

Barbara Marchlewska

## OBCIĄŻENIE ZWIĄZKAMI BIOGENNYMI ZLEWNI RZEK W WOJEWÓDZTWIE LEGNICKIM

Rozważając przyczyny obciążenia wód powierzchniowych substancjami biogennymi, a szczególnie fosforem i azotem, z reguły decydującą rolę przypisuje się rolnictwu, które rozprządza te pierwiastki w formie nawozów na obszarach upraw rolnych. Wyniki bardzo licznych prac prowadzonych pod tym kątem wskazują na dodatnią korelację pomiędzy procentowym udziałem użytków rolnych w zlewni lub ilością biogenów, doprowadzanych z nawozami a jednostkowym odpływem tych substancji oraz warunkami meteorologiczno-hydrologicznymi [1].

### Zakres i metodyka badań

Badania prowadzono w wybranych zlewniach województwa legnickiego, uznanych za charakterystyczne dla obszaru planowanej retencji. W przekrojach badawczych zamykających rozpatrywane zlewnie pobierano dwa rodzaje próbek wody: próbki chwilowe (1 raz co 2 tyg.) i próbki okresowe — zlewane. W próbkach chwilowych oprócz podstawowych wskaźników zanieczyszczenia oznaczano zawartość: fosforu ogólnego i fosforanów, związków azotowych (azot amonowy, azot azotynowy, azot azotanowy i azot organiczny) oraz potasu. W próbkach okresowych, zlewanych proporcjonalnie do natężenia przepływu stwierdzonego w czasie poboru codziennych próbek chwilowych, oznaczano zawartość fosforu ogólnego, azotu ogólnego i potasu. Wysokość opadów i zawartość w nich azotu organicznego i fosforu ogólnego — stanowiły podstawę do określenia obciążenia analizowanych zlewni ładunkiem substancji biogenych.

Dane dotyczące stanu zagospodarowania zlewni stanowiły podstawę do wyznaczenia metodą wskaźnikową globalnej wielkości ładunków fosforu i azotu, wytwarzanego i zużywanego w rozpatrywanych zlewniach w wyniku prowadzonej w nich działalności gospodarczej. Ładunki wytwarzane określono w oparciu o znajomość stanu zaludnienia i wielkości wskaźnikowe ustalone przez Liebmann [2] oraz w oparciu o znajomość stanu hodowli i wartości wskaźnikowe ustalone przez Vollenweidera i Hamma [3, 4]. Wielkości ładunków fosforu i azotu wprowadzone w wyniku nawożenia sztucznego określono w oparciu o dane statystyczne ustalone dla poszczególnych zlewni. Zgromadzony materiał badawczy stanowił podstawę do oceny jakości wód odpływających z obszarów badanych zlewni oraz określenia wielkości rocznego ładunku substancji biogenych [5]. Wielkość rocznego ładunku analizowanych substancji oceniono według dwu metod:

- Metody polegającej na ustaleniu wielkości ładunku rocznego, poprzez sumowanie ładunków okresowych stanowiących iloczyn stężenia danej substancji określonej dla próby średnioproporcjonalnej i sumarycznego przepływu odpowiadającego okresowi, dla którego tworzone były próby zlewane proporcjonalnie do natężenia przepływu.
- Metody opartej na wyznaczeniu zależności pomiędzy wielkością prowadzonych ładunków chwilowych (w dniach badań) i towarzyszącymi im wielkościami przepływu. W tym przypadku roczny ładunek analizowanych substancji odpływających ze zlewni ustalono w oparciu o znajomość codziennych wielkości przepływów w badanych przekrojach. Na ich podstawie, z równań określających zależność pomiędzy ładunkiem chwilowym rozpatrywanych substancji a wielkością przepływu, odtwarzano wielkość ładunków codziennych. Suma dobowych ładunków dla rocznego cyklu badań stanowiła wynik końcowy, określający wielkość rocznego ładunku analizowanych związków.

Przy zastosowaniu tej metody, wielkość rocznego ładunku rozpatrywanych substancji, stanowiących podstawowy element niezbędny do wyznaczenia wartości współczynników jednostkowego odpływu, ustalono w oparciu o zależność regresyjną modelu liniowego ( $y = ax$ ) pomiędzy przepływem i ładunkiem [6]. Do badań nad oceną wielkości odpływu zanieczyszczeń obszarowych przyjęto 12 następujących zlewni, zróżnicowanych pod względem morfometrycznym oraz pod względem intensywności i rodzaju zagospodarowania, tj.:

- rzeki Modzel, której obszar przyjęto za reprezentatywny dla zlewni zbiornika Lubień,
- zlewnie cząstkowe rzeki Wierzbak, jako charakterystyczne dla obszaru przynależnego do zbiornika Słup,
- zlewnie cząstkowe górnego biegu Nysy Małej i Potoku spod Nowej Wsi Wielkiej i Rogoziny, przyjęte za typowe dla zlewni projektowanego zbiornika Grobla,
- rzek Paszówki i Rowca, uznanych za reprezentatywne dla zbiornika Słup,
- rzeki Wilczej, charakterystycznej dla obszaru zbiornika Rzymówka,
- rzek Czermnicy i Skory, przyjęte za charakterystyczne dla obszaru zbiornika Pielgrzymka,
- rzeki Skory, uznanej za podstawową do określenia ładunków zanieczyszczeń, jakie w przyszłości mogą być wprowadzone do zbiornika Modlikowice,
- rzeki Piasecznej, stanowiącej dopływ Skory.

Powierzchnie badanych zlewni wynoszą od 8,4 km<sup>2</sup> do 156,5 km<sup>2</sup>. Procentowy udział terenów wykorzystywanych rolniczo w analizowanych zlewniach kształtuje się od 30,9 do 92,8<sup>0</sup>/o, użytki zielone zajmują od 6,6 do 25,2<sup>0</sup>/o, a lasy od 1,6 do 68,5<sup>0</sup>/o. Wskaźnik gęstości zaludnienia wynosi do 95 M/km<sup>2</sup>.

Obciążenie badanych zlewni ładunkiem fosforu pochodzącym od ludności, z rolnictwa i hodowli oraz opadów atmosferycznych zmienia się średnio od 2,57 do 9,36 tP/km<sup>2</sup>a. Ładunek fosforu pochodzący z opadów atmosferycznych kształtuje się na poziomie 1,6 ÷ 23,5 tP/km<sup>2</sup>a, co daje procentowy udział w ogólnym ładunku obciążającym zlewnie od 1,4 do 4,2<sup>0</sup>/o. Ogólny ładunek azotu obciążający analizowane zlewnie zmienia się średnio od 7,61 do 22,59 tN/km<sup>2</sup>a. W ogólnym ładunku azotu, przypadającym na poszczególne zlewnie, udział ładunku pochodzącego z opadów atmosferycznych stanowi od 8,9 do 39,1<sup>0</sup>/o.

## Omówienie wyników badań

Analiza warunków meteorologicznych wykazała, że badania nad ustaleniem jednostkowych wskaźników odpływu zanieczyszczeń obszarowych zostały wykonane w latach suchych. Opady z lat badawczych w stosunku do średniego opadu z wielolecia (śr. 622 mm) były niższe średnio o 188 mm. Panujące w okresie badań warunki meteorologiczne miały bezpośredni wpływ na obniżenie wielkości przepływów, a tym samym na uzyskanie niższych wartości wskaźników jednostkowego odpływu zanieczyszczeń obszarowych, niż miałyby to miejsce w przeciętnych i mokrych latach hydrologicznych. Przy panujących warunkach meteorologiczno-hydrologicznych towarzyszących badaniom, odpływ zanieczyszczeń obszarowych z analizowanych obszarów kształtował się następująco:

Przy wielkościach odpływów z obszarów badanych zlewni od 0,001 do 1,910 m<sup>3</sup>/s i procentowym udziale użytków rolnych od 30,9 do 92,8<sup>0</sup>/o, zawartość fosforu całkowitego zmieniała się w granicach od 0,033 do 4,067 gP/m<sup>3</sup>, a fosforanów od 0,009 do 2,333 gP/m<sup>3</sup>. Najwyższe zawartości związków fosforowych zaobserwowano w wodach Paszówki i Modzeli.

Zmiany azotu całkowitego kształtowały się od 0,60 do 22,40 gN/m<sup>3</sup>, mineralnego 0,20 ÷ 21,29 gN/m<sup>3</sup>, a azotanowego 0,11 ÷ 16,68 gN/m<sup>3</sup>. Najwyższe obciążenie związkami azotowymi wykazały wody rzeki Piasecznej, najniższe zaś Potoku spod Nowej Wsi Wielkiej. Azot amonowy wykazywał zmienność w przedziale wartości od 0,03 do 10,20 gN/m<sup>3</sup>.

Stężenia potasu zmieniały się w granicach od 0,8 do 74 gK/m<sup>3</sup>. Najwyższe zawartości potasu stwierdzono w wodach rzek Paszówki, Piasecznej i Modzeli.

Oporając się na wynikach badań i wyznaczonych na ich podstawie wartościach średnich stężeń stwierdzono, że obciążenie wód związkami biogennymi (fosforem, azotem i potasem) jest zależne od charakteru i sposobu zagospodarowania analizowanych zlew-

ni. Im wyższy stopień rolniczego wykorzystania zlewni tym wyższe są średnie wartości stężeń analizowanych substancji biogennych. Z zależnością tą koreluje również związek, z którego wynika, że wraz ze wzrostem obciążenia zlewni ładunkiem fosforu i azotu wzrasta ich stężenie w wodach wypływających z analizowanych zlewni.

Ustalono zależności pomiędzy wielkościami prowadzonych chwilowych ładunków substancji biogennych a towarzyszącymi im wielkościami przepływów, dla rozpatrywanych cykli badawczych oraz wartości współczynników jednostkowego odpływu wszystkich analizowanych związków biogennych i ich form. Z przeprowadzonych obliczeń wynika, że zależności pomiędzy chwilowymi ładunkami fosforu całkowitego a odpowiadającymi im wielkościami przepływów opisują równania charakteryzujące się dużym stopniem wiarygodności. Wartości współczynników korelacji w większości przypadków wahają się od 0,811 do 0,964.

W badanych latach jednostkowy odpływ fosforu całkowitego kształtował się w granicach od 0,038 do 0,763 kg P/ha·a. Natomiast wskaźnik odpływu fosforanów dla badanych obszarów zmieniał się od 0,011 do 0,276 kg P/ha·a, przy czym podstawę do jego wyznaczenia stanowiły ładunki roczne ustalone z równań regresji o współczynnikach korelacji od 0,534 do 0,939.

Roczne ładunki azotu całkowitego wyznaczono z równań o współczynnikach korelacji od 0,308 do 0,985. Wartości jednostkowych wskaźników odpływu azotu całkowitego dla badanych zlewni, w zależności od warunków lokalnych i zmian hydrologicznych w cyklach badawczych wynosiły od 1,855 do 8,445 kg N/ha·a. Wskaźniki te dla azotu organicznego osiągały wartości od 0,146 do 1,487 kg N<sub>org</sub>/ha·a, a współczynniki korelacji dla zależności stanowiących podstawę do ich wyznaczenia wahały się od 0,689 do 0,962. Dla azotu mineralnego jednostkowe wskaźniki odpływu zmieniały się od 1,707 do 7,980 kg N/ha·a, przy równaniach regresji charakteryzujących się współczynnikiem korelacji od 0,783 do 0,973. Wielkość odpływu azotu azotanowego oceniają wartości wskaźników od 1,542 do 6,258 kg N/ha·a, a zależność pomiędzy odpływem ładunków chwilowych i przepływem określają równania regresji o współczynnikach korelacji od 0,780 do 0,985. Jednostkowe wskaźniki odpływu dla azotu amonowego kształtowały się w granicach od 0,051 do 2,094 kg N/ha·a.

Dla potasu równania stanowiące podstawę do oceny wielkości odpływu jego ładunku określają współczynniki korelacji od 0,837 do 0,988. Otrzymane wartości rocznych ładunków pozwoliły na wyznaczenie jednostkowych wskaźników odpływu kształtujących się w granicach od 0,389 do 26,604 kg K/ha·a.

Straty fosforu wprowadzonego na powierzchnie zlewni kształtują się w przedziale 0,1 do 0,8<sup>0</sup>/o, a więc są niższe od podawanych przez Vollenweidera [3] i pokrywają się z dolną granicą zmienności określoną dla warunków Polski [7]. Straty azotu całkowitego są znacznie niższe od cytowanych przez Vollen-

weidera [3] i wynoszą od 1,2 do 8,4%. Rząd tych strat pokrywa się jednak z zakresem wartości otrzymanych w badaniach opisanych w pracy [7].

Poszukiwania czynników warunkujących wielkość odpływu substancji biogennych, oparte na powiązaniu ich wielkości z parametrami morfometrycznymi dały odpowiedź negatywną, wykazując wyraźną odrębność zlewni górskich z udziałem obszarów zalesionych. Natomiast jednoznacznie potwierdziły zależność pomiędzy udziałem użytków rolnych a wielkością wskaźników jednostkowego odpływu azotu, fosforu i potasu, które wykazują wyraźny wzrost odpływającego ładunku substancji biogennych wraz ze wzrostem przepływu.

#### LITERATURA

1. H. FLORCZYK: Unit Loads of Phosphorus and Nitrogen Discharged from the Diffuse Sources of the Selected Watersheds in Poland. EPE, 1983, Vol. 9, No 4, pp. 27—29.
2. H. LIEBMANN: Biological and Chemical Investigations on the Effect of Sewage-Pipelines on the Eutrophication of Bavarian Lakes. Proc. of 5-th Int. Water Poll. Res. Conf., San Francisco, 1970, III-22.
3. R. A. VOLLENWEIDER: Scientific Fundamentals of the Eutrophication of Lakes and flowing Waters, with Particular Reference to Nitrogen and Phosphorus as Factors in Eutrophication. OECD, Directorate for Scientific Affairs, Paris 1968.
4. A. HAMM: Zur Nährstoffbelastung von Gewässern aus diffusen Quellen: Flächenbezogene P-Abgaben — eine Ergebniss — und Literaturzusammenstellung. Z.f. Wasser — und Abwasser — Forschung, 1976, 9, 1,4—10.
5. H. FLORCZYK, B. ŻMIGRODZKA: Określenie współczynników odpływu zanieczyszczeń obszarowych ze zlewni o różnym sposobie i stopniu zagospodarowania. Opracowanie końcowe. IMGW, Wrocław 1985 (maszynopis).
6. A. DĄBROWSKI, M. KAPŁAŃSKA: Program Lamana, IMGW, Wrocław 1982 (maszynopis).
7. R. TAYLOR, H. FLORCZYK, L. JAKUBOWSKA: Odpływ substancji biogennych z rolniczych zlewni rzecznych. Ochrona Środowiska, nr 3—4 (16—17), 1983, ss. 29—36.

#### BIOGENIC SUBSTANCE LOADS OF THE LEGNICA-DISTRIC RIVERS

*The objective of the study was to determine the pollutants found in the discharge from a catchment area of differentiated land development and planning. The data sets were*

*needed for the intended construction of water reservoirs. Analysis of the results revealed a correlation between the extension of arable land and the average concentration of biogenic substances in the water leaving the catchment. Phosphorus and nitrogen content show a tendency to increase with the increasing surface area of the cropland.*