

KRZYSZTOF JÓŹWIAKOWSKI, MICHAŁ MARZEC,
RADOMIR OBROŚLAK

ZMIANY STANU JAKOŚCI WÓD POWIERZCHNIOWYCH W DOLINIE RZEKI CIEMIĘGA W LATACH 1999–2004*

CHANGES OF SURFACE WATER QUALITY IN THE VALLEY OF CIEMIĘGA RIVER IN 1999–2004

Katedra Melioracji i Budownictwa Rolniczego, Akademia Rolnicza w Lublinie

Abstract: This study presents the results of investigations concerning changes of the surface water quality in Valley of Ciemięga River. The investigations were conducted in 1999–2004. The samples for analyses were taken from four ponds and from the Ciemięga River in Jastków and Snopków. The water quality in ponds and in the Ciemięga River has been qualified to the fourth and fifth class of water quality. The indicators which decrease water quality are: BOD₅, COD, total nitrogen, phosphates, total suspended solids and iron. No clear improvement of water quality in analyzed reservoirs and Ciemięga River was observed recently.

Słowa kluczowe: jakość wód powierzchniowych, zlewnia rolnicza.

Key words: surface water quality, agricultural catchment.

WSTĘP

Zlewnie rolnicze i obszary wiejskie uznawane są za jedno z głównych źródeł zanieczyszczenia wód powierzchniowych i ich eutrofizacji [Sapek 1996; Zabłocki, Pieńkowski 1999; Durkowski, Woroniecki 2001]. Największy udział w pogarszaniu jakości wody na terenach wiejskich mają substancje przedostające się z powierzchni terenu, określane jako zanieczyszczenia obszarowe oraz ścieki z gospodarstw domowych i budynków inwentarskich. Przenikanie ich do wód powierzchniowych, z uwagi na obecność składników biogennych (głównie azotu i fosforu), wywołuje niekorzystne zmiany, prowadzące do obniżania walorów środowiska naturalnego, a w skrajnych przypadkach nawet do destrukcji ekosystemów wodnych (eutrofizacja, zamieranie

*Praca naukowa finansowana ze środków Komitetu Badań Naukowych w latach 2003–2005 jako projekt badawczy nr P06S 026 25.

organizmów w wyniku oddziaływania środków ochrony roślin). Wielkość migracji i depozycji biogenów oraz substancji czynnych zależy między innymi od lokalnych warunków fizyczno-geograficznych, glebowych, intensywności i sposobu produkcyjnego wykorzystania obszarów wiejskich oraz stopnia rozwoju cywilizacyjnego [Niemirycz i in. 1993; Koc i in. 1997]. Monitoring jakości wód w zlewniach rolniczych pozwala na lokalizowanie źródeł zanieczyszczeń zarówno obszarowych związanych z rolniczym użytkowaniem zlewni, jak i punktowych pochodzących z gospodarstw rolnych oraz podejmowanie działań ograniczających ich negatywne oddziaływanie na jakość wód powierzchniowych i gleb [Józwiakowski i in. 1998; Orlik, Józwiakowski 1999; Józwiakowski, Marzec 2001].

Badana zlewnia ma powierzchnię około 160 km² i położona jest na Wyżynie Lubelskiej. Płytkie wody podziemne, występujące w dolinie rzeki Ciemięgi, umożliwiły budowę małych zbiorników wodnych (stawów) zasilanych przede wszystkim ze źródeł i wsiędków oraz przez wody naporowe (subartezyjskie).

W ostatnich latach środowisko zlewni rzeki Ciemięgi zaczyna podlegać coraz większej antropopresji, wyrażającej się m.in. wzrostem intensyfikacji rolnictwa z uwagi na wysoką wartość występujących tu gleb lessowych. Poziom infrastruktury wsi w zlewni rzeki Ciemięgi jest dość wysoki – większość wsi ma wodociągi zbiorowe, tylko nieznaczna część jest jednak skanalizowana i wyposażona w oczyszczalnię ścieków. Zagrożenie dla jakości wód powierzchniowych i podziemnych oraz gleb w obrębie zlewni stanowią również nieszczelne szamba, doły gnilne, składowiska odpadów, a także miejsca gromadzenia odchodów zwierzęcych stałych (obornik) i ciekłych (gnojowica i gnojówka) oraz kiszonek. Obecnie istnieją coraz większe obawy przed zmianą środowiska wodnego w zlewni rzeki pod wpływem procesów eutroficznych.

Celem pracy jest porównanie jakości wód powierzchniowych w zlewni rzeki Ciemięgi na odcinku Jastków – Snopków w latach 1999–2001 oraz 2004. W pracy podjęto próbę wskazania głównych kierunków zmian jakościowych w wodach powierzchniowych oraz wyjaśnienia ich przyczyn.

MATERIAŁ I METODY

Badaniami objęto 4 stawy o powierzchni od 416 do 3663 m², pojemności od 333 do 4396 m³ i średniej głębokości 0,5–1,2 m. Ponadto analizowano jakość wody w rzece Ciemiędze w miejscowościach Jastków (powyżej stawów) i Snopków (poniżej stawów). Próbkę wód do analiz pobierano sezonowo: wiosną, latem, jesienią i zimą. Analizy i pomiary fizyczno-chemiczne wykonywano według powszechnie stosowanych metod: odczyn – potencjometrycznie, przewodność właściwą – konduktometrycznie, amoniak, azotyny, azotany, azot ogólny, fosforany, siarczany, żelazo, potas i chlorki – fotometrycznie, ChZT – metodą dwuchromianową. Ponadto badano zawartość tlenu, zawiesiny ogólne – metodą wagową i BZT₅ – metodą rozcieńczeń. Do analiz przyjęto średnie arytmetyczne, minimalne i maksymalne wartości wskaźników z lat 1999–2001 oraz 2004. Na podstawie otrzymanych wyników przeprowadzono ocenę zmian jakości wód w analizowanych okresach. Klasyfikacji wód dokonano zgodnie z Rozporządzeniem Ministra Środowiska z dnia 11 listopada 2004 r.

WYNIKI BADAŃ I DYSKUSJA

Wyniki badań wskazują na wyraźne różnice pomiędzy jakością analizowanych wód powierzchniowych w latach 1999–2001 oraz 2004. Trudno jednoznacznie określić kierunek zmian jakościowych, albowiem w okresie badań zawartość części składników wzrastała, stężenia innych zaś ulegały znacznemu zmniejszeniu (tab. 1).

W 2004 roku średnie zawartości zawiesin ogólnych we wszystkich zbiornikach oraz w rzece (Jastków) wyraźnie zmniejszyły się w porównaniu ze średnimi z lat 1999–2001, osiągając poziom charakterystyczny dla I klasy jakości. Jedynie na odcinku rzeki w Snopkowie notowano niewielki wzrost ilości tego składnika. Podobnie wielkość BZT_5 w trakcie badań uległa zmniejszeniu. Szczegółowa analiza wyników badań wskazuje na wyraźną zmienność sezonową wskaźnika. Podwyższone wartości notowano zimą, gdy ilość zawiesin organicznych w zbiornikach jest stosunkowo niewielka. Skłania to do przypuszczeń, że źródłem podwyższonego BZT_5 jest dopływ zanieczyszczeń z gospodarstw rolnych, np. z miejsc składowania kiszonek i nawozów organicznych. Wydaje się to prawdopodobne z uwagi na ograniczone możliwości filtracyjne gleby zimą oraz usytuowanie gospodarstw na stokach doliny, co dodatkowo sprzyja migracji zanieczyszczeń. Wielkość wskaźnika w rzece była wyraźnie niższa, na poziomie określonym dla I klasy jakości. Obecność związków organicznych w zbiornikach wzmaga procesy biochemicznego rozkładu, co z kolei pociąga za sobą większe zużycie tlenu rozpuszczonego. Wyniki badań potwierdzają tę zależność, albowiem wzrostowi BZT_5 zawsze towarzyszyło obniżenie zawartości tlenu rozpuszczonego. Wielkości $ChZT$ w poszczególnych zbiornikach, jak i w rzece były dość zróżnicowane. Ogólnie rzecz biorąc w 2004 roku dominowała tendencja obniżania wartości tego wskaźnika w porównaniu z okresem 1999–2001.

Duża zmienność charakteryzowała również zawartość azotu ogólnego. W latach 1999–2001 zarówno w stawach, jak i w rzece kształtowała się na poziomie około $20 \text{ mg} \cdot \text{dm}^{-3}$, na granicy IV i V klasy jakości. W tym okresie udział form mineralnych, amonowej oraz azotanowej był stosunkowo niewielki, dominował natomiast azot w formie organicznej. Szczególnie wysokie stężenie notowano w okresie wczesnowiosennym oraz letnim, gdy dominują sploty wód roztopowych i opadowych. Można domniemywać, że wypłukują one z terenu gospodarstw bogate w substancję organiczną odchody zwierząt lub też odcieki ze składowania nawozów organicznych lub kiszonek. Odmienna sytuacja wystąpiła w 2004 roku, gdy ilość azotu ogólnego we wszystkich analizowanych wodach zmniejszyła się do poziomu około $2 \text{ mg} \cdot \text{dm}^{-3}$. Jednocześnie nastąpił wzrost stężenia amoniaku i azotanów, szczególnie w rzece. Uzasadniając tak znaczny spadek ilości azotu organicznego w roku 2004 należy nadmienić, że w analizowanym okresie nastąpiły poważne zmiany w kierunkach gospodarowania, w wyniku których wiele gospodarstw zaniechało hodowli, likwidując małe stada bydła mlecznego.

Zawartość fosforanów w stawach w pierwszym okresie badań (1999–2001) oscylowała w granicach określonych dla I–III klasy jakości ($0,18$ – $0,89 \text{ mg} \cdot \text{dm}^{-3}$). W 2004 roku stężenie składnika w badanych stawach wzrosło wielokrotnie, przekraczając poziom $1 \text{ mg} \cdot \text{dm}^{-3}$. W rzece zawartość fosforu w analizowanym okresie zwiększyła

TABELA 1. Minimalne, maksymalne oraz średnie wartości (min.-maks./średnia) wybranych wskaźników jakości wody w badanych stawach i rzece Ciemiędze
 TABLE 1. Minimum, maximum and mean values (min.-max./mean) of selected indices of water quality in investigated ponds and Ciemięga River

Wskaźniki jakości wody Indices of water quality	Staw nr 1 – Pond 1		Staw nr 2 – Pond 2		Staw nr 3 – Pond 3		Staw nr 4 – Pond 4	
	1999–2001	2004	1999–2001	2004	1999–2001	2004	1999–2001	2004
Temperatura – Temperature [°C]	-1,5–24/10,1	0,5–18/9,3	-1,5–19/9,4	0,5–13/6,8	-1–20/10,4	0,5–1/8,8	-2–20/9,7	0,5–16/8,3
Przewodność – Conductivity [$\mu\text{s} \cdot \text{cm}^{-1}$]	163–563/388	569–666/616	126–572/424	629–647/641	347–490/421	594–639/617	171–530/376	395–725/565
pH	5,94–7,92	7,78–8,13	6,34–7,97	7,32–7,60	6,54–7,77	7,64–8,08	6,44–7,79	7,41–7,74
Zawiesiny og. – Suspended solids [$\text{mg} \cdot \text{dm}^{-3}$]	2,4–100/33,9	3,7–24/14,6	1,4–168/34,5	6–18,1/2,4	1,3–97,8/33,0	3–23/10,0	3–127/24,9	3–12,3/6,8
Tlen rozpuszczony – Dissolved oxygen [$\text{mg} \text{O}_2 \cdot \text{dm}^{-3}$]	2,7–14,7/8,37	4,7–16,1/9,5	4,5–21,8/11,7	4,5–10,2/6,8	7,3–20,0/11,3	5,0–22,0/11,6	4,5–25,0/10,4	2,1–10,8/6,6
BZT ₅ – BOD ₅ [$\text{mg} \text{O}_2 \cdot \text{dm}^{-3}$]	1,4–21,6/6,6	2,6–5,9/7,5	1,0–21,7/7,7	2,6–4,4/3,4	1,4–13,6/7,4	4,3–7,7/5,5	1,9–51,2/11,1	6,7–10,8/8,7
ChZT – COD [$\text{mg} \text{O}_2 \cdot \text{dm}^{-3}$]	15–63/36	13–66/36	15–46/24	3–20/12	15–50/40	3–21/11	15–44/32	19–90/40
Amoniak – Ammonium [$\text{mg} \text{NH}_4 \cdot \text{dm}^{-3}$]	0,1–1,89/0,53	0,08–0,38/0,23	0,1–7,0/0,78	0,12–0,62/0,33	0,1–0,7/0,19	0,06–0,64/0,32	0,1–0,7/0,21	0,08–0,5/0,31
Azotany – Nitrate [$\text{mg} \text{NO}_3 \cdot \text{dm}^{-3}$]	0,5–0,5/0,50	0,5–0,5/0,50	0,5–8,41/4,40	1,1–3,9/2,45	0,5–8,89/2,6	0,5–5,6/2,7	0,5–1,1/0,55	0,5–2,0/0,88
Nog. – Ntot. [$\text{mg} \text{N} \cdot \text{dm}^{-3}$]	3–32,6/17,9	0,9–1,8/1,4	8,1–33/17,4	1,2–2,7/1,8	7,5–43/19,8	1,6–2,6/2,1	8,6–33,9/18,5	1,7–2,5/2,0
Fosforany – Phosphates [$\text{mg} \text{PO}_4 \cdot \text{dm}^{-3}$]	0,18–0,61/0,27	0,2–5,6/2,23	0,18–0,89/0,50	0,4–1,0/0,73	0,18–1,99/0,38	0,7–2,8/1,55	0,18–0,71/0,23	0,2–8,2/2,68
Chlorki – Chloride [$\text{mg} \text{Cl} \cdot \text{dm}^{-3}$]	2–7,3/ 4,4	3,2–4,8/4,0	11,3–24/14,8	8,1–10/8,7	8,8–19,8/11,4	7,6–9,5/8,9	3,9–18,5/7,3	5,9–12,4/ 8,8
Siarczany – Sulphates [$\text{mg} \text{SO}_4 \cdot \text{dm}^{-3}$]	10–10/10,0	10–10/10,0	10–37/27,8	10–24/16,2	12,7–36/23,0	10–19,5/12,7	10–16,8/10,0	10–10/10,0
Potas – Potassium [$\text{mg} \text{K} \cdot \text{dm}^{-3}$]	1,0–7,2/2,5	2,2–3,9/3,1	1,1–3,7/1,9	1,5–2,0/1,7	1,0–3,2/2,2	2,0–4,4/3,2	1,0–2,7/1,8	1,6–2,1/1,9
Żelazo – Iron [$\text{mg} \text{Fe} \cdot \text{dm}^{-3}$]	0,2–9,5/1,7	0,3–0,5/0,4	0,2–0,2/ 0,2	0,2–0,2/0,2	0,2–0,4/0,27	0,2–0,4/0,25	0,4–1,4/0,83	0,4–1,8/ 1,1

TABELA 1 cd. – TABLE 1 continued

Wskaźniki jakości wody Indices of water quality	Rzeka Ciemiega – Jastków Ciemiega River – Jastków		Rzeka Ciemiega – Snopków Ciemiega River – Snopków	
	1999–2001	2004	1999–2001	2004
Temperatura Temperature [°C]	1,5–16 7,77	0,5–18,1 10,5	-1–16 7,8	0,5–13 6,8
Przewodność Conductivity [$\mu\text{s} \cdot \text{m}^{-1}$]	369–641 511	664–778 713	364–618 493	607–745 683
Zawiesiny ogólne – Total suspended solids [$\text{mg} \cdot \text{dm}^{-3}$]	1,1–93,7 15,8	8–15 12,0	2,3–48,7 16,3	11–24 17,9
Tlen rozpuszczony Dissolved oxygen [$\text{mg O}_2 \cdot \text{dm}^{-3}$]	7,1–11,6 9,2	5,0–0,8 8,6	4,0–12,2 8,4	5,0–10,7 8,1
BZT ₅ BOD ₅ [$\text{mg O}_2 \cdot \text{dm}^{-3}$]	1,7–3,3 2,4	1,0–3,2 1,9	1,1–3,2 2,6	1,0–6,1 3,1
ChZT COD [$\text{mg O}_2 \cdot \text{dm}^{-3}$]	15–41 31	4–17 11	20–44 30	4–43 19
Amoniak Ammonium [$\text{mg NH}_4 \cdot \text{dm}^{-3}$]	0,2–0,8 0,46	0,28–1,01 0,55	0,1–0,5 0,30	0,08–0,23 0,76
Azotany Nitrate [$\text{mg NO}_3 \cdot \text{dm}^{-3}$]	0,5–1,5 1,03	0,5–3,9 2,35	0,5–2,7 1,76	0,5–3,6 2,40
Azot ogólny Total nitrogen [$\text{mg N} \cdot \text{dm}^{-3}$]	8,4–63,3 20,0	1,4–2,2 1,8	5,4–72,3 20,1	1,4–2,6 1,9
Fosforany Phosphates [$\text{mg PO}_4 \cdot \text{dm}^{-3}$]	0,18–0,4 0,28	0,3–1,4 0,75	0,18–1,53 0,41	0,4–1,8 0,93
Chlorki Chloride [$\text{mg Cl} \cdot \text{dm}^{-3}$]	6,1–11,1 8,9	4,8–12,2 9,2	6,6–26 10,1	3,2–10,4 7,6
Siarczany Sulphates [$\text{mg SO}_4 \cdot \text{dm}^{-3}$]	10–10 10,0	10–16,8 12,4	10–10 10,0	10–19,5 12,4
Potas Potassium [$\text{mg K} \cdot \text{dm}^{-3}$]	1,1–4,6 2,1	1,6–1,9 1,8	1,0–5,6 2,1	1,7–3,4 2,2
Żelazo Iron [$\text{mg Fe} \cdot \text{dm}^{-3}$]	0,5–0,8 0,6	0,3–0,9 0,7	0,5–0,7 0,5	0,3–0,6 0,5

się mniej wyraźnie, osiągając poziom IV klasy jakości. Przy wspomnianym zmniejszeniu żyzności wód dopływających z powierzchni gospodarstw fakt zwiększenia ilości fosforanów w 2004 roku można uzasadniać nasileniem procesów erozyjnych w dolinie Ciemięgi. Związki fosforu są mniej podatne na wymywanie z gleb z uwagi na to, że ulegają silnej sorpcji na minerałach ilastych, w związku z tym najkorzystniejsze warunki do ich przemieszczania stwarza erozja wodna i wietrzna [Pondel i in. 1991]. Analizowana dolina rzeki Ciemięgi, jak i cała jej zlewnia należy do obszarów w wysokim stopniu zagrożonych procesami erozyjnymi, na co decydujący wpływ ma urozmaicona rzeźba oraz pyłowy charakter gleb, wytworzonych z lessów. W związku z tym można przypuszczać, iż to właśnie zmywy erozyjne są przyczyną przemieszczania fosforu z pól uprawnych, tym bardziej że wzrost jego stężenia w stawach przypadał z reguły na okresy wiosennych roztopów i letnich opadów, co jest zgodne z wynikami innych autorów [Borowiec, Urban 1998]. Poza transportem materiału glebowego spływy erozyjne rozpuszczają wiele związków chemicznych zawartych w glebie, w tym węglan wapnia, który w glebach lessowych występuje w dużych ilościach. O obecności jonów wapniowych i węglanowych może świadczyć wyraźny wzrost przewodności właściwej w zbiornikach oraz w rzece w 2004 roku. Również zakres notowanych w tym okresie wartości pH był zdecydowanie wyższy, co może mieć związek ze zwiększonym dopływem zasadowych jonów wapnia czy magnezu.

Stężenie siarczanów, chlorków i potasu kształtowało się na niskim i wyrównanym poziomie, określonym dla wód najczystszych. Zawartości żelaza jedynie w stawie nr 1 były dość zróżnicowane i sięgające sporadycznie $10 \text{ mg} \cdot \text{dm}^{-3}$, w pozostałych zakres stwierdzonych wartości był węższy – od 0,2 do $1,8 \text{ mg} \cdot \text{dm}^{-3}$.

Podsumowując warto zwrócić uwagę na ważną rolę, jaką potencjalnie spełniać mogą małe zbiorniki wodne, położone w sąsiedztwie cieków wodnych. Wyniki oznaczeń fosforanów i BZT₅ wskazują, że są one swego rodzaju studniami chłonnymi, w których następuje akumulacja części zanieczyszczeń spływających z terenu zlewni, a z czasem również ich biodegradacja. Z jednej strony prowadzi to do pogorszenia jakości wody w zbiornikach, z drugiej jednak zabezpiecza przed zanieczyszczeniem wody w cieku.

WNIOSKI

1. Stwierdzono znaczące zróżnicowanie stężenia azotu ogólnego, fosforanów oraz wielkości BZT₅ i przewodności właściwej zależnie od pory roku. Wartości wspomnianych wskaźników w zbiornikach wzrastały w okresie wczesnej wiosny i lata.
2. Parametrami obniżającymi jakość wód w stawach oraz w rzece były azot ogólny, fosforany, BZT₅ i ChZT.
3. Decydującą rolę w kształtowaniu jakości wód powierzchniowych w zlewni lessowej odgrywają warunki meteorologiczne, szczególnie rozkład opadów i związane z nim procesy erozyjne. Spływy powierzchniowe z pól uprawnych mogą być źródłem związków fosforu oraz przyczyniają się do wzrostu siły jonowej i wartości pH wód.
4. W okresie badań odnotowano znaczny wzrost stężenia fosforanów i wielkości przewodności oraz zmniejszenie wielkości BZT₅ i zawartości azotu ogólnego w wodach powierzchniowych.

5. Zbiorniki wodne w dnie doliny rzecznej akumulują część substancji transportowanych z obszaru zlewni, dzięki czemu mogą chronić wody w rzece przed zanieczyszczeniem.

LITERATURA

- BOROWIEC J., URBAN D. 1998: Dynamika chemizmu wód powierzchniowych doliny rzecznej – w obszarze występowania erodowanych gleb lessowych. *Fragmenta Agronom.* 4A: 255–265.
- DURKOWSKI T., WORONIECKI T. 2001: Jakość wód powierzchniowych obszarów wiejskich Pomorza Zachodniego. *Zesz. Probl. Post. Nauk Roln.* 476: 365–371.
- JÓZWIAKOWSKI K., MARZEC M. 2001: Stan czystości wód powierzchniowych na terenie erodowanej zlewni rolniczej. *Inż. Roln.* 2: 117–122.
- JÓZWIAKOWSKI K., ORLIK T., SAWICKI B. 1998: Water quality in small water basins on agricultural catchment. Internationales EIPOS – Kolloquium Umweltwissenschaften. „Instrumente des preventiven Umweltschutzes und deren Einbeziehung in regionale Konzepte”. 23–24.04.1998 Praga: 125–129.
- KOC J., PROCYK Z., SZYMCZYK S. 1997: Czynniki kształtujące jakość wód powierzchniowych obszarów wiejskich. *Mat. Konf. Nauk-Tech.* „Woda jako czynnik warunkujący wielofunkcyjny i zrównoważony rozwój wsi i rolnictwa”. PHARE-FAPA-IMUZ, Falenty: 222–229.
- NIEMIRYCZ E., TAYLOR R., MAKOWSKI Z. 1993: Zagrożenia substancjami biogennymi wód powierzchniowych. *Biblioteka Monitoringu Środowiska*, PIOŚ, Warszawa: 88 ss.
- ORLIK T., JÓZWIAKOWSKI K. 1999: Changes of water quality in small water basins in the agricultural catchment of Ciemięga river. *Mat. Konf. Nauk.* „Przyrodnicze i techniczne problemy ochrony i kształtowania środowiska rolniczego i leśnego”. 17–19.09 1999 Sielinko: 103–112.
- PONDEL H., RUSZKOWSKA M., SYKUT S., TERELAK H. 1991: Wymywanie składników nawozowych z gleb w świetle badań IUNG. *Rocz. Glebozn.* 42 (3/4): 97–107.
- ROZPORZĄDZENIE MINISTRA ŚRODOWISKA z dnia 11 listopada 2004 r.: W sprawie klasyfikacji dla prezentowania stanu wód powierzchniowych i podziemnych, sposobu prowadzenia monitoringu oraz sposobu interpretacji wyników i prezentacji stanu tych wód. *Dz. U.* Nr 32, poz. 284.
- SAPEK A. 1996: Udział rolnictwa w zanieczyszczeniu wody składnikami nawozowymi. *Zesz. Eduk. IMUZ* 1/96: 9–33.
- ZABŁOCKI Z., PIEŃKOWSKI P. 1999: The changes in mineral nitrogen concentrations in stream and drain waters of Western Pomerania in 1973–1994. *Mat. Konf.* „Obieg i bilans azotu w rolnictwie polskim”, Falenty/Nadarzyn 1–2.12.1998, IMUZ Falenty: 150–159.

Dr Krzysztof Józwiakowski
Katedra Melioracji i Budownictwa Rolniczego AR w Lublinie
ul. Leszczyńskiego 7, 20-069 Lublin
e-mail: kyo71@tlen.pl