

*Janusz Igras, Tamara Jadczyszyn  
Instytut Uprawy Nawożenia i Gleboznawstwa – Państwowy Instytut  
Badawczy w Puławach*

## **ZAWARTOŚĆ AZOTANÓW I FOSFORANÓW W PŁYTKICH WODACH GRUNTOWYCH W POLSCE**

### **Streszczenie**

Przedstawiono ocenę jakości płytkich wód gruntowych pod względem zawartości azotanów i fosforanów w układzie zlewni drugiego rzędu. Prezentowane wyniki pochodzą z badań monitoringowych przeprowadzonych w sieci gospodarstw kontrolnych na terenie całego kraju w dwóch cyklach badawczych, tj. w latach 1998-2002 i 2003-2006. W gospodarstwach objętych badaniami wytypowano pola produkcyjne na gruntach ornych i trwałych użytkach zielonych z bezpośrednim dostępem do wód drenarskich. Wody drenarskie pobierano wiosną i jesienią w tych samych ustalonych punktach, przeważnie na kilku polach gospodarstwa. Przebadano 722 gospodarstwa pobierając 5437 próbek wody w pierwszym cyklu i 5187 w drugim cyklu badań. Jakość wód oceniono według klasy zawartości składników mineralnych w wodach drenarskich, zaproponowane przez IUNG-PIB w Puławach. W wyniku przeprowadzonych badań stwierdzono, że na przeważającym obszarze kraju zawartość azotu azotanowego w wodach gruntowych zmniejszyła się. We wschodniej i południowej części Polski stężenie fosforanów w wodach zmniejszyło się, wzrosło natomiast w Dorzeczu Rzek Przymorza.

**Słowa kluczowe:** wody drenarskie, azotany, fosforany

### **Wstęp**

Płytkie wody gruntowe podlegają rolniczej antropopresji, gdyż na ich skład chemiczny wpływa przede wszystkim ilość i intensywność zabiegów agrotechnicznych na polu produkcyjnym. W rolniczym ujęciu jako płytkie wody gruntowe przyjmuje się wody odprowadzane systemem drenarskim. Wody te przenikają bezpośrednio przez profil glebowy, a zasilane są głównie z opadów atmosferycznych. Przenoszą one składniki mineralne przede wszystkim do wód powierzchniowych, ale również do wód wgłębnych, a nawet głębinowych. O jakości płytkich wód gruntowych decydują przede wszystkim składniki biogenne, tj. związki azotu i fosforu, których zawartość może być potencjalnym wskaźnikiem zanieczyszczeń obszarowych pochodzenia rolniczego [Borowiec, Zabłocki 1988; Foy, Whithers 2002; Sapek 1997].

Celem pracy była ocena zawartości składników biogenych, tj.  $\text{N-NO}_3$  i  $\text{PO}_4$  w płytkich wodach gruntowych pobranych z systemu drenarskiego w układzie zlewni drugiego rzędu w Polsce.

### **Metodyka**

Przedstawione w pracy wyniki pochodzą z badań monitoringowych przeprowadzonych na terenie całego kraju w latach 1998-2002 i w latach 2003-2006 w sieci gospodarstw kontrolnych monitorowanych przez IUNG-PIB Puławy. Jednym z zasadniczych elementów monitoringu były badania zawartości składników biogenych, tj. azotu azotanowego i fosforanów w wodach drenarskich.

Sieć gospodarstw kontrolnych zlokalizowano w układzie regionów hydrograficznych odpowiadających zlewniom drugiego rzędu. Do badań wybrano w sposób losowy gospodarstwa typowe dla danej zlewni. W gospodarstwach objętych badaniami wytypowano pola produkcyjne na gruntach ornych i trwałych użytkach zielonych z bezpośrednim dostępem do wód drenarskich. Wody drenarskie pobierano wiosną i jesienią w tych samych ustalonych punktach, przeważnie na kilku polach gospodarstwa. Liczbę badanych gospodarstw w każdym z regionów hydrograficznych podano w tabeli 1.

Przed podjęciem właściwych analiz statystycznych wyniki wstępnie oczyszczono z ewidentnie błędnych obserwacji. Oczyszczony zbiór danych poddano weryfikacji za pomocą testu Chi-kwadrat, w celu oceny zgodności ich rozkładu z rozkładem normalnym. Stężenia wszystkich analizowanych pierwiastków miały rozkład lewostronnie skośny, dlatego też przyjęto medianę jako miarę przeciętnej wartości.

Regionalne zróżnicowanie zawartości składników biogenych w wodach drenarskich przedstawiono na mapach w układzie zlewni drugiego rzędu, odrębnie dla badanych okresów. Do oceny jakości wód drenarskich wykorzystano granice klas jakości wód drenarskich zaproponowane przez Igrasa [2004] (tab. 2).

### **Zawartość azotanów w wodach drenarskich**

Zgodnie z danymi literaturowymi, stężenie azotu azotanowego w wodach drenarskich jest zróżnicowane i może się wahać od kilku do ok.  $350 \text{ mg N-NO}_3/\text{dm}^3$  [Borowiec i Zabłocki 1998; Durkowski 1998, 2000; Igras 2004]. Na stężenie azotanów w wodach drenarskich istotny wpływ wywiera przede wszystkim gatunek gleby oraz sposób jej użytkowania [Mroczkowski i in. 1997; Smoroń 1998]. Największe wymycie azotanów obserwuje się na glebach piaszczystych, a mniejsze na gliniastych i lessowych. Ilości wymywanego azotu mogą się wahać w granicach od ok. 20 do ponad  $120 \text{ kg N}$  z hektara rocznie w zależności od wzajemnego układu wymienionych czynników [Łabętowicz 1995; Sykut 2000].

*Zawartość azotanów i fosforanów...*

*Tabela 1. Liczba gospodarstw objętych monitoringiem oraz całkowita liczba pobranych próbek wody na obszarze poszczególnych regionów hydrograficznych*  
*Table 1. Number of farms under monitoring and total number of water samples taken on the area of particular hydrographical regions*

<b>Numer zlewni</b>	<b>Region hydrograficzny</b>	<b>Liczba gospodarstw</b>	<b>Liczba próbek wody pobranych w latach 1998-2002</b>	<b>Liczba próbek wody pobranych w latach 2003-2006</b>
1	Polska	722	5437	5187
2	Zlewnia Wisły	408	2942	2780
3	Wisła od źródeł do ujścia Dunajca	37	487	351
4	Dorzecze Dunajca	18	255	172
5	Wisła od ujścia Dunajca do ujścia Wisłoki	24	164	149
6	Dorzecze Wisłoki	14	60	122
7	Wisła od ujścia Wisłoki do ujścia Sanu	13	104	74
8	Dorzecze Sanu	31	123	234
9	Wisła od ujścia Sanu do ujścia Wieprza	21	144	129
10	Dorzecze Wieprza	12	30	75
11	Wisła od ujścia Wieprza do ujścia Pilicy	4	10	15
12	Dorzecze Pilicy	13	96	74
13	Wisła od ujścia Pilicy do ujścia Narwi	9	33	19
14	Narew od źródeł do ujścia Biebrzy	21	187	243
15	Dorzecze Biebrzy	13	120	133
16	Narew od ujścia Biebrzy do ujścia Bugu	16	124	136
17	Dorzecze Bugu	47	225	278
18	Narew od ujścia Bugu do ujścia Wisły	24	122	71
19	Wisła od ujścia Narwi do ujścia Bzury	20	91	66
20	Wisła od ujścia Bzury do ujścia Drwęcy	23	155	106
21	Dorzecze Drwęcy	19	176	107
22	Wisła od ujścia Drwęcy do ujścia Brdy	12	109	95
23	Wisła od ujścia Brdy do ujścia do Bałtyku	17	127	131
24	Dorzecze Odry	242	1785	1987
25	Odra od granicy do ujścia Nysy Kłodzkiej	28	271	226
26	Dorzecze Nysy Kłodzkiej	11	88	73
27	Odra od ujścia Nysy Kłodzkiej do ujścia Bobru	58	396	431
28	Dorzecze Bobru	12	54	97
29	Odra od ujścia Bobru do ujścia Warty	4	33	25
30	Warta od źródeł do ujścia Proсны	30	271	261
31	Dorzecze Proсны	8	72	94
32	Warta od ujścia Proсны do ujścia Noteci	44	444	387
33	Dorzecze Noteci	18	298	155
34	Warta od ujścia Noteci do ujścia do Odry	4	24	36
35	Odra od ujścia Warty do ujścia do Zalewu Szczecińskiego	25	167	202
36	Dorzecze Rzek Przymorza	66	612	355
37	Zlewnia Zalewu Szczecińskiego	brak danych	brak danych	brak danych
38	Dorzecze rzek Przymorza Zachodniego do ujścia do Wisły	32	400	178
39	Zlewnia Zalewu Wiślanego (bez dorzecza Wisły)	17	87	114
40	Dorzecze Pregoty	17	125	63
41	Pozostałe Dorzecza	brak danych	brak danych	brak danych
42	Dorzecze Niemna	brak danych	brak danych	brak danych
43	Inne rzeki	6	98	65

[Igras 2004]

Tabela 2. Granice klas jakości wód drenarskich w Polsce (mg/dm<sup>3</sup>)  
 Table 2. Quality class ranges for drainage waters in Poland (mg/dm<sup>3</sup>)

Składnik	Klasy jakości wód drenarskich w Polsce				
	I	II	III	IV	V
N-NO <sub>3</sub>	< 0,9	0,9 - 3,2	3,3 - 7,5	7,6-15,5	> 15,5
PO <sub>4</sub>	< 0,1	0,1 - 0,2	0,3 - 0,4	0,5 - 3,3	> 3,3

[wg Igras 2004]

Wg Mroczkowskiego i in. [1997] oraz Terelaka i in. [2000], największe ilości azotu, dochodzące do 140 kg N z hektara rocznie, wymywane są z gleb piaszczystych ugorowanych. Azot azotanowy w płytkich wodach gruntowych pochodzi głównie z niewykorzystanego azotu wprowadzanego z nawozami mineralnymi i naturalnymi do produkcji roślinnej oraz z mineralizacji glebowej materii organicznej [Fotyma 1996; Sapek 1997, Sapek, Sapek 2002]. Niezwiązany i niewykorzystany przez rośliny azot może szybko przemieszczać się w dół profilu glebowego do wód gruntowych.

Ryzyko wymywania azotanów z gleby do wód jest największe w jesieni ze względu na występujące w tym okresie opady atmosferyczne, powodujące przemywanie profilu glebowego.

Z porównania zawartości azotu azotanowego w latach 1998-2002 i 2003-2006 wynika, że jakość płytkich wód gruntowych uległa znacznej poprawie (rys. 1 i 2). Przeciętna zawartość N-NO<sub>3</sub> w wodach drenarskich pobranych wiosną była większa aniżeli w wodach pobranych jesienią (rys. 1a i 2a, 1b i 2b). W pierwszym cyklu badań w terminie wiosennym poboru wód przeważały wody klasy IV i V. W dziewięciu zlewniach zlokalizowanych w centralnej, północno-wschodniej i zachodniej części kraju zawartość azotu azotanowego w tych wodach przekraczała znacznie normę określoną Dyrektywą Azotanową, tj. 11 mg N-NO<sub>3</sub>/dm<sup>3</sup> (rys. 1a). W wodach pobranych w latach 2003-2006 tylko w 4 zlewniach centralnej części kraju odnotowano przekroczenia dopuszczalnej zawartości azotu azotanowego (rys. 1 b).

Zawartość azotu azotanowego w wodach pobranych jesienią w obydwu badanych okresach (rys. 2 a, b) była znacznie niższa niż wiosną (rys. 1 a, b), a badane wody na przeważającym obszarze kraju można zaliczyć do wód klas II i III w pierwszym cyklu i do klasy I i III w drugim cyklu badań. Jakość wód pobranych jesienią w latach 2003-2006 była na tyle dobra, że w 5 zlewniach północnej i 2 zlewniach południowo-wschodniej części Polski jakość wód odpowiadała I klasie jakości (rys. 2b).

### Zawartość fosforanów w wodach drenarskich

Składnikiem biogennym, decydującym w największym stopniu o eutrofizacji wód są fosforany. Źródłem większości związków fosforu w wodach są natural-

ne procesy wietrzenia minerałów fosforanowych oraz działalność gospodarcza człowieka. Do niedawna były to przede wszystkim związki fosforu ze ścieków bytowych i przemysłowych, pochodzące ze źródeł punktowych.

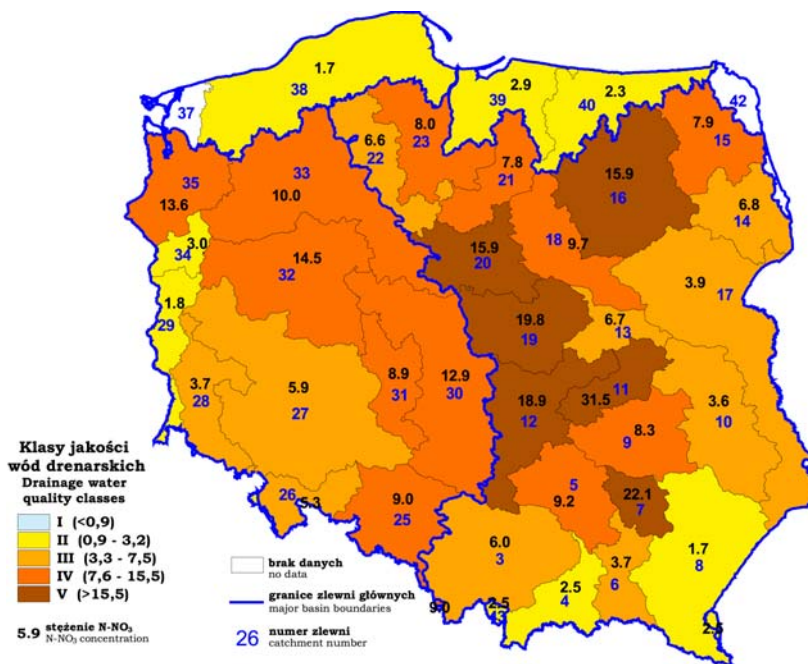
W ostatnim czasie coraz większą uwagę zwraca się na znaczny wzrost ilości fosforu pochodzenia obszarowego, przede wszystkim z rolnictwa, jako potencjalnego źródła zanieczyszczenia wód gruntowych [Durkowski, Pieczyński 2003; Filipek 2002; Foy, Withers 2002]. Migracja rozpuszczalnych związków fosforu w profilu glebowym jest znikoma, a jego transport odbywa się przede wszystkim ze spływem powierzchniowym cząstek glebowych [Filipek 2002; Pondel, Terelak 1986; Sapek 1996]. Z tego powodu przy ocenie ryzyka zanieczyszczenia wód należy uwzględniać zarówno potencjalne źródła migracji fosforu, jak i czynniki wpływające na jego transport. W ogólnej sumie anionów, udział jonów fosforanowych zazwyczaj nie przekracza kilku procent, a roczne ładunki fosforu wymywane z gleb mineralnych nie przekraczają 1 kg P/ha [Igras 2002; Koc i in. 1996; Sykut 1996].

Zawartość fosforanów w wodach drenarskich była zróżnicowana regionalnie. W obydwu cyklach i terminach badań (wiosna i jesień) najwięcej fosforanów zawierały wody drenarskie w północno-zachodniej części Polski (rys. 3 a, b, 4 a, b). Zgodnie z Rozporządzeniem Ministra Środowiska w sprawie kryteriów wyznaczania wód wrażliwych na zanieczyszczenia związkami azotu ze źródeł rolniczych [Dz. U. Nr 241, poz. 2093 z 2002 r.] jako graniczną dla procesu eutrofizacji, przyjmuje się zawartość fosforanów równą 0,7 mg PO<sub>4</sub>/dm<sup>3</sup>. W większości zlewni zlokalizowanych w północno-zachodniej części Polski zawartość fosforanów w okresie wiosny przekraczała wartość graniczną, a na pozostałym obszarze tej części kraju wody mieściły się w przedziale wód klasy IV. Wody tej klasy występowały także w zlewniach południowo-wschodniej części Polski (rys. 3a).

W drugim cyklu badań w dwu zlewniach zlokalizowanych na obszarze północno-zachodniej Polski, tj. w zlewni Wisły od ujścia Bzury do ujścia Drwęcy i w zlewni Wisły od ujścia Drwęcy do ujścia Brdy, jakość wód drenarskich uległa pogorszeniu do klasy V (rys. 3b). Na pozostałym obszarze kraju jakość wód drenarskich wiosną odpowiadała klasom I i II.

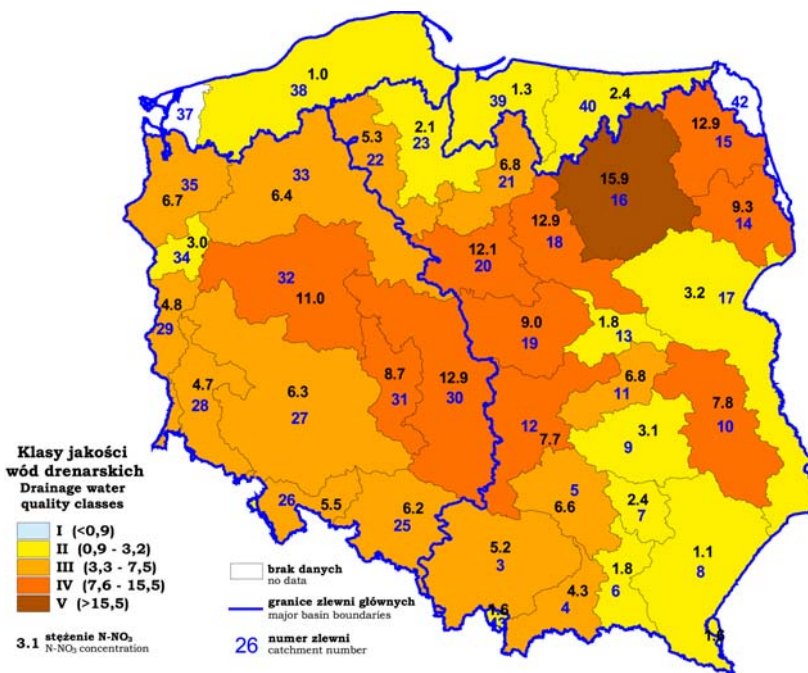
W terminie jesiennym zawartości fosforanów były podobne w obu cyklach badań i przeważnie większe niż w terminie wiosennym (rys. 4 a, b). W pierwszym cyklu w północno-zachodniej i centralnej części kraju dominowały wody zaliczane do klasy IV (rys. 4a).

W drugim cyklu badań stężenie fosforanów w wodach zlewni 20, 21, 22 i 23 zwiększyło się w stosunku do pierwszego cyklu i wody te zaliczone zostały do klasy V (rys. 4b). W zlewniach 19, 30 i 31 stężenia fosforanów zmniejszyły się w stosunku do pierwszego cyklu badań i wody te zaliczono do klasy III. Na pozostałym obszarze kraju dominowały wody klas I i II.



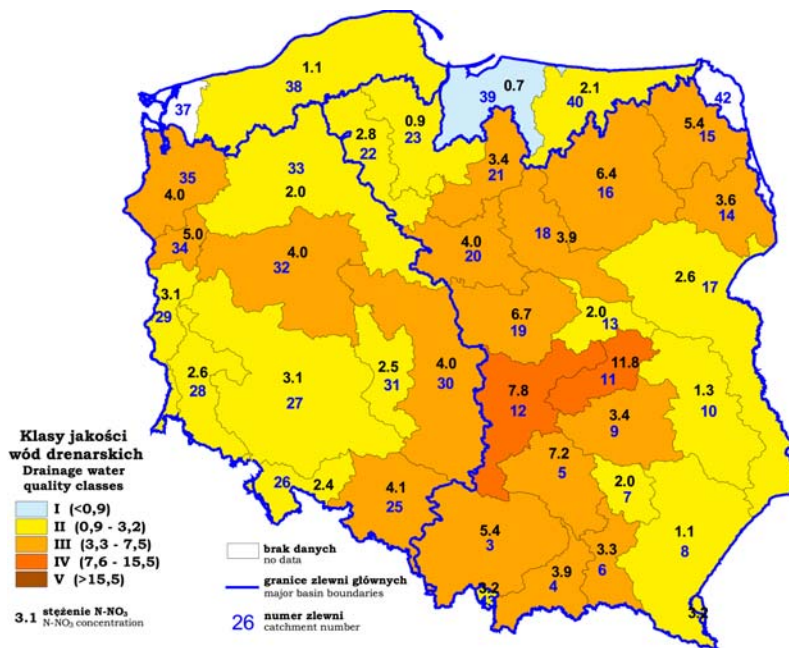
Rys. 1a. Przeciętna zawartość N-NO<sub>3</sub> w wodach drenarskich pobranych wiosną w latach 1998-2002

Fig. 1a. Average N-NO<sub>3</sub> contents in drainage waters tested in spring of 1998-2002



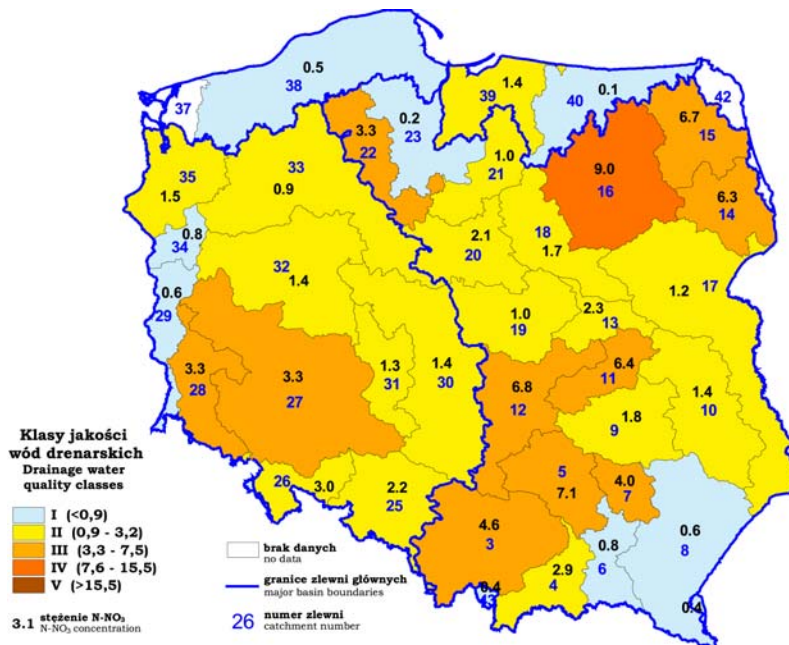
Rys. 1b. Przeciętna zawartość N-NO<sub>3</sub> w wodach drenarskich pobranych wiosną w latach 2003-2006

Fig. 1b. Average N-NO<sub>3</sub> contents in drainage waters tested in spring of 2003-2006



Rys. 2a. Przeciętna zawartość N-NO<sub>3</sub> w wodach drenarskich pobranych jesienią w latach 1998-2002

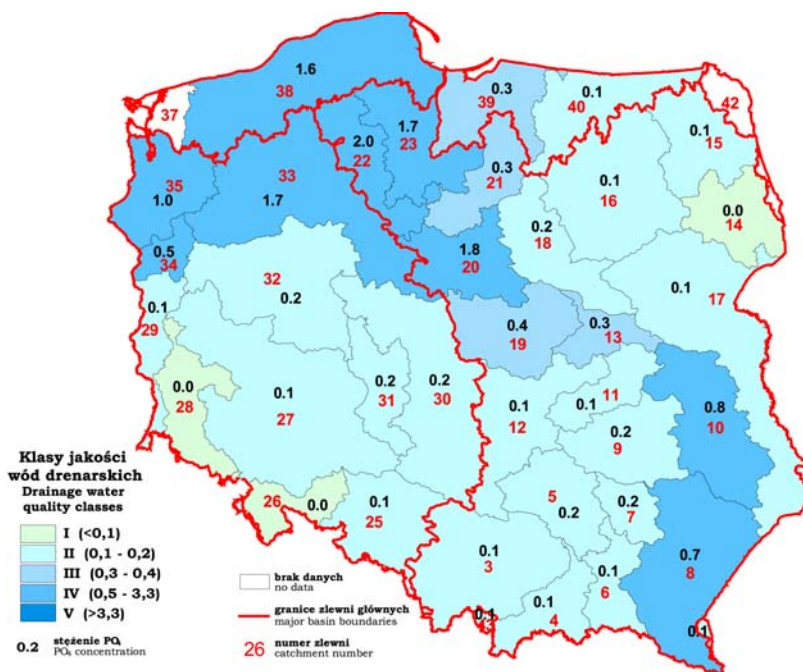
Fig. 2a. Average N-NO<sub>3</sub> contents in drainage waters tested in autumn of 1998-2002



Rys. 2b. Przeciętna zawartość N-NO<sub>3</sub> w wodach drenarskich pobranych jesienią w latach 2003-2006

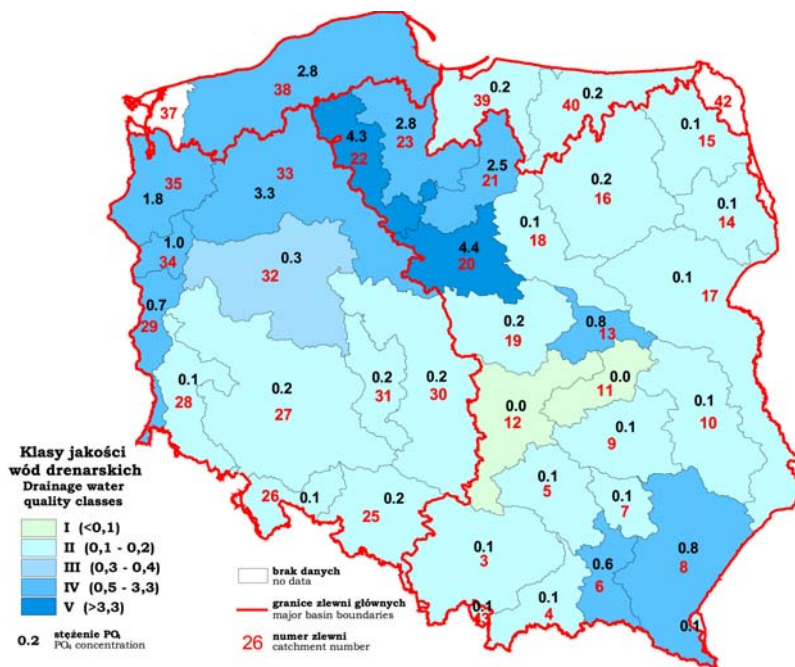
Fig. 2b Average N-NO<sub>3</sub> contents in drainage waters tested in autumn of 2003-2006





Rys. 3a. Przeciętna zawartość  $PO_4$  w wodach drenarskich pobranych wiosną w latach 1998-2002

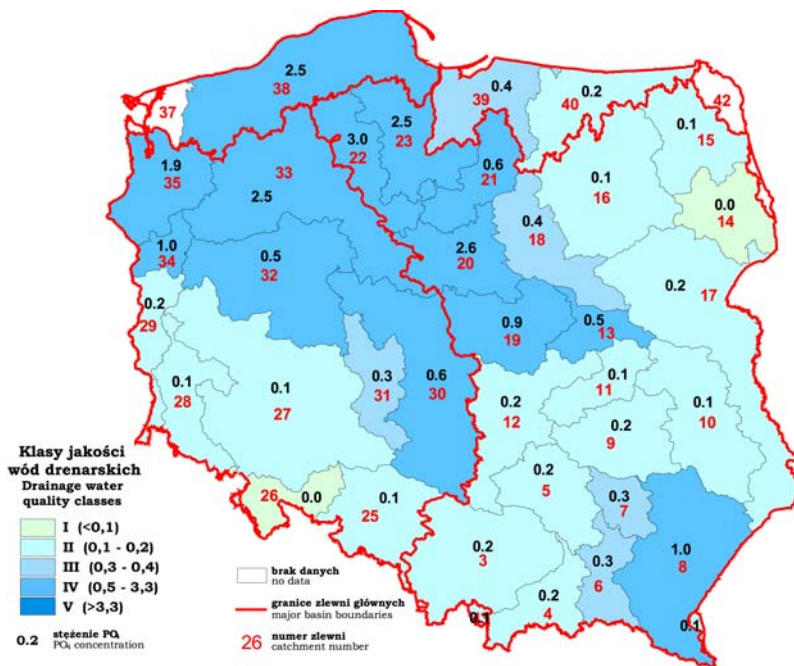
Fig. 3a. Average  $PO_4$  contents in drainage waters tested in spring of 1998-2002



Rys. 3b. Przeciętna zawartość  $PO_4$  w wodach drenarskich pobranych wiosną w latach 2003-2006

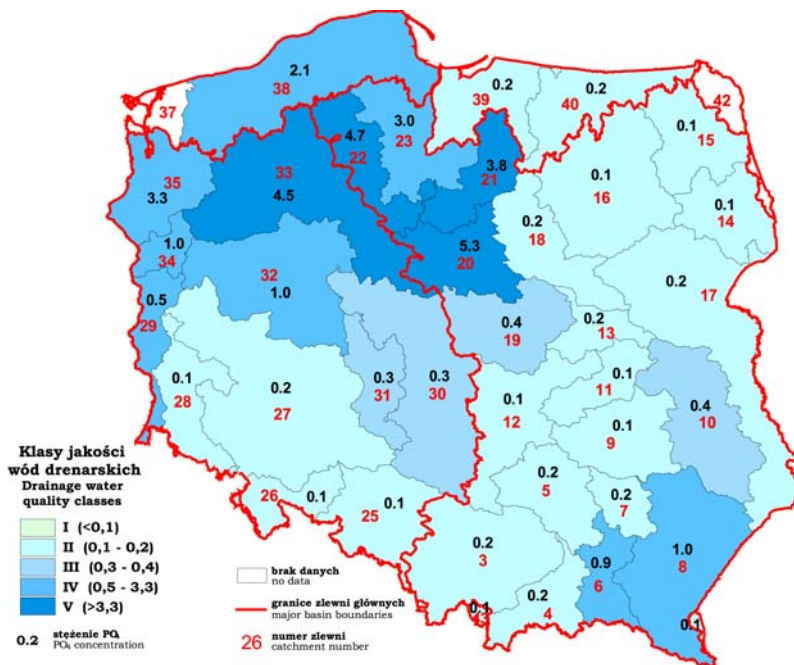
Fig. 3b. Average  $PO_4$  contents in drainage waters tested in spring of 2003-2006





Rys. 4a. Przeciętna zawartość  $PO_4$  w wodach drenarskich pobranych jesienią w latach 1998-2002

Fig. 4a. Average  $PO_4$  contents in drainage waters tested in autumn of 1998-2002



Rys. 4b. Przeciętna zawartość  $PO_4$  w wodach drenarskich pobranych jesienią w latach 2003-2006

Fig. 4b. Average  $PO_4$  contents in drainage waters tested in autumn of 2003-2006

## **Podsumowanie**

Na przeważającym obszarze kraju zawartość azotu azotanowego w płytkich wodach gruntowych zmniejszyła się w drugim cyklu badań. W okresie 2003-2006 r. zwiększyła się zawartość fosforanów w zlewniach 14, 20, 21, 22, 26, 32. Na pozostałym obszarze kraju jakość wód pod względem zawartości fosforanów nie zmieniła się w porównaniu ze stanem w latach 1998-2002.

## **Bibliografia**

- Borowiec S., Zabłocki Z. 1988. Rolnicze zanieczyszczenia obszarowe wód odpływowych ze zlewni rolniczych i działów drenarskich północno-zachodniej Polski. Zeszyty Naukowe AR Szczecin, 134: 27-59
- Durkowski T. 1998. Chemizm wód drenarskich obiektów Pomorza Zachodniego. Zeszyty Problemowe Postępów Nauk Rolniczych, 458: 349-357
- Durkowski T., Pieczyński L. 2003. Jakość wód gruntowych i powierzchniowych w bezpośredniej zlewni jeziora Miedwie – zbiornika wody pitnej. W: Materiały konferencyjne nt. Woda – Środowisko – Obszary wiejskie. Wyd. IMUZ, Falenty, 145-148
- Filipek T. 2002. Zarządzanie zasobami fosforu w środowisku rolniczym. Nawozy i Nawożenie, 4(13): 247-259
- Fotyma E. 1996. Metoda N-min. w doradztwie nawozowym i ocenie środowiskowych skutków nawożenia. Zeszyty Edukacyjne. Wydawnictwo IMUZ, Falenty, 1: 67-75
- Foy., R., H., Withers P., J., A., 2002. The contribution of Agricultural Phosphorus to Eutrophication. Nawozy i Nawożenie, 3(12): 20-49
- Igras J. 2004. Zawartość składników mineralnych w wodach drenarskich z użytków rolnych w Polsce. W: Monografie i rozprawy naukowe. IMUZ, Falenty, 13: 1-123
- Igras J., 2002. Ocena strat fosforu pochodzącego z produkcji rolniczej w Polsce. Nawozy i Nawożenie. 4(13): 275-285
- Igras J. 2000. Skład chemiczny wód glebowo-gruntowych w Polsce. Nawozy i Nawożenie, 3a: 38-49
- Koc J., Ciećko Cz., Janicka R., Rochwerger A. 1996. Czynniki kształtujące poziom mineralnych form azotu w wodach obszarów rolniczych. Zesz. Probl. Post. Nauk Roln. 440: 175-185
- Łabętowicz J. 1995. Skład chemiczny roztworu glebowego w zróżnicowanych warunkach glebowych i nawozowych. Wyd. Fundacja „Rozwój SGGW” Warszawa, ss. 1-104

Mroczkowski W., Sykut S., Ruszkowska M. 1997. Wymywanie składników pokarmowych z gleby do wód glebowo-gruntowych w zmianowaniu z udziałem roślin motylkowych. *Pamiętnik Puławski*, 111: 89-102

Pondel H., Terelak H. 1986. Skład chemiczny wód opadowych oraz wód glebowo-gruntowych w rejonie Puław. *Pamiętnik Puławski*, 88: 57-71

Rozporządzenie Ministra Środowiska w sprawie kryteriów wyznaczania wód wrażliwych na zanieczyszczenia związkami azotu ze źródeł rolniczych. *Dz. U. Nr 241, 2002, poz. 2093*

Sapek A., Sapek B. 2002. Obieg i bilans fosforu w łańcuchu pokarmowym człowieka w Polsce. *Nawozy i Nawożenie*, 4(13): 105-124

Sapek A. 1997. Risk of water pollution as a result of agricultural activities. In: *Sustainable agriculture and rural area development. Activity of Working Group reports and Conference proceeding*. Wydawnictwo IBMUZ, Falenty, 1:79-99

Sapek B. 1996. Mineralizacja materii organicznej w glebach łąkowych jako źródło azotu. *Zeszyty Edukacyjne. IMUZ, Falenty*, 1: 75-87

Smoroń S. 1998. Przenikanie substancji biogennej ze źródeł rolniczych do środowiska – czynnik eutrofizacji wód powierzchniowych. *Zeszyty Edukacyjne. IMUZ, Falenty*, 5: 57-71

Sykut S. 2000. Wymywanie makroelementów z gleb w lizymetrach. *Nawozy i Nawożenie*, 4(5): 18-26

Terelak H., Terelak-Motowicka T., Sadurski W., Tujaka A. 2000. Przemieszczenie się składników mineralnych z gleb ornych do wód drenarskich. W: *Stan i antropogeniczne zmiany jakości wód w Polsce*. Wydawnictwo Uniwersytetu Łódzkiego, ss. 269-277