

## PRACE PRZEGLĄDOWE

Czesława Jasiewicz, Agnieszka Baran

# ROLNICZE • RÓDŁA ZANIECZYSZCZENIA WÓD – BIOGENY

Katedra Chemii Rolnej, Akademia Rolnicza w Krakowie

## WSTĘP

Woda należy do najbardziej rozpowszechnionych związków występujących na Ziemi. Zależność bytu człowieka, a także rolnictwa od wody była już znana starożytnym cywilizacjom w Mezopotamii oraz Egipcie. Nad brzegami Tygrysu, Eufratu oraz Nilu uprawiano pola użyźniane przez wylewy wód, łowiono ryby oraz budowano osiedla. Arystoteles zaliczył wodę do podstawowych żywiolów budujących cały świat, a słowa Talesa z Miletu – o których polski filozof Tadeusz Kotarbiński powiedział, że są pierwszą naukową teorią – „wszystko jest z wody, z wody powstało i z wody się składa” świadczą o nieocenionym jej znaczeniu. W rolnictwie woda wykorzystywana jest w produkcji roślinnej i zwierzęcej oraz na potrzeby bytowe ludności wiejskiej. Np. rośliny do wyprodukowania 1 kg s.m. potrzebują ok. 500 litrów wody, natomiast jedna duża sztuka bydła zużywa 30–70 l wody dziennie (WESOŁOWSKI i in. 1996). Zasoby wodne są ograniczone, ale odnawialne. Odnowa i regeneracja dokonuje się dzięki krążeniu wody w przyrodzie. Procesy te mogą być spowolnione czynnikami antropogenicznymi, co w konsekwencji może doprowadzić do zmniejszenia ilości wody dostępnej do użytkowania (CHELMICKI 2002). Celem niniejszej pracy było przedstawienie rolniczych źródeł zanieczyszczenia wód biogenami. Dokonano tego na podstawie publikacji zaczerpniętych z polskiego piśmiennictwa.

Obszary wiejskie, a w szczególności rolnictwo, postrzegane są jako jedno z głównych i istotnych źródeł zanieczyszczenia oraz eutrofizacji wód (SAPEK 1996, KOC 1998). Eutrofizacja (gr. *eutrofis* – dobrze odżywiony) jest procesem wzbogacenia wód w związki pokarmowe – biogeny. Na skutek ich obfitości następuje gwałtowny rozwój glonów, prowadzący do nagromadzenia się nadmiernej ilości martwej substancji organicznej i nadmiernego zużycia tlenu do jej rozkładu. Duża część masy organicznej ulega zatem rozkładowi w warunkach beztlenowych, co skutkuje pojawieniem się w zbiorniku siarkowodoru, amoniaku i metanu – związków szkodliwych dla ryb i roślin (CZUBA 1996). Symptodem eutrofizacji są zakwity wód (masowy rozwój glonów), czyli wystąpienie specyficznych zabarwień wody, pogorszenie jej cech organoleptycznych – smaku i zapachu, co utrudnia uzdatnianie wody. Zaawansowana eutrofizacja dyskwalifikuje wodę do wszelkich celów gospodarczych.

Rolnicze źródła zanieczyszczeń wód można podzielić – w zależności od kształtu emisji – na obszarowe i punktowe (BAJKIEWICZ-GRABOWSKA 2002, CHELMICKI 2002). Zdaniem wielu autorów (ILNICKI 1992, ZBIERSKA 2002, KOC i in. 2003), rolnicze zanieczyszczenia mają przede wszystkim charakter obszarowy. Zanieczyszczenia obszarowe (rozproszone) obejmują straty składników z nawozów mineralnych i organicznych stosowanych na użytkach rolnych, spływy powierzchniowe z terenów wiejskich i w wyniku erozji oraz z opadów atmosferycznych. Są one związane z rolnictwem, ponieważ w większości obszar zlewni jest użytkowany rolniczo (ILNICKI 1992). Wpływ zanieczyszczeń obszarowych pochodzących ze zlewni jest bardzo wyraźny, gdyż dostające się do cieków materia organiczna oraz spłukiwane z pól nawozy osiągają relatywnie duże koncentracje w stosunkowo niewielkiej ilości płynącej w nim wody (ZDANOWICZ 1994).

Punktowe źródła zanieczyszczeń na obszarach wiejskich to przede wszystkim: produkcja zwierzęca – zanieczyszczenia z zabudowań gospodarskich, przydomki obornikowe, zbiorników na gnojówkę i gnojowicę, silosów i przydomki na kiszonkę, działalność bytowa: ścieki bytowe, szamba, wiejskie wysypiska śmieci oraz przetwórstwo rolne: nieczystości płynne, osady ściekowe (PIETRZAK 2002). Ponieważ w Polsce jest ok. 2 mln zagrod wiejskich, ponad 40 tys. wsi, źródła punktowe określa się często jako „punktowe – rozproszone”. Głównym źródłem rolniczych zanieczyszczeń punktowych wód są wiejskie szamba oraz produkcja zwierzęca i związane z nią zaniedbania w zakresie sposobów gromadzenia oraz przechowywania odchodów zwierzęcych (DUROWSKI, WORONIECKI 2001). Należy zaznaczyć, że zwierzęta wykorzystują zaledwie 15–20% azotu zawartego w paszy, toteż ubocznym efektem produkcji zwierzęcej jest znaczna ilość „azotu odpadowego” (ŁĄBĘTOWICZ, SOSULSKI 2005). Dobbowe ładunki zanieczyszczeń pochodzących od wybranych zwierząt gospodarskich przedstawiono w tabeli 1. Wyciekające z budynków inwentarskich i miejsc przechowywania odchodów zwierzęcych substancje bogate w składniki nawozowe, przedostając się do wód gruntowych lub najbliższego cieków wodnego, powodują ich skażenie – głównie azotanami (V).

Tabela 1  
Table 1

Dobowe ładunki zanieczyszczeń pochodzących od zwierząt gospodarskich w przeliczeniu na DJP (ZBIERSKA 2002, GUS 2005)  
Daily loads of contaminants excreted by livestock expressed in Large Animal Unit (ZBIERSKA 2002, GUS 2005)

| Wskaźnik - Indicator             | Jednostka Unit                   | Bydło mleczne Dairy cattle | Trzoda chlewna Pigs | Konie Horses |
|----------------------------------|----------------------------------|----------------------------|---------------------|--------------|
| Liczebność Number                | tys. szt. in thousand of animals | 2656                       | 15405               | 313          |
| N-ogólny N-total                 | kg N·d <sup>-1</sup>             | 0.342-0.497                | 0.15-0.6            | 0.28         |
| P-ogólny P-total                 | kg P·d <sup>-1</sup>             | 0.044-0.077                | 0.05-0.25           | 0.05         |
| Masa odchodów Mass of excrements | kg·d <sup>-1</sup>               | 88-94                      | 20.5-106            | 50           |

Szacuje się, że w ok. 50% studni w gospodarstwach wiejskich woda zawiera zbyt dużo azotanów, ponad 10 mg N-NO<sub>3</sub>·dm<sup>-3</sup>. Zdaniem ŁABĘTOWICZ, SOSULSKIEGO (2005), kluczem do ograniczenia strat azotu są: odpowiednie technologie usuwania odchodów zwierzęcych, szczelne obiekty do ich przechowywania oraz stosowanie obornika, gnojowicy gnojówki jako nawozów naturalnych na polach. Uregulowania dotyczące przechowywania odchodów zwierzęcych i wykorzystania nawozów naturalnych wprowadziła Ustawa z dnia 16 lipca 2000 r. o nawozach i nawożeniu oraz Kodeks Dobrej Praktyki Rolniczej (*Ustawa...2004*, DUER, FOTYMA 1999).

Zarówno zanieczyszczenia obszarowe, jak i punktowe są istotnym źródłem biogenów w ciekach i zbiornikach wodnych. Ponieważ jednak stopień oczyszczania ścieków ze źródeł punktowych systematycznie się poprawia, rolnicze zanieczyszczenia obszarowe stają się coraz większym zagrożeniem. Poza tym stanowią one najtrudniejszą do kontrolowania, przyczynę degradacji wód. W Polsce szczególnie istotne jest to, że blisko 60% powierzchni kraju stanowią UR, co jest najwyższym wskaźnikiem w Europie (ZBIERSKA 2002). Mimo obserwowanego regresu w produkcji rolniczej, w Polsce ulegają rozproszeniu znaczne ilości składników nawozowych. Sytuacja ta powinna ulec poprawie przy właściwym wykonywaniu znowelizowanej ustawy o nawozach i nawożeniu (*Ustawa...2004*). Dobrą miarą skutków zanieczyszczeń obszarowych jest ładunek azotu i fosforu wprowadzany do Morza Bałtyckiego. Szacuje się, że ok. 40% ładunku fosforu oraz 50-60% ładunku azotu pochodzi z zanieczyszczeń obszarowych, z czego rolnictwo dostarcza ok. 35% fosforu i 39% azotu (ILNICKI 1992, ZBIERSKA 2002).

Celowość badań wpływu rolnictwa na zanieczyszczenie wód biogenami uzasadnia potrzeba restrukturyzacji polskiego rolnictwa. Jedną ze słabych stron rolnictwa jest mała wydajność i efektywność, którym towarzyszą znaczne straty składników nawozowych (PIETRZAK 2002, SAPEK 2001). W ostatnim dziesięcioleciu zużycie nawozów w Polsce zmniejszyło się proporcjonalnie do regresu produkcji (tab. 2). Mała wydajność (wykorzystanie N wynosi ok. 60% w I roku i 14% w II roku oraz wykorzystanie P 10% w I roku i 2% w II roku wprowadzonych do gleby) oraz efektywność nawożenia wynika z niskiej kultury rolnej i niedoskonałego systemu doradztwa rolniczego (GORLACH, MAZUR 2001, SAPEK 2001). Słabe wykorzystanie nawozów jest nie tylko istotnym zagrożeniem dla środowiska, lecz także ewidentną stratą finansową rolnika.

Tabela 2  
Table 2

Zużycie nawozów mineralnych w Polsce (GUS 1980, 1990, 2005)  
Mineral fertilizer use in Poland (Main Statistical Office 1980, 1990, 2005)

| Rok – Year | Zużycie nawozów – Mineral fertilizer use (kg · ha <sup>-1</sup> ) |                               |                  |               |
|------------|---|-------------------------------|------------------|---------------|
|            | N   | P <sub>2</sub> O <sub>5</sub> | K <sub>2</sub> O | Razem – Total |
| 1960       | 12.3  | 8.9                           | 15.3             | 36.5          |
| 1970       | 52.5  | 39.8                          | 69.2             | 161.5         |
| 1980       | 69.6  | 51.4                          | 71.9             | 192.9         |
| 1990       | 68.9  | 40.7                          | 54.3             | 163.9         |
| 2000       | 48.4  | 16.7                          | 20.7             | 85.8          |
| 2003       | 51.5  | 18.7                          | 23.4             | 93.6          |
| 2004       | 50.5  | 19.0                          | 22.4             | 91.9          |

### Charakterystyka biogenów – azotu i fosforu

Azot związany organicznie stanowi podstawę życia biologicznego, jest budulcem wszystkich żywych organizmów. Wprowadzony do produkcji rolnej zwiększa jej wydajność i umożliwia zaspokojenie rosnącego zapotrzebowania na białko konsumpcyjne (SAPEK 2001, PIETRZAK 2002). Występujące w przyrodzie mineralne formy azotu są źródłem tego składnika dla roślin, lecz w nadmiarze zakłócają homeostazę w środowisku przyrodniczym. Azot z produkcji rolnej przenika do środowiska w wyniku: wymywania azotanów (NO<sub>3</sub><sup>-</sup>), ulatniania się amoniaku (NH<sub>3</sub>), denitryfikacji (N<sub>2</sub>), emisji tlenków azotu, erozji wywołanej sływem powierzchniowym (ŁABĘTOWICZ, SOSULSKI 2005). Wysoka zawartość azotanów(V) i azotanów(III) w wodzie pitnej jest szkodliwa dla zdrowia, a w ekosystemach wodnych prowadzi do ograniczenia bioróżnorodności, w wyniku wypadania ze zbiorowisk roślinnych gatunków siedlisk ubogich. Wyemitowany do atmosfery amoniak i tlenki azotu powracają na powierzchnię ziemi z opadem, powodując zakwaszenie i eutro-

fizację środowiska. Tlenek azotu(I) przyczynia się do ocieplenia klimatu i zmniejszenia stężenia ozonu w ozonosferze (SAPEK, SAPEK 2001).

Fosfor, obok azotu i potasu, należy do „trio chemicznego”, tj. pierwiastków, w stosunku do których wymagania pokarmowe roślin są szczególnie duże (LITYŃSKI, JURKOWSKA 1982). Jest składnikiem decydującym o żyzności gleby. Jego niedobór ogranicza rozwój organizmów, a ekosystemy o małej zasobności w ten składnik (oligotroficzne) odznaczają się małą produkcją biomasy i swoistą bioróżnorodnością (SAPEK 2001). Fosfor nagromadzony w nadmiernej ilości w środowisku wodnym jest głównym czynnikiem powodującym zwiększenie jego żyzności, czyli eutrofizację. Antropogenicznym źródłem fosforu w wodach oraz środowisku glebowym są stosowane nawozy oraz środki czystości i zwiększona konsumpcja żywności w zagęszczonych skupiskach ludzkich. Panuje również opinia, że to ścieki bytowe są głównym źródłem ładunku fosforu wnoszonego do wód (SAPEK 2001). Przeciętny ładunek fosforu, który może być wprowadzony do kanalizacji przez jednego mieszkańca, wynosi 1,2 kg P (2,75 kg  $P_2O_5$ ) rocznie, co pomnożone przez liczbę mieszkańców (38,5 mln) wynosi ok. 46 tys. ton fosforu rocznie. Jest to poważne źródło, nawet jeśli się uwzględni, że w Polsce tylko połowa tego ładunku trafia bezpośrednio do kanalizacji. Jednak jest to znacznie mniej niż wynosi masa fosforu wnoszonego rocznie do produkcji rolnej i jego ilości nagromadzonej w glebach użytków rolnych. Toteż obecnie coraz większą uwagę zwraca się na gleby użytków rolnych jako źródło rozpraszania tego pierwiastka (SAPEK 2001), chociaż przy obecnym poziomie zużycia nawozów, zwłaszcza fosforowych – 19 kg  $P_2O_5 \cdot ha^{-1}$ , problem ten wydaje się być mniej istotny (Rocznik Statystyczny 2005).

### Czynniki wpływające na migrację biogenów

Intensywność migracji i dopływu pierwiastków eutrofizujących do wód ze źródeł rolniczych zależy od czynników naturalnych i antropogenicznych. Do czynników naturalnych należą: warunki pogodowe, ukształtowanie i nachylenie powierzchni terenu, właściwości gleby, i biogenów. Czynniki antropogeniczne to przede wszystkim sposób użytkowania terenu oraz zagospodarowania zagrody wiejskiej (ZDANOWICZ 1994, ZBIERSKA 2002).

Dużym zagrożeniem dla jakości wód są spływy powierzchniowe z użytków rolnych, podwórzy gospodarskich i wybiegów dla zwierząt. Spływ powierzchniowy jest to spływanie wód opadowych po powierzchni gruntu wówczas, gdy natężenie deszczu lub szybkość tajania śniegu przewyższa wsiąkanie wody w grunt, powoduje zmywanie gleby, spłukiwanie powierzchniowe, erozję oraz wezbranie rzek (KOMORNICKI 1979). Jest on elementem rozchodu składników, ponieważ przemieszcza związki azotu, fosforu i inne substancje, które uległy rozpuszczeniu w spływającej wodzie, resztki nawozów z pól, których nie wymieszano z glebą, resztki roślinne oraz zanieczyszczenia bakteriologiczne powstające w zagrodach gospodarskich.

W określeniu migracji biogenów ze źródeł obszarowych podstawowe znaczenie mają warunki atmosferyczne, a szczególnie ilość i rozkład opadów atmosferycznych (PAWLIK-DOBROWOLSKI 1992) oraz glebowe. Wpływają one na nasilenie spływu powierzchniowego. DOMAGAŁA (1992) uważa, że większe straty biogenów występują po intensywnych opadach i roztopach wiosennych, natomiast po długim okresie suszy spływ powierzchniowy intensyfikuje transport biogenów ze zlewni do strumienia (ZDANOWICZ 1994). O nasileniu spływu powierzchniowego decyduje także rzeźba terenu, a znaczący wpływ ma spadek terenu. Przy większym nachyleniu terenu obserwuje się szybszy i większy spływ, a tym samym większą erozję, i migrację biogenów.

Z badań różnych autorów (KOPEĆ 1992, KLIMA 2000, KOC i in. 2003) wynika, że ważnym czynnikiem jest charakter działalności rolniczej, tj.: gatunek uprawianej rośliny, stopień pokrycia gleb roślinnością, poziom nawożenia organicznego i mineralnego. Największą migrację biogenów obserwuje się spod uprawy roślin okopowych, następnie zbóż, natomiast najmniejsze straty występują na trwałych użytkach zielonych i lasach. Z danych przedstawionych w tabeli 3 wynika, że im większy jest udział UR w powierzchni zlewni, tym większe są ładunki biogenów dopływających do wód powierzch-

Tabela 3  
Table 3

Straty  $N_{\text{całk}}$  i  $P_{\text{całk}}$  ze zlewni do wód powierzchniowych  
Losses  $N_{\text{Total}}$  i  $P_{\text{Total}}$  from capture basins to surface water

| Rodzaj użytku – Land use    | Straty $N_{\text{Całk}}$<br>Losses $N_{\text{Total}}$ | Straty $P_{\text{Całk}}$<br>Losses $P_{\text{Total}}$ |
|-----------------------------|---|---|
|                             | kg · ha <sup>-1</sup> · rok <sup>-1</sup>             |   |
| Lasy – Forest               | <10   | 0.04 - 0.2  |
| Łąki, pastwiska – Grassland | <10   | 0.05 - 0.17   |
| Uprawy rolne – Cropland     | 2.6 - 26.7  | 0.06 - 2.9  |
| Czarny ugór – Bare fallow   | 33 - 185  | 0.56 - 2.9  |

niowych (KAJAK 1998). Lasy zmniejszają spływy powierzchniowe i zapobiegają erozyjnemu wymywaniu materiału, zatrzymując znaczną ilość wody w ściółce i glebie, ograniczając migrację biogenów do wód (ZDANOWICZ 1994). Natomiast w wyniku wylesiania przez wycinkę drzew lub też wypalania następuje zwiększenie spływu powierzchniowego, przy równoczesnym wzroście uwalniania biogenów z gleby i ściółki (CHELMICKI 2002). KAJAK (1979) podaje przykład obszaru górskiego o dużym nachyleniu stoków, w którym po wycięciu lasu nastąpił 30-krotny wzrost eksportu azotu. Pokrycie gleb roślinnością oraz faza rozwojowa roślin mają duże znaczenie w migracji biogenów w spływach powierzchniowych. Mniejsze straty występują w tych fazach rozwojowych roślin, w których powierzchnia liści wyrażona wskaźnikiem powierzchni liściowej – LAI (wielokrotność powierzchni liści w stosunku do powierzchni zajmowa-

nej przez roślinę) (KOPCEWICZ, LEWAK 2002) osiąga największą wartość. Gęsta roślinność, szczególnie łąkowa, dostarcza resztki roślinne, które wymieszane z glebą nadają większą trwałość gruzelkom glebowym i zwiększają pojemność wodną. Również korzenie roślin wiążą glebę, zapobiegając jej wymywaniu nawet w okresach gwałtownego spływu powierzchniowego. Duże natężenie migracji biogenów obserwuje się w okresach, w których gleba pozbawiona jest okrywy roślinnej. Dobre warunki do powstania zmywów, obciążonych ładunkiem biogenów, istnieją wiosną, kiedy niewykształcona jeszcze pokrywa roślinna i zamrznięty po zimie grunt sprzyjają spływowi powierzchniowemu (CHELMICKI 2002). Wysiane w tym czasie nawozy mogą w znacznej części trafić do rzek, przy wystąpieniu intensywnych opadów. Największym potencjalnym źródłem pierwiastków eutrofizujących, dostających się do wód ze źródeł obszarowych, jest ugór nawożony. Takie zanieczyszczenie może mieć miejsce np. po zastosowaniu gnojowicy na zaoraną i nieporośniętą rolę, jednakże wykonania tych czynności zabrania Kodeks Dobrej Praktyki Rolniczej (DUER, FOTYMA 1999) i *Ustawa o nawozach i nawożeniu* (2004).

Migracja azotu (w postaci  $N-NO_3$ ) ze względu na lepszą rozpuszczalność jego związków znacznie bardziej jest uzależniona od warunków hydrologicznych i glebowych, i związana głównie z wymywaniem, natomiast migracja fosforu jest ściśle powiązana ze zjawiskiem erozji (ZBIERSKA 2002). Największe potencjalne zagrożenie wymywaniem azotanów występuje na glebach lekkich, a ponieważ gleby te dominują w Polsce, problem ten jest znaczący dla naszego kraju (ŁABĘTOWICZ, SOSULSKI 2005). W zmywach powierzchniowych stwierdza się większą zawartość fosforu niż w glebie macierzystej. Wynika to stąd, że fosfor gromadzi się głównie w wierzchnich warstwach gleby (CZUBA 1996), dlatego jego migracja do rzek wiąże się w znacznie większym stopniu z erozją gleby w czasie występowania gwałtownych opadów lub topnienia śniegu niż z jego wymywaniem (ZDANOWICZ 1994). Zmiany stężenia fosforu w wodach rzecznych korelują zwykle ze zmianami koncentracji zawiesin, ponieważ fosfor ma zdolność do sorpcji na cząsteczkach materiału zawieszzonego, transportowanego przez rzekę. Natomiast stężenie azotu, ze względu na lepszą jego rozpuszczalność w wodzie, nie zależy w takim stopniu od koncentracji zawiesin. Różna rozpuszczalność związków azotu i fosforu powoduje, że w okresach nawożenia obserwuje się w rzekach małych zlewni przede wszystkim wzrost zawartości związków azotowych, natomiast brak wyraźnego wzrostu fosforu (CHELMICKI 2002). W dużych zlewniach w okresach stosowania nawozów nie stwierdza się wzrostu zawartości biogenów w wodach, ponieważ czas dotarcia zanieczyszczeń z różnych części do punktu pomiarowego jest zróżnicowany (KAJAK 1979).

Najlepszym sposobem ochrony jakości wody jest zapobieganie jej degradacji. Zapobieganie to polega, przede wszystkim, na ograniczeniu dostawy biogenów ze źródeł rolniczych. Podstawowe akta prawne mające na celu ochronę wód przed zanieczyszczeniami ze źródeł rolniczych to: Dyrektywa

Azotanowa, Kodeks Dobrej Praktyki, Ustawa o nawozach i nawożeniu. Dyrektywa azotanowa (91/676/EWG) ma na celu ochronę wód przed zanieczyszczeniem powodowanym przez azotany pochodzące ze źródeł rolniczych. Zgodnie z powyższą dyrektywą, na terytorium Polski zostały wyznaczone obszary, na których występują wody wrażliwe na zanieczyszczenie azotanami pochodzenia rolniczego (wody powierzchniowe lub podziemne, w których stężenie azotanów przekracza lub może przekroczyć  $50 \text{ mg NO}_3 \cdot \text{dm}^{-3}$ ). W Polsce wyznaczono 21 obszarów szczególnie narażonych na azotany pochodzenia rolniczego. Ogólna powierzchnia tych obszarów wynosi  $6263,25 \text{ km}^2$ , co stanowi ok. 2,0% powierzchni kraju. Dla wszystkich obszarów szczególnie narażonych opracowano programy działań, które obejmują szkolenia i doradztwo dla rolników, monitoring wód, gleb na obszarach szczególnie narażonych. Najważniejszym elementem wszystkich programów jest wprowadzenie obowiązkowych środków zaradczych do stosowania przez rolników, co wynika z Kodeksu Dobrej Praktyki Rolniczej (KDPR). Podsumowując, program działań na obszarze szczególnie narażonym obejmuje:

- KDPR – dobrowolny sposób na przyjazne dla środowiska prowadzenie gospodarstwa;
- wprowadzenie okresów, w których stosowanie nawozów jest zakazane;
- ustalenie minimalnej pojemności zbiorników na nawozy naturalne w gospodarstwach;
- ograniczenie dawki azotu organicznego do  $170 \text{ kg N} \cdot \text{ha}^{-1}$ , obliczone na podstawie obsady inwentarza.

Ilość pierwiastków eutrofizujących przenikających z obszarów wiejskich do wód może być skutecznie ograniczona przez: stosowanie odpowiedniej agrotechniki (uprawa roli w poprzek stoku), racjonalne nawożenie dostosowane do warunków klimatyczno-glebowych, odpowiedni dobór roślin (płodozmiany przeciwerozyjne), przestrzeganie Kodeksu Dobrej Praktyki Rolniczej, zakładanie stref buforowych i oczyszczalni roślinnych.

## PIŚMIENNICTWO

- BAJKIEWICZ-GRABOWSKA E. 2002. *Obieg materii w systemach rzeczno-jeziornych*. UW, Wydz. Geogr. i Stud. Region., Warszawa, 274ss.
- CHELMICKI W. 2002. *Woda – zasoby, degradacja, ochrona*. PWN, Warszawa, 305ss.
- CZUBA R. (red.). 1996. *Nawożenie mineralne roślin uprawnych*. Police, 413ss.
- DOJLIDO J. 1995. *Chemia wód powierzchniowych*. Wyd. Ekonom. i Środ., Białystok, 342ss.
- DOMAGAŁA R. 1992. *Odptyw związków nawozowych z obszarów zmeliorowanych na tle odptywu tych związków z atmosfery*. Zesz. Nauk. AR w Krakowie, 260, ser. Inż. Środ., 32: 123-131.
- DUER I., FOTYMA M. (red.) 1999. *Polski kodeks dobrej praktyki rolniczej*. Puławy, 75ss.
- DUROWSKI T., WORONIECKI T. 2001. *Jakość wód powierzchniowych obszarów wiejskich Pomorza Zachodniego*. Zesz. Probl. Post. Nauk Rol., 476: 365-371.
- FOTYMA M., IGRAS J., KOPÍŃSKI J., GŁOWACKI M. 2000. *Bilans azotu, fosforu i potasu w rolnictwie polskim*. Pam. Puł., 120: 91-100.



- GORLACH E., MAZUR T. 2001. *Chemia rolna*. PWN, Warszawa, 346ss.
- ILNICKI P. 1992. *Udział polskiego rolnictwa w eutrofizacji wód powierzchniowych*. Mat. z Konf. Nauk. *Problemy zanieczyszczenia i ochrony wód powierzchniowych – dziś i jutro*. Wyd. UAM, ser. Biol., 49: 99-111.
- KAJAK Z. 1979. *Eutrofizacja jezior*. PWN, Warszawa, 233ss.
- KAJAK Z. 1998. *Hydrobiologia – limnologia. Ekosystemy wód śródlądowych*. Wyd. Nauk. PWN, Warszawa, 355ss.
- KLIMA K. 2000. *Produkcyjna i przeciwerozyjna skuteczność płodozmianów w warunkach górskich południowo-zachodniej części Beskidu Niskiego*. Zesz. Nauk. AR w Krakowie, Rozpr., 258: 1-96.
- KOC J. 1998. *Wpływ intensywności użytkowania terenu na wielkość odpływu biogenów obszarów rolniczych*. Rocz. AR w Poznaniu CCCVII, 52: 101-106.
- KOC J., SZYM CZYK S., CYMES I. 2003. *Odpływ substancji z gleb*. Zesz. Probl. Post. Nauk Rol., 493: 395-400.
- KOMORNICKI T. (red). 1979. *Pięcioletni słownik gleboznawczy*. PWN, Warszawa.
- KOPCEWICZ J., LEWAKS S. (red). 2002. *Fizjologia roślin*. PWN, Warszawa, 806ss.
- KOPEĆ S. 1992. *Ochronne działanie użytków zielonych przed utratą składników nawozowych wymywanych do wód w warunkach górskich*. Wiad. IMUZ, 17, (2): 283-299.
- ŁABĘTOWICZ J., SOSULSKI T. 2005. *Próba ilościowego oszacowania rozpraszania azotu z obszarów rolniczych w świetle literatury*. Mat. pokonf.: „Zanieczyszczenia środowiska azotem”. Monogr. Wszechnicy Mazurskiej w Olecku, 11-25.
- OSTROWSKI J. 2003. *Znaczenie wód powierzchniowych w obiegu materii w zlewni rzecznej*. W: *Funkcjonowanie geosystemów zlewni rzecznych 3*. Red. KOSTRZEWSKI A., SZPAKOWSKI J., BOGUCKI. Wyd. Nauk., Poznań, 71-85.
- PAWLIK-DOBROWOLSKI J. 1992. *Rolnicze zanieczyszczenia obszarowe i ograniczenie ich wpływu na jakość wód*. Zesz. Nauk. AR w Krakowie 260, ser. Inż. Środ., 32: 243-251.
- PIETRZAK S. 2002. *Ocena potencjalnych strat azotu na podstawie bilansu w gospodarstwach rolnych o zróżnicowanym udziale użytków zielonych*. IMUZ, Falenty, 7-48.
- Rocznik statystyczny Polski*. GUS 1980,1990, 2005.
- SAPEK A.1996. *Udział rolnictwa w zanieczyszczeniach wody składnikami nawozowymi*. Zesz. Eduk. I/96, Wyd. IMUZ, Falenty, 9-34.
- SAPEK A. 2001. *Rozpraszanie fosforu pochodzącego z rolnictwa i potencjalne zagrożenia dla środowiska*. Zesz. Probl. Post. Nauk Rol., 476: 269-280.
- SAPEK A., SAPEK B. 2001. *Agenda 21 dla regionu Morza Bałtyckiego – Zrównoważony rozwój rolnictwa w Polsce*. Zesz. Eduk., Wyd. Spec., IMUZ Falenty, 3-23.
- WESOŁOWSKI P., DURKOWSKI T., BURAKIEWICZ B. 1996. *Zagrożenia w zagrodzie*. Nowocz. Rol., 3. 8: 39.
- ZBIERSKA J. (red.). 2002. *Bilans biogenów w agrosystemach Wielkopolski w aspekcie jakości wód na przykładzie zlewni Samicy Stęszewskiej*. Poznań, 133 ss.
- ZDANOWICZ A. 1994. *Rola zlewni rolniczej i leśnej w transporcie biogenów do strumienia*. Wiad. Melior. i Łąk., 37, 2: 72-75.
- Ustawa o zmianie ustawy o nawozach i nawożeniu z dnia 2 IV 2004 r.* Dz.U. Nr 91, poz. 876.

**ROLNICZE • RÓDŁA ZANIECZYSZCZENIA WÓD – BIOGENY**

Słowa kluczowe: biogeny (N, P), rolnicze zanieczyszczenia obszarowe, punktowe.

## Abstrakt

Rolnictwo jest jednym z głównych i najbardziej istotnych źródeł eutrofizacji wód. Eutrofizacja jest procesem wzbogacenia wód w biogeny, głównie azot i fosfor. Intensywność dopływu N i P do wód zależy od: warunków pogodowych, ukształtowania powierzchni terenu, właściwości gleby, charakteru działalności rolniczej oraz zagospodarowania zagrody wiejskiej. Migracja N ze względu na lepszą rozpuszczalność jego związków zależy, przede wszystkim, od warunków hydrologicznych i glebowych, i jest związana głównie z wymywaniem, natomiast migracja P jest powiązana ze zjawiskiem erozji. Rolnicze źródła zanieczyszczeń wód można podzielić na obszarowe i punktowe. Zanieczyszczenia obszarowe obejmują straty składników (N i P) z nawozów mineralnych i organicznych stosowanych na użytkach rolnych, spływy powierzchniowe z terenów wiejskich i w wyniku erozji. Są one związane z rolnictwem, ponieważ w większości obszar zlewni jest użytkowany rolniczo (blisko 60% powierzchni kraju stanowią UR). Poza tym stanowią one najtrudniejszą do kontrolowania przyczynę degradacji wód. Punktowe źródła zanieczyszczeń pochodzą, przede wszystkim, z zabudowani gospodarskich, przyzęb obronkowych, zbiorników na gnojowicę oraz z działalności bytowej: rozproszone budynki mieszkalne i szamba. Zanieczyszczenia te powstają najczęściej w wyniku nieprawidłowego składowania odchodów zwierzęcych. Ilość biogenów przenikających z obszarów wiejskich do wód może być skutecznie ograniczona przez: stosowanie odpowiedniej agrotechniki, racjonalne nawożenie, odpowiedni dobór roślin (płodozmiany przeciwerozyjne), zakładanie stref buforowych i oczyszczalni roślinnych. Podstawowe akta prawne mające na celu ochronę wód przed zanieczyszczeniami ze źródeł rolniczych to: Dyrektywa Azotanowa, Kodeks Dobrej Praktyki, Ustawa o nawozach i nawożeniu.

**AGRICULTURAL SOURCES OF WATER POLLUTION – NUTRIENTS**

Key words: nutrients (N, P), diffuse and point agriculture sources.

## Abstract

The agriculture is one of the main and most essential sources of eutrophication of waters. Eutrophication is a process of the enrichment of water in nutrients, mostly N and P. The intensity of the migration of N and P to waters is relative to weather conditions, forms of the surface to the area, properties of the soil, the character of the agricultural activity and stocking of farmsteads. Migration of nitrogen, due to better dissolubility of its chemical compounds, is dependent on hydrological and soil conditions, and connected mostly with outwashing, whereas migration of phosphorus is related to erosion. Agricultural sources of water pollutions can be divided into diffuse (area) and point ones. Diffuse pollution embraces losses of components (N, P) from mineral and organic fertilizers applied for agricultural purposes, runoff from countryside lands and erosion. They are connected with agriculture because most of capture basins are used agriculturally (nearly 60% area of Poland is used for farming). Besides, diffuse pollution is the cause of water degradation that is most difficult to control. Point sources of water

pollution originate first of all from farmstead buildings, manure heaps, reservoirs for liquid manure and from housing: scattered buildings and cesspools. Point sources most often result from incorrect storage of animal excrements. The quantity of N and P penetrating from rural areas to waters can be effectively limited by the use of suitable agricultural know-how, rational fertilization, suitable selection of plants (anti-erosive crop rotations), buffer-zones and vegetable refineries. The legal basis for protection of waters from pollution derived from agricultural sources are the Nitrate Instruction, the Code of Good Agricultural Practice, the Act on fertilizers and fertilization.

