

Zmienność stężenia biogenów w wodzie rzeki Mała Panew pod wpływem opadów atmosferycznych i przepływów w rzece

Słowa kluczowe: zlewnia rzeki Mała Panew, substancje biogenne, stanowisko badawcze, opady atmosferyczne, natężenie przepływu, współczynnik korelacji, stężenie miogenów.

Key words: Mała Panew river basin, biogenic compounds, examination station, precipitation, flow rate, correlation coefficient, biogenic concentration.

Skład chemiczny wód powierzchniowych jest związany z wszelkimi procesami zachodzącymi w zlewni. Wody płynące są zasilane opadami atmosferycznymi i wodą z drenażu. Wielkość i intensywność opadów oraz rozwinięcie sieci systemów melioracji i drenażu wpływa na fizykochemiczny charakter wody. Wyższe stężenia biogenów są notowane w niższych odcinkach rzek. Stężenia związków biogenych w wodzie rzeki podlegają sezonowej zmienności na skutek wpływu zmiennych warunków hydrologicznych, sezonu wegetacyjnego i działalności antropogenicznej. Poziome stężenia fosforanów w wodzie rzek kształtuje wodno-ściekowa gospodarka zlewni. Wielkość stężenia azotanów w wodach jest uwarunkowana czynnikami naturalnymi (opady, okres wegetacji roślin), terminami stosowania nawozów azotowych na gruntach rolnych [1, 2]. Tam, gdzie zasilanie rzek w pierwiastki odżywcze jest dość wyrównane, wysokie stany wody będą rozcieńczać stężenia, a niskie stany wód powodować zwiększenie stężenia. Wysokie przepływy zmniejszają możliwość biotycznego wiązania soli biogenych i zwiększają ich transport w dół cieku. Niskie przepływy, retencyjność kanału cieku, stan rozwoju roślinności naczyniowej w rzece oraz wymiana między różnymi rodzajami przepływów (powierzchniowym i podpowierzchniowym) zwiększają możliwość wiązania substancji [3].

Wielkości wmywanych i odpływających składników biogenych ze zlewni są zależne od opadu atmosferycznego w powiązaniu z przepuszczalnością gleb, ilością występujących w glebie substancji nawozowych, obecnością i rozwojem mikroorganizmów, okresem wegetacyjnym i sposobem zagospodarowania gruntów [2, 4–7]. Forma azotanowa azotu jest najsłabiej związana przez kompleks sorpcyjny gleby i dlatego pod wpływem opadów najszybciej

ulega przemieszczaniu i wymywaniu. Forma amonowa azotu jest silnie sorbowana przez materiał glebowy i nie ulega tak łatwo wymyciu. Dlatego zawartość azotu amonowego w wodach ulega mniejszym wahaniom w ciągu roku niż innych biogenów. Fosfor dostaje się do wód rzecznych na skutek erozji. Fosforany są wymywane z gleby najsłabiej, gdyż mają zdolność przechodzenia w niej w formy nierozpuszczalne [1, 2, 8].

Dla pełnego obrazu migracji substancji nawozowych bada się zależności przepływu wody w rzece między stężeniami biogenów w wodzie. Ponadto obserwuje się wpływ opadów na zmienność stężeń wskaźników fizyczno-chemicznych w wodzie, a tym samym na jakość wód [2, 7, 9–12].

Teren i zakres badań

Źródło Małej Panwi znajduje się w pobliżu Koziegłówek. Mała Panew to rzeka nizinna. Rzeki takie charakteryzują szerokie koryta o licznych zakolach i małych spadkach podłużnych. Prędkość przepływu rzek nizinnych jest niewielka, dlatego też mają one tendencję do zamulania. Koryto rzeki ulega spłyceciu, co prowadzi do występowania jej z brzegów i zalewania przyległych terenów. Mała Panew płynie przez Zieloną, Kalety, Gminę Tworóg, Lubliniec-Kokotek, Krupski Młyn, Zawadzkie, Kolonowskie, Ozimek i Turawę. Do koryta rzeki dopływają ścieki z oczyszczalni ścieków miejskich i przemysłowych oraz docierają spływy powierzchniowe z obszarów rolniczych. To głównie w granicach województwa opolskiego na odcinku od Ozimka do ujścia do Odry są położone tereny rolnicze. Ujście Małej Panwi do Odry jest na granicy Opola i gminy Dobrzeń Wielki. Utworzenie Jeziora Turawskiego w biegu Małej Panwi polegało na wzniesieniu zapory rzecznej oraz utworzeniu sztucznego zbiornika wodnego. Zbiornik Turawski zamyka znaczną powierzchnię zlewni, wynoszącą 1481 km² [13–15]. Gospodarkę wodą na zbiorniku i odcinku rzeki poniżej zbiornika Turawa

Dr inż. Małgorzata Ostrowska – Uniwersytet Opolski, Katedra Inżynierii Rolniczej i Środowiska, ul. Dmowskiego 7-9, 45-365 Opole, e-mail: gostrowska@uni.opole.pl



Rys. 1. Mapa zlewni rzeki Mała Panew z punktami pomiarowymi

określa pozwolenie wodnoprawne [16], w którym określono najniższe dopuszczalne przepływy w rzece Mała Panew, a tym samym minimalne i maksymalne wielkości zrzutu wody ze zbiornika.

Prezentowane w pracy wyniki badań rzeki Mała Panew obejmują okres dwa lata: 1998 i 2002. Analizę wykonano w celu porównania zależności między stężeniem wybranych biogenów w wodzie rzeki Mała Panew pod wpływem opadów atmosferycznych i przepływów w rzece w odstępie kilku lat. Obliczono wielkości współczynników korelacji, porównano je i zinterpretowano. Podstawę pracy stanowiła analiza zawartości azotu amonowego, azotu azotanowego i fosforanów w wodzie Małej Panwi w pięciu punktach pomiarowych (w miejscowościach Kielcza, Krasiejów, Jedlice, Turawa i Czarnowąsy) w roku 1998. W 2002 roku zmienność zbadano w dwóch punktach pomiarowych, w miejscowościach Schodnia Stara (w pobliżu Jedlic) i Turawa (Rys. 1).

Metodyka badań

Wielkość przepływów w przekrojach pomiarowych Staniszcze Wielkie i Turawa uzyskano z materiałów RZGW–Opole. Wskaźniki opadów atmosferycznych z posterunków pomiarowych Zawadzkie i Turawa podano za IMGW–Katowice [17–20]. Wartości wskaźników fizyczno–chemicznych wody rzeki Mała Panew uzyskano z materiałów Wojewódzkiej Inspekcji Ochrony Środowiska w Opolu oraz analiz własnych [21–23]. Oznaczenia własne prowadzono za pomocą zestawu laboratoryjnego do badania wody MERCK i fotometru.

W celu stwierdzenia zależności pomiędzy stężeniem poszczególnych związków biogennych w wodzie rzeki Mała

Panew, a opadami atmosferycznymi i przepływami w rzece dla każdego punktu pomiarowego w latach badań zastosowano metody statystyki matematycznej z uwzględnieniem korelacji i regresji prostoliniowej. Obliczono współczynniki korelacji sprawdzając je testem istotności zmiennej losowej t . Interpretację współczynnika korelacji zastosowano za [24]:

- 0,0–0,3 – korelacja niewyraźna
- 0,3–0,5 – korelacja średnia, zależność wyraźna mała
- 0,5–1,0 – korelacja wyraźna, zależność istotna

Wyniki analiz

Roczne sumy opadów atmosferycznych w czasie okresu badawczego ze stacji pomiarowej Zawadzkie kształtowały się następująco: w roku 1998 roku – 750 mm, a w 2002 roku 677 mm. W stacji pomiarowej Turawa roczne sumy opadów atmosferycznych w kolejnych latach kształtowały się następująco: w roku 1998 roku – 714 mm, a w 2002 roku 591 mm. Największe miesięczne sumy opadów atmosferycznych w 1998 roku w Zawadzkiem odnotowano w miesiącach: lipiec, sierpień i październik (71 – 140 mm), a w Turawie w miesiącach: lipiec, wrzesień i październik (72 – 140 mm). W 2002 roku największe miesięczne sumy opadów atmosferycznych w Zawadzkiem zanotowano w miesiącach: maj, czerwiec, lipiec i październik (70 – 91 mm), a w Turawie w czerwcu i październiku (69 – 80 mm). Najmniejsze miesięczne sumy opadów atmosferycznych w 1998 roku w Zawadzkiem były zanotowane w lutym, marcu, maju i grudniu (42 – 47 mm). W Turawie w tym samym roku najniższe opady atmosferyczne zanotowano w miesiącach: luty, kwiecień, maj, listopad i grudzień (23 – 47 mm). W 2002 roku w Zawadzkiem najmniejsze mie-

sięczne sumy opadów atmosferycznych były zanotowane w styczniu, marcu, kwietniu, sierpniu i wrześniu (19 – 41 mm) i w Turawie w styczniu, marcu, kwietniu, wrześniu i grudniu (21 – 42 mm) (Tab. 1).

Tab. 1. Opady atmosferyczne w stacjach pomiarowych Zawadzkie i Turawa

Sumy miesięcznych wskaźników opadów - stacja pomiarowa Zawadzkie													
rok	miesiąc	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	XI	XII
1998	suma opadu mm	55	43	47	48	44	61	134	71	55	98	52	42
2002	suma opadu mm	41	63	19	24	91	90	70	38	41	79	66	55

Sumy miesięcznych wskaźników opadów - stacja pomiarowa Turawa													
rok	miesiąc	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	XI	XII
1998	suma opadu mm	63	45	56	30	23	57	140	50	72	90	47	41
2002	suma opadu mm	40	56	21	23	51	80	65	57	41	69	46	42

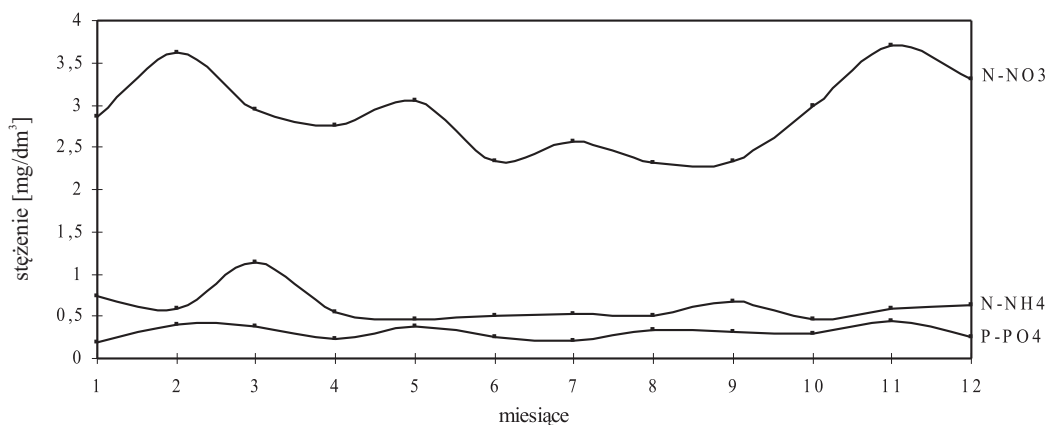
Źródło: własne opracowanie wyników [17], [18]

Z powyższych wielkości wynika, że jedynie w roku 2002 w stacjach pomiarowych opadów atmosferycznych Zawadzkie i Turawa panowały warunki zbliżone do przeciętnych z wielolecia 1951–1970, kiedy odnotowano średnie roczne sumy opadów w wysokości 600 mm [25].

Przepływy w rzece Mała Panew w latach badań wynosiły przed zbiornikiem Turawa w 1998 roku od 0,13 do 9,64 m³/s, w 2002 roku od 2,52 do 55,7 m³/s. Za zbiornikiem turawskim w 1998 roku od 2,0–24,0 m³/s i w 2002 roku od 2,63 do 35,0 m³/s [19, 20].

W miesiącach wiosennych i letnich (okres wegetacyjny) rośliny wykazują zwiększone zapotrzebowanie na składniki pokarmowe. Stężenie biogenów w wodzie bywa wówczas zazwyczaj obniżone. Zaobserwowano sezonową zmienność koncentracji związków biogenych w wodzie Małej Panwi. Dotyczyło to głównie formy azotanowej azotu (Rys. 2).

W Małej Panwi zwłaszcza w miesiącach: czerwiec, lipiec,



Rys. 2. Roczny przebieg średnich stężeń związków biogenych w wodzie Małej Panwi

sierpień i wrzesień obserwowano najniższe stężenia tej formy azotu. Natomiast w miesiącach zimowych (poza okresem wegetacyjnym) koncentracja biogenów osiągała w badanej rzece najczęściej podwyższony poziom.

Analizowano zależności między opadem atmosferycznym a stężeniem azotu azotanowego, azotu amonowego i fosforanów w wodzie rzecznej w rozpatrywanych punktach poboru prób. Do obliczeń wykorzystano wskaźniki opadów atmosferycznych ze stacji pomiarowych Zawadzkie i Turawa. W punktach badawczych Kielcza i Krasiejów przyjęto wartości opadów atmosferycznych ze stacji Zawadzkie, natomiast w punktach badawczych Jedlice, Schodnia Stara, Turawa i Czarnowąsy ze stacji Turawa. Współczyn-

Tab. 2. Współczynniki korelacji między wielkością wskaźników opadów atmosferycznych w stacjach pomiarowych Zawadzkie i Turawa a stężeniem biogenów w wodzie rzeki Mała Panew na stanowiskach badawczych w 1998 roku

Stanowisko	N _{NH4}	N _{NO3}	PO ₄
	współczynnik r	współczynnik r	współczynnik r
Kielcza *	-0.07	-0.41	-0.52
Krasiejów *	-0.54	-0.24	-0.38
Jedlice **	-0.11	0.03	0.03
Turawa **	-0.06	-0.15	0.32
Czarnowąsy**	0.14	-0.12	0.11

* opady ze stacji pomiarowej Zawadzkie

** opady ze stacji pomiarowej Turawa

■ - korelacja średnia,

□ - korelacja wyraźna

□ - korelacja niewyraźna

Źródło: własne opracowanie wyników [17, 21, 23, 24]

Tab. 3. Współczynniki korelacji między wielkością wskaźników opadów atmosferycznych w stacjach pomiarowych Zawadzkie i Turawa a stężeniem biogenów w wodzie rzeki Mała Panew na stanowiskach badawczych w 2002 roku

Stanowisko	N _{NH4}	N _{NO3}	PO ₄
	współczynnik r	współczynnik r	współczynnik r
Schodnia Stara **	-0,01	-0,14	-0,14
Turawa **	-0,08	-0,31	-0,02

** opady ze stacji pomiarowej Turawa

■ - korelacja średnia,

□ - korelacja niewyraźna

Źródło: własne opracowanie wyników [18, 22, 24]

niki korelacji ($r = -0,54$), $0,32$) dla opadów atmosferycznych i stężeń biogenów w latach 1998 i 2002 mieściły się w przyjętym zakresie współczynników korelacji charakterystycznym dla zależności wyraźnych, choć małych i istotnych. (Tab. 2 i 3).

Analiza statystyczna korelacji w 1998 roku wykazała związek ujemny pomiędzy opadem atmosferycznym, a stężeniem azotu azotanowego w wodzie rzeki na stanowisku Kielcza. Dla azotu amonowego zależność była ujemna na stanowisku Krasiejów. Analizując te ujemne współczynniki korelacji stwierdzono, że kierunek zależności był najczęściej następujący: przy niższym opadzie atmosferycznym formy azotu azotanowego osiągały w wodzie wyższe stężenia. Natomiast obniżone stężenie azotu amonowego obserwowano najczęściej, gdy opad atmosferyczny był wyższy. Pomiedzy opadem atmosferycznym a zawartością fosforanów w wodzie rzeki stwierdzono zależność ujemną na stanowiskach Kielcza i Krasiejów oraz dodatnią w Turawie. Na stanowisku w Turawie oznaczało to głównie zależność: mniejsze stężenie fosforanów było odnotowywane przy niskich opadach atmosferycznych. Natomiast w na stanowisku Kielcza przy niskim opadzie notowano podwyższone stężenie fosforanów. Stanowisko Krasiejów charakteryzowało się tym, że na równi przy niskich opadach atmosferycznych jak i podwyższonych zawartość w wodzie fosforanów kształtowała się odpowiednio: wyżej i niżej [17, 21, 23].

Analiza statystyczna korelacji w 2002 roku wykazała związek ujemny pomiędzy opadem atmosferycznym, a stężeniem azotu azotanowego w wodzie rzeki na stanowisku Turawa. Analizując współczynnik korelacji stwierdzono, że pojedynczo przy niskim opadzie atmosferycznym lub jego braku formy azotu azotanowego osiągały w wodzie wyższe stężenia. Również pojedynczo przy wysokim opadzie atmosferycznym notowano niskie stężenie azotu azotanowego [18, 22].

Określono zależności między przepływem w rzece a stężeniem azotu azotanowego, azotu amonowego i fosforanów w wodzie rzecznej w rozpatrywanych punktach poboru prób wody. W opracowaniach niektórzy autorzy: [9, 10], podkreślają, że stwierdzenie zależności lub jej braku między stężeniami w wodzie poszczególnych składników biogenych a przepływem w rzece ma ważne znaczenie. Można, bowiem wnioskować, że brak zależności sugeruje wpływ innych czynników warunkujących zmienność zawartości składników pokarmowych. Do obliczeń zależności w Małej Panwi wykorzystano wielkości przepływów z punktów pomiarowych Staniszcze Wielkie i Turawa. W punktach badawczych Kielcza, Krasiejów, Jedlice i Schodnia Stara przyjęto wielkości przepływów z punktu Staniszcze Wielkie. Natomiast w punktach badawczych Turawa i Czarnowąsy wielkości przepływów z punktu Turawa. Współczynniki korelacji ($r = 0,35$), $0,85$) dla przepływów w rzece i stężeń biogenów w 1998 roku mieściły

się w przyjętym zakresie korelacji, charakterystycznym dla zależności wyraźnych małych i istotnych. W roku 2002 współczynnik korelacji ($r = -0,36$) mieścił się w przyjętym zakresie korelacji charakterystycznym dla zależności wyraźnych małych (Tab. 4 i 5).

Tab. 4. Współczynniki korelacji między przepływem w rzece w przekroju Staniszcze Wielkie i Turawa a stężeniem biogenów w wodzie rzeki Mała Panew na stanowiskach badawczych w 1998 roku

Stanowisko	N _{NH4}	N _{NO3}	PO ₄
	współczynnik r	współczynnik r	współczynnik r
Kielcza *	-0.11	0.45	0.08
Krasiejów *	0.35	0.85	-0.09
Jedlice *	0.53	0.15	0.61
Turawa **	0.29	0.06	0,56
Czarnowąsy **	-0.12	-0.03	0.49

* przepływy z przekroju pomiarowego Staniszcze Wielkie
 ** przepływy z przekroju pomiarowego Turawa

■ - korelacja średnia,
 □ - korelacja wyraźna
 □ - korelacja niewyraźna

Źródło: własne opracowanie wyników [17, 21, 23, 24]

Tab. 5. Współczynniki korelacji między przepływem w rzece w przekroju Staniszcze Wielkie i Turawa a stężeniem biogenów w wodzie rzeki Mała Panew na stanowiskach badawczych w 2002 roku

Stanowisko	N _{NH4}	N _{NO3}	PO ₄
	współczynnik r	współczynnik r	współczynnik r
Schodnia Stara *	-0,14	-0,36	0,29
Turawa **	-0,27	-0,01	-0,17

* przepływy z przekroju pomiarowego Staniszcze Wielkie
 ** przepływy z przekroju pomiarowego Turawa

■ - korelacja średnia,
 □ - korelacja niewyraźna

Źródło: własne opracowanie wyników [18, 22, 24]

Dodatknie współczynniki korelacji w 1998 roku otrzymano dla stężeń azotu azotanowego, azotu amonowego i fosforanów. Średnio i wyraźnie korelowały z przepływem w rzece stężenia fosforanów w wodzie na stanowiskach w Jedlicach, Turawie i Czarnowásach. Stwierdzono, że kierunek zależności wskazywał głównie na małe stężenie fosforanów i jednocześnie niski przepływ wody w rzece. Średnio i wyraźnie korelowały z przepływem w rzece stężenia azotu azotanowego na stanowisku Kielcza i Krasiejów. W wypadku stanowiska w Kielczy była to głównie następująca zależność: przy małym przepływie w rzece zawartość analizowanej formy azotu osiągała w wodzie mniejsze stężenia. Z kolei na stanowisku w Krasiejowie na równi, przy niskich opadach atmosferycznych jak i podwyższonych, zawartość w wodzie azotu azotanowego kształtowała się odpowiednio: wyżej i niżej. Również średnio i wyraźnie korelowały w rzece stężenia azotu amonowego z przepływem na stanowiskach Krasiejów i Jedlice. Niskie

stężenia azotu amonowego w wodzie rzecznej były najczęściej notowane równocześnie z małymi przepływami [17, 21, 23].

Współczynnik korelacji w 2002 roku dla stężenia azotu azotanowego w wodzie na stanowisku Schodnia Stara wskazywał na zależność: przy notowanych podwyższonych stężeniach tej formy azotu, były równocześnie niskie przepływy [18, 22].

Podsumowanie

Stwierdzono, że w ciągu roku troficznosc wód rzecznych zmienia się. Najwyższe stężenia biogennej substancji występowały zimą i wczesną wiosną. Najniższe stężenia występowały latem, kiedy rośliny intensywnie pobierają składniki pokarmowe.

Mniejsze roczne sumy opadów atmosferycznych odnotowano w 2002 roku w stacjach pomiarowych w Zawadzkiem i Turawie. Stwierdzono kilkakrotnie wpływ opadów atmosferycznych na stężenie azotu amonowego, azotanowego i fosforanów w Małej Panwi. Obliczone współczynniki korelacji dla opadów atmosferycznych i stężeń azotu azotanowego i fosforanów cztery razy mieściły się w przyjętym zakresie charakterystycznym dla zależności wyraźnych małych. Dwa razy wskazywały na zależność istotną (azot amonowy i fosforany). Nie stwierdzono wpływu opadów atmosferycznych na stężenie azotu amonowego, azotanowego i fosforanów na stanowisku Jedlice i Czarnowasy w 1998 roku oraz na stanowisku Schodnia Stara w 2002 roku. Opady atmosferyczne nie miały żadnego wpływu na stężenie azotu amonowego i fosforanów w wodzie Małej Panwi w 2002 roku. Najmniejszy wpływ miały na zawartość azotu amonowego i azotanowego w 1998 roku.

W kilku wypadkach stwierdzono wpływ przepływów w rzece Mała Panew na stężenie azotu amonowego, azotanowego i fosforanów w wodzie. Współczynniki korelacji dla przepływów w rzece i stężeń wymienionych biogenów cztery razy miały wartości charakterystyczne dla zależności wyraźnych małych i również cztery razy ich wartości były charakterystyczne dla zależności istotnej. Nie stwierdzono wpływu przepływów wody w Małej Panwi na stężenie azotu amonowego, azotanowego i fosforanów na stanowisku Turawa w 2002 roku. Przepływy miały najmniejszy wpływ na stężenie azotu amonowego w wodzie Małej Panwi w latach badań.

Związki między przepływami w rzece a stężeniami biogenów w wodzie na stanowisku Turawa i dalej poniżej zbiornika Turawa do Czarnowasy są głównie uwarunkowane sztucznymi przepływami regulowanymi prowadzoną gospodarką wodną na zbiorniku. Ponadto należy pamiętać, że wody zrzucane ze zbiornika w okresie letnio-jesiennym wnoszą do Małej Panwi pewne ilości substancji biogennej. Wiąże się to z funkcjonowaniem ośrodków turs-

tycznych i wykorzystaniem o tej porze roku zbiornika w celach rekreacyjnych.

LITERATURA:

- [1] Kajak Z.: Hydrobiologia – Limnologia. Ekosystemy wód śródlądowych. Wydawnictwo Naukowe PWN, Warszawa 1998
- [2] Taylor R.: Dynamika odpływu związków biogennych ze zlewni rolniczych. Materiały seminaryjne 26: Zanieczyszczenia obszarowe w zlewniach rolniczych. IMUZ: Falenty 1990
- [3] J. David Allan: Ekologia wód płynących. PWN Warszawa 1998
- [4] Kopeć S.: Wpływ sposobu użytkowania gruntu na wielkość splywu powierzchniowego po stoku i stężenia unoszonych składników nawozowych. Materiały seminaryjne 26: Zanieczyszczenia obszarowe w zlewniach rolniczych. IMUZ: Falenty 1990
- [5] Stachowicz K.: Zanieczyszczenia obszarowe ze zlewni rolniczych o różnym sposobie zagospodarowania i ukształtowania terenu. Materiały seminaryjne 26: Zanieczyszczenia obszarowe w zlewniach rolniczych. IMUZ: Falenty 1990
- [6] Szperliński Z.: Wpływ parametrów zlewni i jej zagospodarowania na poziom splywu zanieczyszczeń z wodami rzeczными zlewni Górnej Wilgi. Materiały seminaryjne 26: Zanieczyszczenia obszarowe w zlewniach rolniczych. IMUZ: Falenty 1990
- [7] Witkowski D.: Dynamika zawartości ważniejszych składników nawozowych w odpływach Sony i Przylepniczy. Roczniki Nauk Rolniczych, Seria F, t. 77, z. 3, 1970
- [8] Wojkowski J.: Substancje biogenne w wodach rzeki Prądnik w Ojcowskim Parku Narodowym. Zeszyty Naukowe Akademii Rolniczej, Inżynieria Środowiska z. 16, Kraków 1996
- [9] Łomotowski J.: Wpływ rolnictwa na jakość wód naturalnych na przykładzie zlewni doświadczalnej Ciesielska Woda. Zeszyty Naukowe Akademii Rolniczej we Wrocławiu, Melioracja XL, NR 211, 1992
- [10] Pawlik-Dobrowolski J.: Zależność stężenia składników chemicznych od przepływu wody jako wskaźnik wpływu zanieczyszczeń obszarowych na jakość wód. Wiadomości Instytutu Melioracji i Użytków Zielonych T.XV z. 4, 1988
- [11] Pudo J., Erndt E., Żeglin M.: Określenie odpływu rolniczych zanieczyszczeń obszarowych ze zlewni o różnej charakterystyce i formie wykorzystania na przykładzie rzeki Brynicy i Trzoni. IMGW Warszawa, PR-7.04.02., 1980
- [12] Trojanowska Cz., Trojanowski J., Bujak M.: Splyw składników nawozowych roślin ze zlewni Łupawy. Słupskie Prace Matematyczno-Przyrodnicze, 9b, 1993
- [13] Dubel K.: Podstawy Wykorzystywania zasobów, środowiska geograficznego dla potrzeb rozwoju społeczno-gospodarczego regionu na przykładzie województwa Opolskiego. Zakład Narodowy im. Ossolińskich, Wrocław 1980
- [14] Janiszewski W.: Gospodarka wodna Polski. Wydawnictwo „Książka i Wiedza”, Warszawa 1976
- [15] Zawadka M.: Komisje zagospodarowania Odry. Stowarzyszenie Instytut Śląski, Państwowy Instytut Naukowy, Instytut Śląski w Opolu, Opole 2003
- [16] Decyzja o udzieleniu pozwolenia wodnoprawnego dla zbiornika retencyjnego Turawa. Urząd Wojewódzki w Opolu 1995
- [17] Materiały IMGW: Oddział w Katowicach 1999
- [18] Materiały IMGW: Oddział w Katowicach 2003
- [19] Materiały RZGW: Oddział w Opolu 1999
- [20] Materiały RZGW: Oddział w Opolu 2003
- [21] Dane WIOŚ: – Parametry fizyczno-chemiczne jakości wody rzeki Mała Panew w 1998 roku. Opole 1999
- [22] Dane WIOŚ: – Parametry fizyczno-chemiczne jakości wody rzeki Mała Panew w 2002 roku. Opole 2003
- [23] Ostrowska M.: „Wyniki analiz fizyczno-chemicznych i hydrobiologicznych rzeki Mała Panew. Maszynopis, Opole 2000
- [24] Zajac K.: Zarys metod statystycznych. Państwowe Wydawnictwo Ekonomiczne, Warszawa 1994
- [25] Atlas Hydrologiczny Polski. IMGW – Wydawnictwa Geologiczne Warszawa 1996