oczkach wodnych w zlewni Potaszki ma zdecydowanie gorszą jakość niż woda w cieku. Świadczy to o ograniczonych możliwościach samoczyszczania się wód w oczkach wodnych.

Można stwierdzić, iż wody gruntowe zalesionej zlewni Hutki (II klasa jakości) mają lepszą jakość niż wody gruntowe ekstensywnie użytkowanej rolniczo zlewni Potaszki (III klasa jakości i wody pozaklasowe). Dominujące zanieczyszczenia to związki biogenne (N, P). Pomimo znikomego stosowania nawozów w ostatnim dziesięcioleciu, w dalszym ciągu wody gruntowe w zlewni Potaszki są w znaczącym stopniu zanieczyszczone.

LITERATURA

- CHURCH M.R. (1997): Hydrochemistry of forested catchments, *Annu. Rev. Earth Planet. Sci.*, 25.
- DOJLIDO J.R. (1995): Chemia wód powierzchniowych. Wyd. Ekonomia i Środowisko, Białystok.
- KOSTURKIEWICZ A., MILER A., LIBERACKI D., PLEWIŃSKI D. (1999): Wezbrania deszczowe w mikrozwlewniach nizinnych o zróżnicowanym użytkowaniu terenu na przykładzie zalesionej zlewni Hutki i użytkowanej rolniczo zlewni Potaszki. *Rocz. AR Pozn. 310, Melior. Inż. Środ. 20, cz. I*, 421–430.
- Mapa przeglądowa siedlisk Nadleśnictwa Doświadczalnego Zielonka Akademii Rolniczej w Poznaniu (1995) (mskr.).
- MILER A. (1998): Modelowanie obszarowych zmienności różnych miar retencji. Wyd. AR Poznań.
- MILER A., LIBERACKI D., PLEWIŃSKI D. (1999): Obieg wody i wybrane wskaźniki jej jakości w dwóch mikrozwlewniach o zróżnicowanym zalesieniu. *Rocz. AR Pozn. 310, Melior. Inż. Środ. 20, cz. I*, 443–463.
- Plan urządzenia lasu Nadleśnictwa Doświadczalnego Zielonka Akademii Rolniczej w Poznaniu na okres 1.01.1994–31.12.2003 r. (1994) (mskr.).
- Rozporządzenie Ministra Ochrony Środowiska, Zasobów Naturalnych i Leśnictwa z dnia 5.11.1991 r. w sprawie klasyfikacji wód oraz warunków, jakim powinny odpowiadać ścieki wprowadzane do wód lub do ziemi (1991), *Dz. U., Nr 116, poz. 503, Warszawa*.

- RYSZKOWSKI L. (1992): Rolnictwo a zanieczyszczenia obszarowe środowiska. *Postępy Nauk Rolniczych*, 4: 3–14.
- RYSZKOWSKI L., ŻYCYŃSKA-BALONIAK I., SZPAKOWSKA B. (1996): Wpływ barier biogeochemicznych na ograniczanie rozprzestrzeniania się zanieczyszczeń obszarowych. *Materiały II Międzynarodowej Konferencji Naukowo-Technicznej: Oczyszczalnie hydrobotaniczne*, Poznań.
- SULIŃSKI J. (1998): Spojrzenie na wybrane zagadnienia kształtowania się stosunków wodnych w lesie w nawiązaniu do zasad hodowli lasu i instrukcji urządzania lasu, *Zbiór prac wydanych przez Komisję Inżynierii i Gospodarki Wodnej Polskiego Towarzystwa Leśnego*, Warszawa.
- TARWID K. (1988): *Ekologia wód śródlądowych*. PWN, Warszawa.
- Wskazówki metodyczne dotyczące tworzenia regionalnych i lokalnych monitoringów wód podziemnych (1995), *Biblioteka Monitoringu Środowiska, PIOŚ, Warszawa*.
- Wykaz norm z zakresu analityki wody i ścieków (1993), *Instytut Gospodarki Przestrzennej i Komunalnej – Zespół Normalizacji, Warszawa*.

Recenzent
Andrzej Kosturkiewicz

Katedra Melioracji i Kształtowania Środowiska
Akademii Rolniczej im. Augusta Cieszkowskiego w Poznaniu

QUANTITATIVE AND QUALITATIVE ESTIMATION OF WATER RELATIONS IN TWO SMALL LOWLAND CATCHMENTS OF DIFFERENT AFFORESTATION

Summary

In this paper the results of monitoring the amount and the quality of water in two micro-catchments of differentiated land utilisation were analysed. The analysis was carried out on the basis of hydro-meteorological and chemical measurements made in hydrological years 1997/1998 and 1998/1999 in the Hutka (0.52 km²) and the Potaszka (1.33 km²) river catchments. These catchments are located near Poznań in the southern part of the Wielkopolska Lake District, Poland. The obtained reductions of outflow changes and evapotranspiration in the Hutka afforested catchment in contrast to the Potaszka agriculturally utilised catchment were significant. The water quality of the investigated rivers in 1998 and 1999 was considered good. The water of the Potaszka river fell in the first class of cleanness (Polish standards) (excluding nitrite nitrogen), whereas in the water of the Hutka river in summer and autumn months a very low concentration of dissolved oxygen and a high concentration of phosphates were noted. The phosphates from soluble compounds of phosphorus were produced under anaerobic conditions. High to medium concentrated nutrients (N, P) were a main pollution in the ground water of both investigated catchments. The quality of ground water was better in the forested catchment of the Hutka than in the catchment of the Potaszka, where land is used by agriculture.