

Małgorzata Rauba

# STRATY SPOWODOWANE ZANIECZYSZCZENIEM WÓD |ZWIĄZKAMI AZOTU POCHODZĄCYMI Z ROLNICTWA

---

Małgorzata Rauba, dr inż – Politechnika Białostocka

adres korespondencyjny:  
Politechnika Białostocka  
Zamiejskowy Wydział Leśny w Hajnówce  
17-200 Hajnówka, ul. Piłsudskiego 8  
e-mail: m.rauba@pb.edu.pl

## LOSS CAUSED BY WATER POLLUTION OF NITROGEN COMPOUNDS FROM AGRICULTURE

**SUMMARY:** The non-point source water pollution is the main pollutant source for water environment. The main source of non-point pollution is agriculture, resulting from natural and chemical fertilizer and from husbandry. Most of the fertilizer and husbandry wastes drain into rivers and lakes. There are many methods of estimating losses of caused by environmental pollution. The one of them is a method of restitution. Estimates of losses from agriculture have been carried out for the river catchment area of Ślina River.

**KEY WORDS:** nitrogen compounds from agriculture, the fertilizer and husbandry wastes, loss caused by water pollution, method of restitution

---

## Wstęp

Woda wykorzystywana tylko na podstawowe potrzeby egzystencjalne może być traktowana jako zasób odnawialny. Takie wykorzystanie nie stanowi bowiem zagrożenia wód ani pod względem ilościowym, ani pod względem jakościowym. Jednakże wraz z rozwojem cywilizacji nastawionych na konsumpcjonizm zapotrzebowanie na wodę ciągle wzrasta. Istotne znaczenie miał tu rozwój przemysłu, gdyż pojawił się problem znacznego pogorszenia się jakości wód. Coraz częściej wodę przed jej wykorzystaniem należy odpowiednio przygotować, a to pociąga za sobą określone koszty. Nie bez znaczenia była także intensyfikacja produkcji rolniczej. Istotny wpływ tego sektora na jakość zasobów wodnych przejawia się przede wszystkim w zanieczyszczeniu wód spływami z terenów użytkowanych rolniczo.

W II Polityce ekologicznej państwa została sformułowana jedna z najważniejszych zasad ochrony środowiska, a mianowicie zasada: sprawca zanieczyszczenia płaci. Zgodnie z nią wszyscy sprawcy powinni ponosić koszty związane z korzystaniem ze środowiska i emisją zanieczyszczeń.

Wśród użytkowników wód wyróżnia się odbiorców komunalnych, przemysł i rolnictwo. Zarówno gospodarstwa domowe, jak i przemysł ponoszą koszty odprowadzania ścieków do wód powierzchniowych w postaci opłat za korzystanie ze środowiska, które w przypadku korzystania z usługi zbiorowego oczyszczania i odprowadzania ścieków wliczone są w cenę ścieków. Kosztów nie ponosi jedynie rolnictwo. Rolnictwo wprowadza do środowiska znaczne ilości substancji biogennej – głównie azotu – w postaci spływów z terenów użytkowanych rolniczo. Są to zanieczyszczenia obszarowe, trudne do zbadania i wskazania konkretnego miejsca ich powstawania. Badania przeprowadzone we Francji metodą CVM (*Contingent Valuation Method*) pokazały, że rolnictwo powoduje około 40% zanieczyszczeń wód powierzchniowych, nie ponosząc przy tym żadnych kosztów wynikających ze strat, które powoduje przedostawanie się zanieczyszczeń do zasobów wodnych<sup>1</sup>. Tymczasem usuwanie skutków tego rodzaju zanieczyszczeń, głównie w postaci odnowy i renaturalizacji wód, jest finansowane ze środków publicznych. W związku z tym istnieje konieczność oszacowania wielkości tych strat, aby również rolnictwo mogło ponosić konsekwencje finansowe.

## 1. Straty spowodowane zanieczyszczeniem zasobów wodnych

Zanieczyszczenia przedostające się do wód powierzchniowych powodują pogorszenie się jakości wody i zaburzenia w funkcjonowaniu ekosystemów wodnych i powiązanych z nimi ekosystemów lądowych. Skutki odczuwane są także przez ludność i gospodarkę narodową. Straty ponoszone przez ludność oraz po-

<sup>1</sup> Analiza zwrotu kosztów lub ekonomiczny cykl wody, Agence De L'eau Seine-Normandie, Karntny 2005.

szczególne sektory gospodarki w związku z emisją ścieków są bardzo zróżnicowane. Na ich wielkość ma wpływ przede wszystkim sposób wykorzystania zanieczyszczonej wody. Zakłady przemysłowe, które nie wymagają do produkcji wody o wysokiej jakości, odczuwają pogorszenie się jej parametrów w sposób nieznaczny. Wraz ze wzrostem wymagań zakład będzie musiał ponosić coraz większe koszty na uzdatnianie wody, aby zachować dobrą jakość produkcji oraz nie dopuścić do uszkodzenia urządzeń.

Wielkość strat będzie także różna w zależności od sektora gospodarki korzystającego z zanieczyszczonych zasobów wodnych. Biorąc pod uwagę to kryterium, straty spowodowane zanieczyszczeniem wód można podzielić na następujące grupy:

- straty powstające w wyniku zaopatrywania ludności w wodę;
- straty w przemyśle;
- straty w gospodarce rolnej i leśnej;
- straty w gospodarce rybnej;
- straty w budowlach wodnych;
- straty w zakresie wypoczynku i sportu;
- straty w zakresie powszechnego korzystania z wód;
- straty związane ze zmniejszeniem zdolności wód do samooczyszczania;
- straty wynikające ze zniszczenia przyrody i krajobrazu<sup>2</sup>.

Pierwszy rodzaj strat wynika z kosztów związanych z koniecznością poboru wody, której parametry nie odpowiadają wymaganiom wody przeznaczonej do zaopatrywania ludności, przez co ponoszone są one przez przedsiębiorstwa wodociągowo-kanalizacyjne oraz społeczeństwo. Następuje zwiększenie kosztów uzdatniania wody, gdyż uzyskanie odpowiedniej jakości wody wymaga stosowania droższych technologii i zużycia większych ilości materiałów. Konieczna może okazać się budowa nowych ujęć wody lub przerzutów wody czystej, gdy lokalne zasoby są tak zanieczyszczone, że nie nadają się do wykorzystania.

Wielkość kosztów związanych z przerzutem lub magazynowaniem wody w przypadku nadmiernego zanieczyszczenia lokalnych zasobów wodnych może więc sięgnąć według A. Symonowicza 21,30 PLN/m<sup>3</sup> przerzucanej wody, zaś według R. Miłaszewskiego 0,68 PLN/m<sup>3</sup> przerzucanej wody<sup>3</sup>. Jak wskazuje L. Guzińska w badaniach z roku 1990 nad wskaźnikami kosztów środowiskowych, koszt uzdatniania wód II klasy czystości (poziom cen 1988 roku) wyniósłby 3,28 PLN/m<sup>3</sup> uzdatnionej wody, III klasy - 6,41 PLN/m<sup>3</sup>, zaś wód pozaklasowych - 9,34 PLN/m<sup>3</sup> wody<sup>4</sup>. Taki sam poziom kosztów otrzymał również Symonowicz<sup>5</sup>.

<sup>2</sup> A. Symonowicz, *Straty wynikające z zanieczyszczenia zasobów wodnych i niewłaściwej nimi gospodarki*, w: „*Ekonomiczne problemy ochrony środowiska*”, Liga Ochrony Przyrody, Warszawa 1983, s. 53-56.

<sup>3</sup> R. Miłaszewski, *Straty gospodarcze spowodowane zanieczyszczeniem zasobów wodnych*, „*Gospodarka Wodna*” 2001, nr 1, s. 10-13.

<sup>4</sup> L. Guzińska, R. Miłaszewski, *Straty gospodarcze spowodowane uzdatnianiem nadmiernie zanieczyszczonych wód powierzchniowych*, „*Gospodarka Wodna*” 1990, nr 5, s. 105-107.

<sup>5</sup> A. Symonowicz, *Straty z tytułu zanieczyszczenia wód*, w: *Ekonomika ochrony wód*, red. M. Gromiec, Wydawnictwo Polski Komitet do spraw IAWPRC (obecnie IWA) przy IMGW, Warszawa

Późniejsze badania J. Famielec z 2001 roku i R. Miłaszewskiego z 2003 roku wskazują z kolei na niższy koszt uzdatniania wód, wynoszący 0,148 PLN/m<sup>3</sup> wody<sup>6</sup>.

Kolejnym sektorem, który ponosi straty w związku z poborem zanieczyszczonej wody, jest przemysł. Zakłady przemysłowe muszą ponosić zwiększone koszty uzdatniania wody, ażeby mogła ona spełniać wymagania produkcyjne. Podobnie jak w przypadku gospodarki komunalnej, przedsiębiorstwa także ponoszą straty wynikające z niszczenia urządzeń. Dodatkowe koszty powstają także w przypadku, gdy następuje pogorszenie jakości produkcji w związku z wykorzystaniem wody o niskiej jakości. Wydatki powoduje również obniżenie wydajności urządzeń zasilanych zanieczyszczoną wodą (dodatkowe zużycie energii, remonty, konserwacja). Według różnych autorów, koszt uzdatnienia wód na potrzeby energetyki cieplnej kształtuje się na poziomie od 0,009 do 0,61 PLN/m<sup>3</sup> uzdatnionej wody dla obiektów otwartych i od 0,320 do 22,87 PLN/m<sup>3</sup> dla obiektów zamkniętych, a dla celów poprodukcyjnych, z wyłączeniem energetyki, według A. Symonowicza koszt ten wyniósł 15,94 PLN/m<sup>3</sup> (poziom cen 1988 roku), a według J. Famielec i R. Miłaszewskiego - 0,248 PLN/m<sup>3</sup> uzdatnionej wody<sup>7</sup>.

Straty związane z zanieczyszczeniem zasobów wodnych odczuwane są także w gospodarce rolnej i leśnej. Przejawiają się one w spadku wydajności produkcji rolnej i leśnej oraz w jakości plonów. Obszary rolne i leśne mogą zostać zanieczyszczone na skutek odprowadzania ścieków, infiltracji zanieczyszczonych wód ze zbiorników i rzek, zalewania w czasie awarii urządzeń odprowadzających ścieki oraz w wyniku nawadniania terenów wodami nadmiernie zanieczyszczonymi.

Ścieki odprowadzane do wód powierzchniowych powodują również znaczne straty w gospodarce rybnej. Są one związane ze zmniejszeniem się ilości ryb oraz pogorszeniem się ich jakości, a także z kosztami ponownego zarybienia. Szacuje się, że jednostkowe straty z tego tytułu mogą wynosić 1062,76 PLN/tonę (poziom cen z 2005 roku)<sup>8</sup>.

Zanieczyszczone wody powodują także niszczenie budowli i urządzeń hydrotechnicznych (jazy, zapory, śluzy, umocnienia brzegowe, elementy elektrowni wodnych). Skutkiem tego skrócony jest okres eksploatacji tych obiektów oraz zwiększone koszty remontów i konserwacji. Straty z tego tytułu, według A. Symonowicza, M. Sobieckiego i P. Małeckiego, mogą wynosić w energetyce 2,6% wartości środków trwałych, w przemyśle i gospodarce komunalnej 1,0% wartości środków trwałych, zaś według Miłaszewskiego - ogólne straty spowodowane

---

1991, s. 29-47.

<sup>6</sup> J. Famielec i in., *Straty gospodarcze spowodowane zanieczyszczeniem środowiska naturalnego w Polsce w warunkach transformacji gospodarczej*, cz. 1 i 2, Akademia Ekonomiczna, Kraków 2001, maszynopis; R. Miłaszewski, *Straty gospodarcze spowodowane zanieczyszczeniem wód*, Rada Wojewódzka NOT-FSNT, Katowice 2003, s. 9-18.

<sup>7</sup> A. Symonowicz, *op. cit.*, s. 29-47; J. Famielec i in., *op. cit.*; R. Miłaszewski, *op. cit.*, s. 9-18.

<sup>8</sup> R. Miłaszewski, K. Rauba, *Koszty środowiskowe spowodowane zanieczyszczeniem wód powierzchniowych*, Katowice 2006, s. 25-33.

przez korozję budowli i urządzeń stykających się z nadmiernie zanieczyszczoną wodą wynoszą 1,7% wartości środków trwałych<sup>9</sup>.

Wody wykorzystywane są również do celów wypoczynkowych, rekreacyjnych i jako miejsce uprawiania sportów. Zanieczyszczenie wód powierzchniowych uniemożliwia lub ogranicza możliwości takiego wykorzystania wód powierzchniowych. Straty z tego tytułu ponoszą zwłaszcza jednostki obsługujące ludność w zakresie turystyki.

Straty w zakresie powszechnego użytkowania wód wynikają natomiast z niemożliwości wykorzystania nadmiernie zanieczyszczonej wody, zwłaszcza przez ludność wiejską, do zaspokojenia potrzeb związanych z prowadzeniem gospodarstw.

Odprowadzanie do wód zbyt dużych ilości ścieków generuje straty związane ze zmniejszeniem zdolności wód do samooczyszczania. Wody płynące mają dużą zdolność redukcji zanieczyszczeń. Niepełna zdolność odbiornika do samooczyszczania powoduje konieczność większej redukcji zanieczyszczeń w oczyszczalniach ścieków<sup>10</sup>.

Straty wynikające z zanieczyszczenia wód można podzielić na dwie podstawowe grupy:

- straty ponoszone przez korzystających z zasobów wodnych;
- dodatkowe koszty uzdatniania nadmiernie zanieczyszczonej wody;
- koszty przerzutu wody na obszary o wodach niespełniających wymagań;
- koszty związane z korozją urządzeń stykających się z zanieczyszczoną wodą;
- utracony dochód w gospodarce rybnej;
- utracony dochód w turystyce;
- koszty ponoszone na zachowanie walorów środowiska;
- koszty rekultywacji zanieczyszczonych zbiorników wodnych wynikające z przekroczenia możliwości samooczyszczania wód<sup>11</sup>.

Straty, które poniosą korzystający z danego zasobu wodnego, są jednocześnie stratami wynikającymi z konieczności użytkowania zanieczyszczonych wód. Jednostka pobierająca wodę i odprowadzająca ścieki do tego samego odbiornika będzie jednocześnie generować straty, jak i partycypować w kosztach zewnętrznych wynikających z zanieczyszczenia danych zasobów wodnych. Ponadto dodatkowe wydatki muszą ponieść wszyscy użytkownicy danego cieku lub zbiornika wodnego, aby uzyskać wodę o odpowiednich do swoich potrzeb parametrach jakościowych.

Do szacowania strat można stosować metody bezpośrednie lub pośrednie. W praktyce określania kosztów stosuje się zazwyczaj metody pośrednie, do których zalicza się metodę restytucyjną oraz metodę substytucyjną.

<sup>9</sup> A. Symonowicz, *op. cit.*, s. 53-57; R. Miłaszewski, *op. cit.*, s. 9-18; P. Małecki, *Straty ekologiczne Krakowa wynikłe z zasolenia Wisły*, „Ekonomia i Środowisko” 2004, nr 2(26), s. 178-189; M. Sobiecki, *Straty z przyspieszonej korozji metali wskutek ich styczności z zanieczyszczoną wodą powierzchniową*, „Gospodarka Wodna” 1992, nr 6, s. 135-137.

<sup>10</sup> A. Symonowicz, *op. cit.*

<sup>11</sup> R. Miłaszewski, E. Rauba, *Określanie opłat za usługi wodne zgodnie z wymaganiami ramowej dyrektywy wodnej*, „Ekonomia i Środowisko” 2010, nr 2, s. 71.

Metoda restytucyjna opiera się na określeniu wielkości kosztów, które muszą zostać poniesione w związku z przywróceniem do odpowiedniego stanu utraconego lub zniszczonego elementu środowiska. Na tej metodzie oparto wycenę strat w stawach rybnych napełnianych wodą złej jakości, przeprowadzoną przez Instytut Rybactwa Śródlądowego dawnej Akademii Rolniczo-Technicznej w Olsztynie. Przy szacunkach strat uwzględniono:

- wartość utraconego dochodu w związku z produkcją ryb nienadających się do konsumpcji;
- straty wynikające z utraty możliwości dalszej produkcji w stawach rybnych określone przez koszty ich rekultywacji przed przystąpieniem do dalszego użytkowania<sup>12</sup>.

Z kolei w metodzie substytucyjnej miernikiem strat są koszty pozyskania w innym miejscu utraconego elementu środowiska lub koszty budowy i eksploatacji urządzeń mogących spełniać identyczną funkcję, co utracony element. Metodę tę wykorzystano do oszacowania strat spowodowanych utratą rekreacyjnych funkcji naturalnego ciekłu lub zbiornika wodnego. Opierając szacunek strat na metodzie substytucyjnej, można przyjąć, że substytutem utraconej funkcji rekreacyjnej może być na przykład basen kąpielowy. Przykładem takiego szacowania strat jest Warszawa, w której na plażach nad Wisłą wybudowano baseny napełnione czystą wodą wodociągową, ponieważ woda w Wiśle nie nadawała się już do kąpiei. Koszty budowy takich basenów oraz koszty ich eksploatacji mogą być wyrazem strat związanych z zanieczyszczeniem wód rzeki Wisły, które nie nadawały się do rekreacyjnego wykorzystania<sup>13</sup>.

Często stosowaną metodą szacowania strat jest także metoda wskaźnikowa. Zawiera ona w sobie elementy wszystkich metod określania strat ekologicznych. Istota tej metody polega na wykorzystaniu empirycznych oszacowań strat ekologicznych uzyskanych w warunkach porównywalnych lub uśrednionych. Adaptacja tych oszacowań jest możliwa dzięki określeniu wskaźników jednostkowych strat ekologicznych. Informują one o wielkości przeciętnej straty przypadającej na jednostkę naturalną, czyli na m<sup>3</sup>, ha, jednego zatrudnionego bądź wyrażonej procentowo<sup>14</sup>.

<sup>12</sup> A. Symonowicz, *Straty z tytułu zanieczyszczenia zasobów wodnych – metoda rachunku i oszacowanie strat bezpośrednich*. CPBP – 04.10.13.02.12, Etap II. IGS – SGPiS, Warszawa 1988, s.114-115, materiał powielony.

<sup>13</sup> A. Symonowicz, *Straty wynikające...*, *op. cit.*, s. 57.

<sup>14</sup> R. Miłaszewski, E. Rauba, *Określenie opłat...*, *op. cit.*

R. Miłaszewski, *Straty w gospodarce komunalnej spowodowane uzdatnianiem nadmiernie zanieczyszczonych wód powierzchniowych*, „Gospodarka Wodna” 1990, nr 5, s. 105-107.



## 2. Metoda szacowania strat spowodowanych zanieczyszczeniem wód związkami azotu pochodzącymi z rolnictwa

Woda jest zasobem dynamicznym, nie można go ograniczyć podziałami administracyjnymi. W związku z tym wszelkie działania związane z zasobami wodnymi powinny być prowadzone na obszarach wyznaczonych naturalnymi granicami wód. Taką podstawową naturalną jednostką jest zlewnia rzeczna.

Szacunki strat spowodowanych przez rolnictwo zostały przeprowadzone właśnie dla obszaru zlewni rzecznej.

Na potrzeby oszacowania strat spowodowanych działalnością rolniczą zaadaptowano metodę restytucyjną szacowania strat. Przyjęto, że straty spowodowane zanieczyszczeniem wód związkami biogennymi pochodzenia rolniczego odpowiadają kosztom, jakie należałoby ponieść na usunięcie ładunku zanieczyszczeń wniesionego z rolnictwa do wód.

Procedura określenia strat spowodowanych zanieczyszczeniem wód związkami azotu pochodzącymi z rolnictwa przebiega następująco:

1. Określenie za pomocą programu MacroBil wielkości ładunku zanieczyszczenia w środowisku [kg/ha/rok].
2. Określenie ładunku zanieczyszczenia pochodzącego z atmosfery [kg/ha/rok].
3. Obliczenie różnicy ładunków zanieczyszczenia w środowisku i pochodzącego z atmosfery.
4. Obliczenie całkowitego ładunku zanieczyszczenia wprowadzanego w wyniku nawożenia [kg/rok azotu].
5. Określenie ilości ścieków komunalnych, która odpowiada obliczonemu ładunkowi zanieczyszczenia pochodzącemu z rolnictwa.
6. Ustalenie na podstawie danych dotyczących orientacyjnych kosztów oczyszczania ścieków komunalnych kosztu oczyszczenia ilości ścieków odpowiadającej zawartości ładunku zanieczyszczenia pochodzącego z rolnictwa.
7. Oszacowanie strat spowodowanych zanieczyszczeniami pochodzenia rolniczego.

Do ustalenia wielkości ładunku zanieczyszczenia w środowisku [kg/ha/rok] pochodzącego ze zlewni wykorzystano program MacroBil. Jest to program opracowany przez Instytut Upraw, Nawożenia i Gleboznawstwa w Puławach, wykorzystujący bilans azotu „na powierzchni pola”, stosowany jako metoda monitorowania wpływu nawożenia tym składnikiem na jakość wód gruntowych, a pośrednio na jakość wód powierzchniowych.

W programie tym w bilansie po stronie przychodu uwzględnia się następujące źródła dopływu składnika do gleby:

- nawozy mineralne;
- nawozy naturalne;
- nawozy organiczne;
- przyorane produkty uboczne roślin uprawnych;

- biologiczne wiązanie azotu (resztki poźniwne roślin motylkowatych, przyorane poplony motylkowate);
- opad atmosferyczny.

Po stronie rozchodu uwzględnia się natomiast pobranie składnika w plonach. W systemie zrównoważonego nawożenia dopływ składników pokarmowych do gleby powinien rekompensować ich odpływ w plonach. W programie przyjmuje się założenie, że całkowite zrównoważenie bilansu w przypadku azotu nie jest możliwe ze względu na nieuniknione straty tego składnika poprzez:

- ulatnianie się form gazowych do atmosfery;
- immobilizację przez mikroorganizmy glebowe;
- częściowe wymywanie azotanów.

Program MacroBil uwzględnia w swoich obliczeniach azot pochodzący z atmosfery, a w związku z tym w procedurze szacowania strat odejmuje się ten rodzaj azotu od uzyskanego wyniku. Przyjęto, że ładunek azotu pochodzący z atmosfery wynosi  $15 \text{ kgN} \cdot \text{ha}^{-1} \cdot \text{rok}^{-1}$ .

Ilość ścieków, która zawierałaby ładunek azotu odpowiadający obliczonemu ładunkowi pochodzącemu z nawożenia, należy obliczyć, przyjmując, że średnie stężenie azotu ogólnego w ściekach komunalnych wynosi  $95 \text{ g} \cdot \text{m}^{-3}$ .

Koszty oczyszczenia ścieków, które zawierałyby wielkość ładunku azotu pochodzącego z rolnictwa, określono na podstawie orientacyjnych kosztów oczyszczenia ścieków (tabela 1, rysunek 1).

Tabela 1

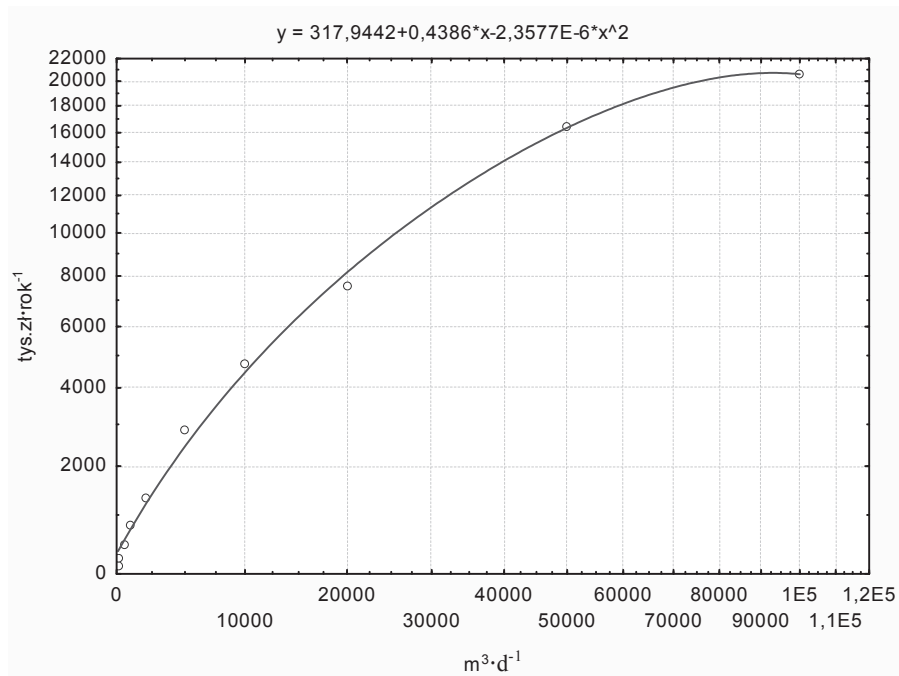
Orientacyjne wielkości rocznych i jednostkowych kosztów eksploatacji komunalnych oczyszczalni ścieków (poziom cen 2009 roku)

Ilość oczyszczanych ścieków [Q, m <sup>3</sup> /d]	Roczne koszty oczyszczania ścieków [K, tys. zł/rok]	Jednostkowe koszty oczyszczania ścieków [k, zł/m <sup>3</sup> ]
100	135,98	3,73
200	236,42	3,24
500	463,96	2,54
1000	805,74	2,21
2000	1320,87	1,81
5000	2845,40	1,56
10000	4759,41	1,30
20000	7610,76	1,04
50000	16511,04	0,90
100000	20583,76	0,56

Źródło: opracowanie własne na podstawie R. Miłaszewski: *Ekonomika ochrony wód powierzchniowych*, Wydawnictwo Ekonomia i Środowisko, Białystok 2003, s. 73.



Rysunek 1  
Zależność rocznych kosztów eksploatacji komunalnych oczyszczalni ścieków  
od ilości oczyszczonych ścieków



Źródło: opracowanie własne na podstawie R. Miłaszewski: *Ekonomika ochrony wód powierzchniowych*, Wydawnictwo Ekonomia i Środowisko, Białystok 2003, s. 73.

### 3. Oszacowanie strat spowodowanych związkami azotu pochodzenia rolniczego na przykładzie zlewni rzeki Śliny

Jako obiekt badań wybrano zlewnię rzeki Śliny, która jest zlewnią typowo rolniczą. O jej wyborze zdecydował także brak punktowych źródeł zanieczyszczenia wód rzecznych.

Zlewnia rzeki Śliny położona jest w południowo-zachodniej części województwa podlaskiego, w obrębie dwóch powiatów: białostockiego i wysokomazowieckiego. W jej granicach zlokalizowane są gminy: Zawady, Tykocin, Sokoły, Kobylin-Borzmy, Nowe Piekuty, Kulesze Kościelne i Wysokie Mazowieckie.

Rzeka Ślina jest III-rzędowym, lewobrzeżnym dopływem Narwi. Wpada do niej na 270 km jej biegu. Jest to rzeka w całości uregulowana. Długość Śliny wynosi 20 km, szerokość waha się od 1,5 do 5 m, a głębokość nie przekracza 1m.

Badania prowadzone w roku 2008 przez Wojewódzki Inspektorat Ochrony Środowiska w punkcie pomiarowo-kontrolnym w miejscowości Targonie Wity wykazują, iż wody rzeki Śliny są podatne na eutrofizację ze względu na podwyższoną zawartość azotu azotanowego (V), którego stężenie średnioroczne wyniosło 12,23 mg N-NO<sub>3</sub>/dm<sup>3</sup>. Stan ekologiczny rzeki jest umiarkowany ze względu na zwiększone stężenia azotu azotanowego (V), a rzeka nie jest przydatna do bytowania ryb ze względu na zawartość tlenu rozpuszczonego i fosforu ogólnego.

Zlewnia zajmuje powierzchnię 359,53 km<sup>2</sup>, z czego 28 312,5 ha zajmują grunty użytkowane rolniczo. Największą powierzchnię z użytków rolnych zajmują grunty orne, to jest 22 020,5 ha. Użytki zielone stanowią 6 292 ha. Duży obszar zlewni zajmują również lasy i grunty leśne – 7 364 ha. Natomiast pozostałe obszary, czyli wody powierzchniowe, nieużytki oraz zabudowania zajmują około 235 ha.

Zlewnia została podzielona na pięć zlewni cząstkowych. Dwie z nich stanowią dopływy rzeki Śliny (zlewnia D i E), trzy pozostałe wydzielono z obszaru przyczeczy rzeki Śliny (zlewnie: A, B, C). Zlewnie cząstkowe zostały wydzielone w celu ujednoczenia warunków. Podstawowe dane dotyczące struktury użytkowania zlewni zamieszczono w tabeli 2.

Dane potrzebne do obliczenia wielkości ładunku zanieczyszczenia w środowisku pochodzącego z rolnictwa na podstawie programu MacroBil uzyskano na drodze badań ankietowych przeprowadzonym metodą wywiadu bezpośredniego.

Badania ankietowe przeprowadzono na początku 2008 roku wśród rolników gospodarujących na obszarach pięciu analizowanych zlewni cząstkowych. Miały one na celu zbadanie ogólnego funkcjonowania gospodarstw rolnych, ze szczególnym uwzględnieniem średniego zużycia nawozów naturalnych i mineralnych, sposobu prawidłowego gospodarowania nawozami i rodzaju prowadzonej działalności rolniczej.

Do badań wybrano gospodarstwa o różnym profilu działalności rolnej, czyli nastawione głównie na:

- uprawę roślin;

Tabela 2  
Charakterystyka zlewni cząstkowych rzeki Śliny

Nazwa zlewni	Powierzchnia [ha]	Użytkowanie na obszarze zlewni [ha]			
		Grunty orne	Użytki zielone	Lasy i grunty leśne	Sady
Zlewnia A	2 776	1 987,75	21,5	766,75	-
Zlewnia B	6 494,25	4 510,75	993,5	990	-
Zlewnia C	10 762	7 011	2 061,75	1 686,25	3
Zlewnia D	13 184,5	6 936	3 110,5	3 138	-
Zlewnia E	2 501,25	1 575	104,75	783	38,5

Źródło: opracowanie własne.

- hodowlę trzody chlewnej;
- hodowlę bydła mlecznego;
- hodowlę bydła mlecznego i opasowego oraz hodowlę niewyspecjalizowane w żadnej produkcji rolnej.

W celu uzyskania niezbędnych informacji skonstruowano kwestionariusz ankietowy zawierający 34 pytania. Zakres tematyczny ankiety obejmował:

- strukturę użytkowania gruntów w gospodarstwie;
- klasę bonitacyjną gleb;
- rośliny uprawiane w gospodarstwie;
- sposób odnawiania trwałych użytków zielonych;
- zwierzęta w gospodarstwie;
- rodzaje i ilości nawozów mineralnych i naturalnych;
- sposoby przechowywania obornika;
- przechowywanie nawozów płynnych;
- sposoby postępowania ze słomą;
- stosowanie osadów ściekowych jako nawozu;
- wielkość plonów.

Badania ankietowe przeprowadzono w 27 wsiach. Łącznie uzyskano 196 ankiet (tabela 3). W analizach danych posłużono się wartościami uśrednionymi i przyjęto, że w każdym roku prowadzonych badań gospodarstwo wytwarza średnio taki sam plon z hektara i zużywa taką samą ilość nawozów na hektar użytków rolnych.

Następnie określono ilość ścieków komunalnych, która odpowiada ładunkowi zanieczyszczenia pochodzącemu z rolnictwa. Uzyskane wyniki przedstawiono w tabeli 4.

Z przeprowadzonych szacunków wynika, że ładunek azotu wprowadzony z nawożenia zlewni rzeki Śliny odpowiada zawartości azotu ogólnego usuwanego rocznie przez oczyszczalnię komunalną oczyszczającą w ciągu doby 8088,4 m<sup>3</sup> ścieków.

Biorąc pod uwagę zawartość azotu ogólnego w ściekach komunalnych, taka ilość ścieków odpowiadałaby 64033 RLM (do obliczenia przyjęto nastę-

Tabela 3

Liczba gospodarstw biorących udział w badaniach ankietowych w poszczególnych zlewniach częściowych rzeki Śliny

Lp.	Nazwa zlewni	Liczba gospodarstw biorących udział w badaniach ankietowych
1	Zlewnia A	36
2	Zlewnia B	48
3	Zlewnia C	35
4	Zlewania D	68
5	Zlewania E	9

Źródło: opracowanie własne.

Tabela 4  
Ładunki azotu pochodzące z nawożenia

Zlewnia	Ładunek azotu w środowisku [kgN·ha <sup>-1</sup> ·rok <sup>-1</sup> ]	Ładunek azotu pochodzący z atmosfery [kgN·ha <sup>-1</sup> ·rok <sup>-1</sup> ]	Ładunek azotu wprowadzany w wyniku nawożenia [kgN·ha <sup>-1</sup> ·rok <sup>-1</sup> ]	Powierzchnia zlewni [ha]	Ładunek azotu wprowadzany w wyniku nawożenia [kgN·rok <sup>-1</sup> ]	Średnie stężenie N <sub>og</sub> w ściekach komunalnych [kg·m <sup>-3</sup> ]	Ilość ścieków komunalnych odpowiadająca zawartości azotu [m <sup>3</sup> ]
A	31	15	16	2776	44416	0,095	467536,8
B	32		17	6494,2	110401,4		1162120
C	23		8	10762	86096		906273,7
D	18		3	13184,5	39553,5		416352,6
E	0		0	2501,2	0		0
Razem			44	35717,9	280466,9		2952283

Źródło: opracowanie własne.

pujące wartości: N<sub>og</sub> = 12 gN/Md, średnie stężenie N<sub>og</sub> w ściekach komunalnych 95 mg·dm<sup>-3</sup>).

Następnie, na podstawie orientacyjnych kosztów oczyszczania ścieków, określono koszty oczyszczenia ścieków, które zawierałyby obliczoną wielkość ładunku azotu pochodzącego z rolnictwa.

W oparciu o rysunek 1, korzystając z uzyskanej zależności pomiędzy roczną ilością oczyszczanych ścieków a rocznymi kosztami oczyszczania, ustalono, że koszt oczyszczenia 2952283 m<sup>3</sup> wyniesie 3711,28 tys. PLN.

Odnosząc się do powierzchni zlewni, można stwierdzić, że każdy hektar powierzchni zlewni w związku ze stosowaniem nawozów mineralnych oraz naturalnych generuje stratę w wysokości 103,90 PLN w ciągu roku. Jest to wartość uśredniona dla zlewni, gdyż jak wspomniano wcześniej, trudno jest wskazać konkretne miejsce powstawania zanieczyszczeń obszarowych ze względu na skomplikowaną drogę ich migracji. Istotne jest zlewniowe ujęcie problemu, gdyż wody mają charakter dynamiczny i należy rozpatrywać je w odniesieniu do naturalnych granic, a nie granic wyznaczonych administracyjnie. Zasadę zlewniową wprowadza Ramowa Dyrektywa Wodna, wskazując, że to właśnie na obszarze dorzecza powinno odbywać się zarządzanie zasobami wodnymi.

Ustalenie szacunkowej wysokości strat spowodowanych zanieczyszczeniami azotowymi pochodzącymi z rolnictwa może stanowić podstawę do opracowania opłaty środowiskowej, którą obciążone zostałyby gospodarstwa rolne. Opłata ta uzupełniłaby system instrumentów ekonomicznych ochrony środowiska w Polsce i pozwoliłaby na spełnienie zasady „sprawca zanieczyszczenia płaci” w stosunku do sektora „rolnictwo”.

Należy propagować wśród gospodarzy dobre praktyki rolnicze, które uwzględniają aspekty środowiskowe działalności rolniczej, aby zminimalizować straty wywoływane przez rolnictwo.

## Podsumowanie

Woda przestała być obecnie dobrem wolnym, a stała się dobrem ekonomicznym. Zatem podobnie jak inne dobra funkcjonujące na tradycyjnym rynku, także podlega wartościowaniu. Działalność człowieka, w tym także rolnicza, powoduje obniżenie jej wartości, generuje określone koszty zewnętrzne, które są odczuwane przez użytkowników zanieczyszczonych zasobów wodnych. Trudno jest jednak określić straty wywoływane działalnością rolniczą, gdyż w znacznej mierze zanieczyszczenia pochodzące z rolnictwa są zanieczyszczeniami obszarowymi. Ich drogi przemieszczania się są skomplikowane i trudno jest określić ich rodzaj i ilość.

Sformułowana w Polityce ekologicznej państwa zasada „sprawca zanieczyszczenia płaci” wskazuje na konieczność szacowania strat spowodowanych zanieczyszczeniem środowiska, by podmioty odpowiedzialne za ich powstawanie ponosiły konsekwencje finansowe za swój wpływ na pogorszenie jakości środowiska.

Do szacowania strat wykorzystuje się niektóre z metod wartościowania dóbr ekonomicznych. Do najpopularniejszych należą metody kosztowe, takie jak metoda substytucyjna, metoda restytucyjna, metoda kompensacyjna.

Do szacowania strat spowodowanych związkami azotu pochodzenia rolniczego można wykorzystać metodę restytucyjną, opierając się na kosztach, które musiałaby ponieść oczyszczalnia ścieków, by usunąć zanieczyszczenia wygenerowane przez rolnictwo na obszarze danej zlewni rzecznej.

Rachunki przeprowadzone dla typowej zlewni rzecznej, jaką jest zlewnia rzeki Śliny, pokazały, że dla zlewni o powierzchni 35717,9 ha straty spowodowane odprowadzaniem do środowiska wodnego związków azotu powodują straty w wysokości 3711,28 tys. PLN.