

SATURNIN BOROWIEC

ZRÓŻNICOWANIE STĘŻEŃ SKŁADNIKÓW CHEMICZNYCH  
W CIEKACH PÓŁNOCNEJ CZĘŚCI  
WOJEWÓDZTWA SZCZECIŃSKIEGO W PRZESTRZENI I CZASIE<sup>1</sup>

Instytut Ekologii i Ochrony Środowiska Akademii Rolniczej w Szczecinie

WSTĘP

Północna część województwa szczecińskiego stanowi obszar zróżnicowany pod względem intensywności użytkowania rolniczego, uwarunkowanej głównie zmiennością pokrywy glebowej. Rzutuje to z kolei, obok słabo rozwiniętych na tym terenie gospodarki komunalnej i przemysłu przetwórczego, na stężenia składników chemicznych w rzekach tego obszaru, które odprowadzają je bezpośrednio lub pośrednio (przez Zalew Szczeciński i Kamieński) do Bałtyku.

W związku z tym celem niniejszej pracy było uzyskanie odpowiedzi na następujące pytania:

— jakie są średnie stężenia oraz średnie minimalne i średnie maksymalne stężenia poszczególnych składników na badanym obszarze,

— jak kształtują się współczynniki zmienności stężeń minimalnych, średnich i maksymalnych,

— jaka jest zmienność stężeń poszczególnych składników w przestrzeni (między przekrojami hydrometrycznymi) i czasie (zmienność sezonowa w dwuletnim okresie badań),

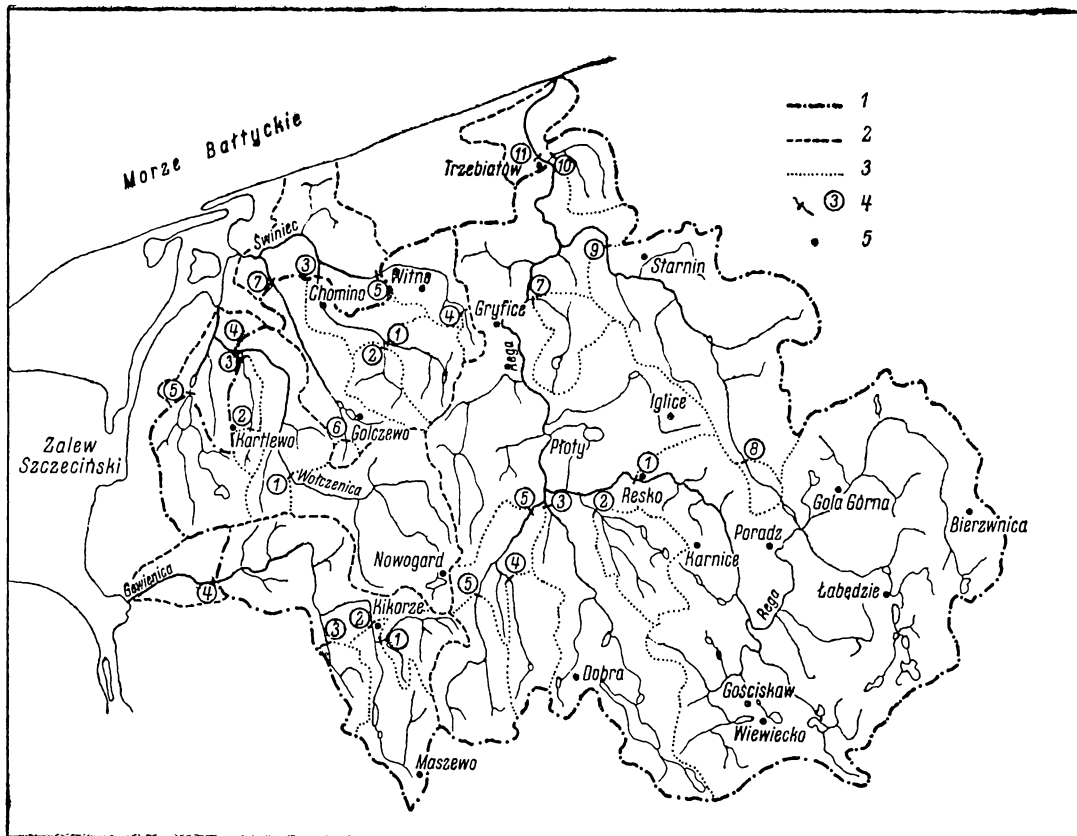
— kiedy przypadają terminy lub okresy najwyższych i najniższych ich stężeń.

Stosunki ilościowe przedstawione zostały w odrębnej pracy [3].

METODYKA I CHARAKTERYSTYKA BADAŃ

W zlewniach rzek Regi, Świńca, Wołczenicy i Gowienicy pobrano w okresie 1.V.1973–30.IV.1975 z 27 przekrojów hydrometrycznych (rys. 1)

<sup>1</sup> Praca koordynowana i częściowo finansowana przez IUNG.



Zlewnie Regi, Świnia, Wólcznicy i Gowienicy oraz rozmieszczenie przekrojów hydrometrycznych i stacji opadowych na tym obszarze

1 — granica badanego obszaru, 2 — granice zlewni, 3 — granice zlewni cząstkowych, 4 — przekrój hydrometryczny i jego numer, 5 — stacje opadowe

Catchment areas of the Rega, Świniec, Wólcznica and Gowienica rivers and distribution of hydrometric cross-sections and ombrometric stations over these areas

1 — border of the area under study, 2 — border of the catchment area, 3 — borders of fragmentary catchment areas, 4 — hydrometric cross-section and its number

Tabela 1

Średnie stężenia /a/ oraz współczynniki zmienności stężeń /b/ składników chemicznych w poszczególnych przekrojach hydrometrycznych wybranych cieków dorzeczy Regi, Świnicy, Wołczenicy i Gowienicy za okres 1.V.1973 - 30.IV.1975, dla Mg 1.V.1974-30.IV.1975 /średnie wartości stężeń dla Na i Cl wyliczono z pominięciem przekroju Świnicy 5/

Mean concentrations /a/ and concentration variability coefficients /b/ of chemical elements in particular hydrometric cross-sections of the chosen watercourses in the Rega, Świniec, Wołczenica and Gowienica rivers for the period from May 1, 1973 to April 30, 1975 and for Mg for the period from May 1, 1974 to April 30, 1975 /mean values of Na and Cl concentrations were calculated at omittance of the Świniec river cross-section 5/

Zlewnia rzeki Catchment areas of rivers	Nr No.	Składniki chemiczne /mg/l/ - Chemical elements /mg/l/																	
		Ca		Mg		K		Na		Cl		P-PO <sub>4</sub>		N-NO <sub>3</sub>		N-NO <sub>2</sub>		Fe	
		a	b	a	b	a	b	a	b	a	b	a	b	a	b	a	b	a	b
Rega	1	55,7	30,5	10,4	37,2	4,9	16,9	17,0	10,3	20,8	11,4	0,04	115,1	1,2	43,1	0,027	72,3	0,20	58,0
	2	55,9	30,4	10,0	24,4	3,5	42,9	8,2	12,6	15,0	21,8	0,02	143,5	1,1	118,5	0,015	66,0	0,23	49,1
	3	56,2	30,6	10,7	38,3	5,2	18,0	19,2	20,4	28,5	21,4	0,04	143,5	1,0	70,8	0,024	90,2	0,25	42,9
	4	66,2	36,5	10,6	23,2	5,7	44,4	10,6	12,5	22,4	16,1	0,03	106,5	1,8	87,7	0,030	103,1	0,17	53,9
	5	64,6	32,9	11,0	21,6	5,4	41,5	10,0	10,4	20,3	44,6	0,03	73,8	1,8	92,1	0,033	116,7	0,17	49,4
	6	66,2	33,6	10,9	20,7	10,5	37,1	28,4	28,7	46,3	32,1	0,06	72,2	1,7	85,9	0,080	77,9	0,47	48,7
	7	58,5	30,4	10,0	25,9	4,7	32,4	8,8	12,2	15,2	32,5	0,05	110,7	1,5	96,7	0,030	78,6	0,33	50,8
	8	52,3	28,6	10,5	25,7	2,5	68,7	6,2	16,3	11,2	35,0	0,02	129,5	0,8	113,8	0,012	123,7	0,09	46,7
	9	49,3	27,9	8,2	35,6	2,7	24,7	7,2	14,2	11,7	15,6	0,03	92,2	0,9	71,2	0,012	45,9	0,23	42,6
	10	54,8	29,6	9,2	32,2	3,9	21,7	33,8	42,1	45,6	33,7	0,06	117,3	0,8	83,2	0,027	67,8	0,48	52,6
	11	56,7	30,7	9,7	30,3	5,1	12,7	16,4	14,1	22,4	8,5	0,03	95,0	1,2	71,5	0,027	41,6	0,20	59,5
Świniec	1	60,4	30,3	9,1	31,8	3,4	26,5	8,2	6,7	13,4	19,4	0,03	67,2	0,9	103,5	0,012	48,7	0,20	48,7
	2	61,5	27,2	9,6	30,1	4,7	32,1	11,0	11,2	16,1	17,3	0,03	96,6	0,9	101,9	0,015	76,6	0,34	44,4
	3	59,5	29,5	9,5	27,0	4,1	19,8	16,2	17,0	25,1	42,9	0,03	54,9	1,0	105,2	0,015	46,2	0,24	47,5
	4	71,6	32,3	10,8	23,0	2,6	24,0	10,4	10,5	16,0	17,9	0,03	215,6	1,3	125,5	0,012	69,1	0,23	50,2
	5	73,7	29,5	12,8	18,8	7,6	22,5	185,4	43,6	296,3	45,7	0,03	84,6	0,9	116,7	0,021	52,9	0,34	42,2
	6	70,4	33,9	9,9	26,6	7,5	55,0	10,2	10,2	25,4	15,0	0,03	80,4	1,7	109,4	0,021	68,9	0,28	74,2
	7	65,7	33,7	10,3	35,0	6,2	16,0	51,8	26,6	81,0	23,6	0,09	92,6	1,5	117,5	0,021	76,8	0,23	56,6
Wołczenica	1	60,6	29,0	9,4	29,7	4,0	16,7	13,4	19,5	21,6	14,7	0,03	56,3	0,9	94,9	0,018	61,7	0,11	52,1
	2	73,2	32,6	9,7	40,7	4,7	63,4	14,8	31,5	22,3	29,7	0,02	77,1	0,7	137,1	0,018	90,9	0,39	67,7
	3	61,6	32,6	8,4	33,1	2,9	22,0	15,4	19,6	20,0	16,9	0,02	112,4	0,6	132,5	0,012	59,3	0,33	56,2
	4	63,3	100,4	9,5	29,0	4,7	22,1	18,2	20,8	29,1	15,7	0,03	74,1	1,1	109,3	0,015	91,5	0,35	56,4
	5	56,8	73,9	10,6	23,7	6,6	11,3	41,4	53,8	61,2	26,8	0,05	108,8	0,4	106,5	0,009	30,5	0,06	75,4
Gowienica	1	62,1	33,2	10,2	28,2	3,6	44,3	10,2	8,8	19,1	16,4	0,03	86,2	2,2	57,5	0,018	87,3	0,22	49,6
	2	60,8	31,5	9,7	30,7	4,2	20,8	10,4	10,1	19,6	12,3	0,05	96,2	1,5	68,5	0,024	63,8	0,20	48,5
	3	51,3	29,9	9,8	32,3	2,5	20,2	9,2	20,7	13,3	19,0	0,03	84,3	0,7	97,5	0,021	92,9	0,24	46,9
	4	54,8	29,7	9,6	28,0	4,2	19,1	16,2	19,5	19,3	9,2	0,03	67,4	1,1	81,1	0,018	46,6	0,30	48,7
Średnio - Mean		60,9	35,2	10,0	29,0	4,7	29,5	16,2	19,4	25,5	22,8	0,04	98,3	1,1	96,5	0,022	72,1	0,25	52,6

Minimalne /a/ i maksymalne /b/ stężenia składników chemicznych w poszczególnych przekrojach hydrometrycznych wybranych cieków dorzeczy Regi, Świnicy, Woźczenicy i Gowienicy za okres 1.V.1975 - 30.IV.1975, dla Mg 1.V.1974 - 30.IV.1975 /średnie wartości dla Na i Cl wyliczono z pominięciem przekroju Świniec 5/

Minimum /a/ and maximum /b/ concentrations of chemical elements in particular hydrometric cross-sections of chosen watercourses in catchment areas of the Rega, Świniec, Woźczenica and Gowienica rivers for the period from May 1, 1975 to April 30, 1975 and for Mg for the period from May 1, 1974 to April 30, 1975 /mean Na and Cl values were calculated at omittance of the Świniec river cross-section 5/

Zlewnia rzeki Catchment areas of rivers	Nr No.	Składniki chemiczne - Chemical elements																	
		Ca		Mg		K		Na		Cl		P-PO <sub>4</sub>		N-NO <sub>3</sub>		N-NO <sub>2</sub>		Fe	
		a	b	a	b	a	b	a	b	a	b	a	b	a	b	a	b	a	b
Rega	1	36,7	100,1	5,2	15,4	3,1	7,2	9,6	23,6	12,8	25,4	0,004	0,34	0,32	3,13	0,009	0,171	0,01	0,45
	2	34,2	99,4	3,7	13,3	2,0	8,3	6,0	11,8	10,6	24,8	0,001	0,15	0,02	6,03	0,001	0,060	0,02	0,57
	3	36,0	99,4	4,8	14,3	3,7	8,5	12,6	33,6	22,7	52,5	0,001	0,30	0,23	2,85	0,001	0,114	0,02	0,54
	4	38,5	128,9	5,9	14,2	2,2	16,4	5,0	13,0	11,4	33,6	0,001	0,17	0,05	5,80	0,003	0,240	0,01	0,43
	5	33,1	115,9	5,3	14,5	2,8	16,2	7,4	12,6	11,4	31,2	0,002	0,09	0,35	5,66	0,003	0,288	0,03	0,42
	6	42,5	120,2	4,9	14,6	4,1	22,6	12,6	53,0	18,4	110,6	0,002	0,22	0,09	6,03	0,018	0,315	0,06	0,93
	7	38,2	102,2	4,3	14,8	2,2	9,1	7,0	12,2	7,1	25,1	0,004	1,03	0,18	5,57	0,012	0,090	6,06	1,04
	8	32,0	87,8	4,7	14,2	0,1	10,0	4,4	8,8	4,3	21,3	0,001	0,18	0,05	3,59	0,001	0,084	0,01	0,17
	9	32,0	82,8	1,9	11,8	1,5	4,5	6,0	13,0	8,5	16,3	0,001	0,15	0,32	3,68	0,001	0,024	0,02	0,47
	10	31,7	97,2	0,1	12,5	2,3	5,8	12,0	74,0	7,0	78,0	0,007	0,29	0,05	2,78	0,003	0,078	0,04	1,13
	11	36,7	100,1	2,5	13,0	4,0	6,8	10,8	21,4	18,4	31,2	0,001	0,18	0,25	3,57	0,003	0,054	0,01	0,44
Świniec	1	39,2	106,2	3,2	14,2	1,9	5,7	7,0	10,4	10,3	27,7	0,001	0,10	0,07	3,82	0,003	0,033	0,02	0,48
	2	34,9	103,0	3,0	13,9	2,7	8,1	7,4	14,4	12,7	31,2	0,002	0,10	0,02	3,50	0,003	0,033	0,04	0,73
	3	39,6	102,2	3,5	13,1	2,7	6,1	9,5	21,2	16,8	100,7	0,004	0,07	0,07	4,39	0,003	0,033	0,04	0,48
	4	45,0	140,4	5,9	16,3	1,7	4,5	8,6	13,6	11,4	24,1	0,001	0,48	0,05	6,26	0,001	0,054	0,02	0,71
	5	47,5	125,3	6,7	18,2	4,8	12,8	58,4	310,8	12,8	547,2	0,001	0,14	0,05	4,14	0,003	0,039	0,02	0,65
	6	45,7	58,7	4,1	14,5	3,2	30,9	8,4	12,6	20,9	36,2	0,002	0,18	0,09	7,04	0,001	0,072	0,03	1,12
	7	39,6	122,0	4,0	14,2	4,7	10,3	23,6	78,8	44,4	136,4	0,009	0,21	0,01	6,04	0,001	0,063	0,01	0,47
Woźczenica	1	38,2	104,4	3,6	13,6	2,7	5,8	7,4	20,0	15,9	34,3	0,002	0,06	0,02	3,50	0,001	0,039	0,03	0,90
	2	41,8	131,4	2,0	14,5	2,7	23,6	9,6	33,4	15,6	46,5	0,001	0,11	0,09	4,74	0,003	0,081	0,03	1,08
	3	38,0	109,8	1,8	11,6	1,7	4,8	10,4	24,0	15,3	30,1	0,001	0,06	0,07	4,07	0,003	0,030	0,03	0,69
	4	41,4	113,0	6,2	15,3	3,2	7,1	9,6	25,6	22,0	40,6	0,001	0,11	0,05	3,98	0,001	0,039	0,01	0,73
	5	33,8	107,3	4,8	13,6	5,2	8,5	30,8	91,0	17,0	153,9	0,001	0,16	0,05	1,47	0,001	0,027	0,01	0,28
Gowienica	1	37,4	118,8	3,6	14,5	1,9	12,8	8,2	12,2	14,2	30,5	0,001	0,12	0,37	5,11	0,003	0,132	0,01	0,50
	2	38,5	107,6	3,5	13,6	2,7	6,3	8,6	14,0	9,9	24,4	0,001	0,28	0,35	3,77	0,006	0,099	0,03	0,46
	3	21,2	87,8	1,6	13,7	1,7	3,7	7,4	14,8	9,2	46,3	0,002	0,11	0,05	2,67	0,001	0,138	0,02	0,48
	4	34,2	92,9	2,8	12,5	3,2	8,9	8,2	21,8	12,8	23,4	0,004	0,11	0,18	3,91	0,003	0,036	0,01	0,67
Średnio - Mean		37,3	106,1	3,8	14,1	2,8	10,2	9,6	26,3	14,6	47,6	-	0,20	0,13	4,34	-	0,091	-	0,63

w 59 terminach 1593 próbki wody, w których oznaczono sól, potas i wapń metodą spektrometrii płomieniowej, chlorki miareczkowo, pozostałe składniki kolorymetrycznie: azot azotanów z kwasem fenyldwu-sulfonowym, azot azotynów bezpośrednio po przywiezieniu metodą Griessa, fosfor rozpuszczalnych forsforanów metodą błękitu fosforomolibdenowego, żelazo metodą rodankową, magnez metodą żółcieni tytanowej. Oznaczenia magnezu wykonano w próbkach z okresu rocznego 1.V.1974–30.IV.1975.

Z otrzymanych danych wyliczono dla każdego przekroju średnie stężenia i współczynniki zmienności stężeń poszczególnych składników (tab. 1) oraz ustalono minimalne i maksymalne ich stężenia (tab. 2). Dla każdego składnika wyliczono ponadto średnią ze średnich stężeń i średni współczynnik zmienności stężeń (tab. 1) oraz średnie stężenia minimalne i maksymalne (tab. 2). Wyliczono również współczynniki zmienności stężeń minimalnych, średnich i maksymalnych (tab. 3). Jako miarę różni-

T a b e l a 3

Współczynniki zmienności stężeń minimalnych, maksymalnych i średnich oraz średnia wartość współczynnika zmienności stężeń w czasie dla poszczególnych składników  
Minimum, maximum and medium concentration variability coefficients and mean value of the coefficient of concentration variability in time for particular elements

Składniki Elements	Współczynniki zmienności stężeń Concentration variability coefficients			Średnia wartość współczynnika zmienności stężeń w czasie Mean value of the coefficient of concentration variability in time
	minimalnych minimum	maksymalnych maximum	średnich medium	
Ca	14,1	13,6	10,7	35,2
Mg	41,6	9,5	8,8	29,0
K	41,7	64,5	38,5	29,5
Na	60,9	89,2	71,8	19,4
Cl <sup>-</sup>	52,8	78,5	64,7	22,8
P-PO <sub>4</sub>	137,5	58,6	39,5	98,3
N-NO <sub>3</sub>	92,9	30,8	37,5	96,5
N-NO <sub>2</sub>	140,0	86,5	62,5	72,1
Fe	77,3	41,0	44,4	52,6

cowania stężeń poszczególnych składników w czasie na badanym obszarze przyjęto średnią wartość współczynnika zmienności, natomiast jako miarę zróżnicowania w przestrzeni — współczynnik zmienności średnich stężeń (tab. 3). Poszczególne zlewnie cząstkowe są dość znacznie zróżnicowane pod względem procentu powierzchni zajmowanej przez poszczególne rodzaje gleb i związane z tym użytkowanie, co nie pozostaje bez wpływu na chemizm wód (tab. 4).

Opad roczny średnio ważony lat 1950/51–1969/70 w poszczególnych zlewniach cząstkowych kształtował się na poziomie 600–700 mm [4]. Opady roczne w okresie badań były zbliżone do przeciętnych lub nieco

Zestawienie powierzchni średnich wzniesień, średnich spadów, użytkowania oraz rodzajów gleb w poszczególnych zlewniach cząstkowych rzek Regi, Swinica, Wołcznicy i Gowienicy  
Specification of areas with mean elevations and inclinations, utilization and kinds of soils in particular fragmentary catchment areas of the Rega, Swiniec, Wołcznica and Gowienica rivers

Zlewnia rzeki Catchment areas of rivers	Nr przekroju hydrome- trycznego No. of hydro- metric cross- -section	Powierzchnia zlewni km <sup>2</sup> Catchment area size km <sup>2</sup>	Średni spad powierzchni zlewni ‰/‰ Mean inclina- tion of the catchment area surface	Średnie wzniesienie zlewni, m Mean eleva- tion of the catchment area, m	Rodzaje gleb - % Soil kinds - %			Użytkowanie - % Utilization - %		
					gliny i piaski naglinowe loams and sands on loam	piaski sands	torfy peats	grunty orne arable lands	lasy forests	użytki zielone grasslands
Rega	1	1058,0	23,00	102,51	58	36	5	63	25	10
	2	75,0	19,00	74,11	42	55	3	60	34	5
	3	225,7	21,00	80,98	40	48	12	61	20	14
	4	61,8	15,00	74,00	45	50	5	61	23	15
	5	93,7	9,00	70,20	20	63	15	63	15	22
	6	216,4	13,50	66,00	32	55	13	61	21	18
	7	51,4	18,50	32,90	59	9	30	62	8	28
	8	13,0	32,00	95,30	5	70	25	49	43	8
	9	349,0	19,00	53,76	40	49	10	45	43	12
	10	52,0	7,00	15,60	62	8	30	52	14	34
	11	2551,0	18,50	73,56	48	39	12	61	25	13
Swiniec	1	57,0	20,00	29,73	35	44	20	49	32	18
	2	37,0	12,00	26,62	20	55	25	32	47	21
	3	134,2	16,00	26,02	27	52	20	44	36	19
	4	12,2	27,00	26,40	8	57	35	60	20	20
	5	80,0	17,00	22,40	31	20	48	51	21	27
	6	5,4	10,00	28,20	35	35	20	53	12	35
	7	93,0	14,00	17,49	31	48	19	53	32	13
Wołcznica	1	186,9	10,40	36,42	9	80	8	38	44	17
	2	13,2	3,00	18,00	0	90	10	29	45	26
	3	34,9	4,00	14,93	12	84	4	21	65	14
	4	331,2	9,00	27,91	20	72	6	40	36	23
	5	95,7	10,50	13,24	4	90	6	24	64	8
Gowienica	1	38,8	18,00	59,50	30	60	10	63	24	15
	2	105,0	16,80	60,80	50	44	6	58	28	13
	3	24,0	18,00	46,59	0	90	10	34	52	14
	4	309,0	12,90	42,48	21	64	15	33	55	11

wyższe (o 10–20%), a odpływy w okresach wegetacyjnych niższe (średnio o około 30%), natomiast w półroczach zimowych nieco wyższe (średnio o około 20%) od przeciętnych dla wymienionego wyżej dwudziestolecia.

#### OMÓWIENIE WYNIKÓW BADAŃ

W a p ń. Średnie stężenia w 1593 próbach wody (59 pomiarów w 27 punktach) wynosiło 60,9 mg Ca/l, średnie najniższe stężenie dla wszystkich przekrojów hydrometrycznych — 37,3 mg/l, średnie maksymalne stężenie — 106,1 mg/l.

Współczynniki zmienności stężenia Ca dla olbrzymiej większości badanych przekrojów wynoszą około 30% (27–33%) i są do siebie bardzo zbliżone. Najniższe stężenia wapnia w większości przekrojów stwierdzono 29.X i 12.XI w 1973 r., najwyższe natomiast 14.IV.1975 r.

Niski współczynnik zmienności średnich stężeń wyliczony dla wszystkich przekrojów, a wynoszący 10,7%, oraz podobnie nisko kształtujące się współczynniki zmienności minimalnych (14,10%) i maksymalnych (13,55%) wartości wyliczonych dla wszystkich przekrojów wskazują na znacznie słabsze zróżnicowanie stężeń wapnia w przestrzeni niż w czasie.

Najbardziej kontrastowe pod względem stężeń Ca są na badanym obszarze z jednej strony przekroje hydrometryczne Świniec 4 i 5, odznaczające się najwyższymi stężeniami, oraz z drugiej strony przekrój Gowienica 3 przy zbliżonych jednak współczynnikach zmienności (29,3–32,3%). Przyczyna tych względnie dużych różnic tkwi w warunkach glebowych i użytkowaniu gleb zlewni (tab. 4).

M a g n e z. Średnie stężenie Mg z 810 oznaczeń (30 oznaczeń w 27 przekrojach) wynosiło 10,0 mg/l, średnie najniższe stężenie dla wszystkich przekrojów hydrometrycznych — 3,8 mg/l, średnie maksymalne — 14,1 mg/l.

Średni współczynnik zmienności w czasie dla wszystkich przekrojów był zbliżony do takiego dla Ca i wynosił 29,0%. Współczynniki zmienności stężeń średnich (8,8%) i maksymalnych (9,5%) były bardzo niskie, zbliżone do tychże wartości dla Ca. W przeciwieństwie do tego ostatniego składnika wysoki był współczynnik zmienności (41,7%) dla stężeń minimalnych, wskazujący, z uwzględnieniem różnic w wartościach bezwzględnych, na większe zróżnicowanie pod tym względem między przekrojami.

Następna różnica rzucająca się w oczy to fakt, że średnie najniższe stężenie Ca było znacznie bliższe średniego stężenia niż średnie stężenie maksymalne, gdy tymczasem w odniesieniu do Mg sytuacja ta kształtuje się odwrotnie. Oznacza to, że w przypadku Ca obserwuje się okresowy znaczny wzrost stężenia tego składnika w porównaniu ze stężeniem średnim (być może wskutek wapnowania), a w odniesieniu do Mg znaczny okresowy spadek stężenia tego składnika w porównaniu ze stęże-

niem średnim (być może wskutek pobierania przez rośliny). Inaczej też niż dla wapnia układają się minimalne stężenia Mg, które stwierdzono w największej ilości przekrojów 17.IV.1974 r. oraz maksymalne, przypadające na 20.I.1975 r.

Podobnie jak w przypadku wapnia wysokie stężenia minimalne, średnie i maksymalne związane są z dużym udziałem lepszych gleb i gruntów ornych w zlewni (np. Świniec 4 i 5), natomiast niskie — z dużym udziałem gleb gorszych (piaski) i lasów (np. Wołczenica 3, Gowienica 3). Odbija się to również na współczynnikach zmienności w czasie, które są znacznie niższe (18,8–23,0%) w obrębie przekrojów pierwszej grupy zlewni niż drugiej (32,3–33,1%).

P o t a s. Średni współczynnik zmienności stężenia potasu w czasie (29,5%) jest zbliżony do analogicznego dla wapnia, natomiast zmienność w odniesieniu do przestrzeni kształtuje się znacznie wyżej (38,5%) w porównaniu z około 10% dla wapnia i magnezu.

Średnie stężenie dla tego składnika wynosiło 4,7 mg/l K, średnie minimalne — 2,8 mg/l, średnie maksymalne — 10,2 mg/l.

Z danych tych wynika, że okresowy wzrost maksymalnych stężeń jest średnio znacznie wyższy niż ich minimalny spadek, a więc wiąże się z okresowym docieraniem większych ilości tego składnika. O dość silnym zróżnicowaniu tego zjawiska między poszczególnymi zlewniami świadczy wysoki (64,5%) średni współczynnik zmienności maksymalnych stężeń w poszczególnych przekrojach, gdy tymczasem współczynniki zmienności średnich i minimalnych stężeń kształtują się na znacznie niższym i zbliżonym poziomie (około 40%).

Najwyższe stężenia średnie (10,5 mg/l), minimalne (4,1 mg/l) i maksymalne (22,6 mg/l) stwierdzono w rzece Sępólnie (Rega 6), do której docierają ścieki z krochmalni w Nowogardzie po ich oczyszczeniu i rolniczym wykorzystaniu.

Porównanie pozostałych stężeń: najwyższych średnich (6,2–7,5 mg/l), minimalnych (3,2–4,8 mg/l) i maksymalnych (10,8–30,9 mg/l) z najniższymi (odpowiednio 2,6 mg/l, 1,7 mg/l i 3,7–4,5 mg/l) wskazuje, że pierwsze z nich (przekroje Świniec 5, 6, 7) odnoszą się do zlewni o wyższym udziale lepszych gleb i gruntów ornych, drugie natomiast (Rega 9, Świniec 4, Gowienica 3) do zlewni o małym ich udziale.

Dalszą wskazówką świadczącą o wpływie rolnictwa na okresowe zmiany w zawartości potasu w wodach cieków są wysokie współczynniki zmienności stężeń tego składnika (38,5–64,5%) wyłącznie w małych zlewniach (Rega 2, Rega 4, Rega 5, Rega 8, Świniec 6, Wołczenica 2, Gowienica 1), a więc takich, w których brak oddziaływania przemysłu, gospodarki komunalnej itp., oraz terminy maksymalnych stężeń przypadające na lipiec, wrzesień i październik, czyli okres wzmożonego stosowania nawozów potasowych na użytkach zielonych i gruntach ornych, gdy tymczasem minimalne stężenia spotykane są najczęściej w sierpniu.

S ó d. Wyliczając średnie dane dla sodu oraz współczynniki zmienności pominięto dane przekroju Świniec 5 ze względu na szczególnie wysokie stężenie sodu, będące najprawdopodobniej skutkiem ujścia solanki powyżej tego przekroju. Średnie stężenie w tym przekroju (59 prób) wynosiło 185,4 mg Na/l, minimalne 58,4 mg/l, a maksymalne 310,8 mg/l, gdy tymczasem średnie stężenie Na w pozostałych 1534 próbkach wody na badanym obszarze wynosiło 15,7 mg/l, średnie minimalne 9,6 mg/l, średnie maksymalne 26,3 mg/l.

Na uwagę zasługują wysokie współczynniki zmienności między przekrojami hydrometrycznymi zarówno stężeń średnich (71,7%), jak minimalnych (60,9%) czy maksymalnych (89,2%). Świadczy to o dużym zróżnicowaniu przestrzennym stężeń Na w wodach północno-zachodniej części Pomorza. Wyższa różnica między wartością średnią a średnią maksymalną niż między tą pierwszą a średnią minimalną wskazuje, że okresowy wzrost stężeń tego składnika bywa średnio znacznie wyższy niż jego obniżanie się.

Jeżeli, pomijając dane dla przekroju Świniec 5, wybierzemy przekroje odznaczające się najwyższymi wartościami średnimi (33,9–51,8 mg/l), minimalnymi (12,0–30,8 mg/l) i maksymalnymi (74,0–91,0 mg/l), to okazuje się, że w dwóch przypadkach leżą one w obszarze ujściowym rzek (Świniec 7, Wołcznica 5), a więc większe stężenie tego składnika może być tłumaczone wlewaniem się w czasie cofki wód słonawych z Zatoki Kamieńskiej. W trzecim przypadku odnosi się to do rzeki Sarnia (Rega 10); przyczyna tego stanu rzeczy trudna jest do wyjaśnienia. Natomiast dość wysokie stężenia w przekroju Rega 6 powodowane są odprowadzaniem ścieków do rzeki Sępólna przez krochmalnię w Nowogardzie, po uprzednim ich oczyszczeniu i częściowo rolniczym wykorzystaniu. Wymienione przekroje odznaczają się również wysokimi współczynnikami zmienności w czasie (26,6–53,7%) w porównaniu z wartością średnią tego współczynnika dla 26 przekrojów (19,4%). Najniższe stężenia Na oraz najniższe współczynniki zmienności stwierdzono w południowo-wschodniej części badanego obszaru (poza samą Regą), a więc istnieje pewien regionalizm w występowaniu tego zjawiska.

Najniższe stężenie tego składnika wystąpiło w większości przekrojów 21.I.1974 r., najwyższe w okresie V–XI ze słabo zaznaczonym maksimum 4.X.1973 r. i dwoma jeszcze słabszymi w drugiej połowie maja i pierwszej lipca.

**Chlor.** Zmienność w przestrzeni i czasie stężeń anionu chloru była zbliżona do danych dla sodu. Średnie stężenie  $\text{Cl}^-$  wynosiło dla 1534 prób (a więc z pominięciem przekroju Świniec 5) 25,5 mg  $\text{Cl}^-/\text{l}$ , średnie minimalne 14,6 mg/l, średnie maksymalne 47,6 mg/l. Wysokie współczynniki zmienności tych wartości między przekrojami wskazują, podobnie jak w przypadku sodu, na dużą zmienność w przestrzeni, przy czym zarówno bardzo wysokie, jak i bardzo niskie stężenia tego skła-

dnika stwierdzono w tych samych przekrojach, w jakich podano je dla sodu. Podobnie również kształtuje się średni współczynnik zmienności w czasie (22,8%).

Natomiast dość istotne różnice stwierdzono w terminach występowania minimalnych i maksymalnych stężeń tego składnika w porównaniu z sodem. Otóż minimalne stężenia  $\text{Cl}^-$  najliczniej wystąpiły w kwietniu i maju, natomiast najwyższe w okresie VIII–XII.

**F o s f o r.** Średnie stężenie w badanych próbach wynosiło 0,04 mg/l, średnie minimalne 0,002 mg/l, średnie maksymalne 0,20 mg/l. Zmienność średniego stężenia w przestrzeni była znaczna (współczynnik zmienności — 39,5%) i zbliżona do zmienności stężeń potasu, ale znacznie większa w czasie, gdyż zmienność średnich stężeń w czasie dla wszystkich przekrojów wynosiła aż 98,3%.

Maksymalne stężenia  $\text{P-PO}_4$  najczęściej były stwierdzane we wrześniu oraz dość często w czerwcu i lipcu, są więc pod tym względem zbliżone do potasu, co może wskazywać na pewien związek z nawożeniem gleb w tym okresie; minimalne stężenia najliczniej wystąpiły w sierpniu i grudniu.

Stwierdzone na badanym obszarze zarówno maksymalne stężenia (Rega 7, Świniec 4, Gowienica 2 — 0,28–1,03 mg/l), jak i najwyższe średnie stężenia (Rega 6 i 10, Świniec 7 — 0,06–0,09 mg/l) wydają się z uwagi na ich lokalizację pozostawać w większym związku ze ściekami bytowymi i przemysłowymi (krochmalnia) niż z wypłukiwaniem tego składnika z gleb. Natomiast najniższe średnie stężenia (około 0,02 mg/l) są niewątpliwie charakterystyczne dla mniejszych zlewni z dużym udziałem piasków i lasów (np. Wołczyca 2 i 3, Świniec 1 i 2, Rega 2 i 8).

**A z o t a z o t a n ó w.** Średnie stężenia azotu azotanowego wynosiło 1,1 mg/l, średnie minimalne — 0,13 mg/l, średnie maksymalne — 4,34 mg/l. Ta duża rozpiętość stężeń średnich minimalnych i średnich maksymalnych oraz wysoki średni współczynnik zmienności stężeń w czasie (96,5%) wskazuje, że podobnie jak w przypadku fosforu stężenia azotanów podlegają silnym wahaniom w ciągu roku, a stężenia minimalne w przestrzeni (współczynnik zmienności 92,9%).

Przekroje o wysokich średnich (1,5–2,2 mg/l) i maksymalnych (5,5–7,0 mg/l) stężeniach azotu azotanowego zamykają zlewnie intensywnie użytkowane rolniczo w środkowo-południowej części badanego obszaru (Rega 4, 5, 6, 7, Gowienica 1, 2) oraz zlewnię rzeki Nimicy (Świniec 6, 7). Niemożliwe jest jednak rozgraniczenie i ustalenie, jaki jest udział nawożenia mineralnego, a jaki produkcji zwierzęcej w wysokim stężeniu azotu azotanowego w wodach. Z naszych dotychczasowych badań [1, 2] wynika, że obydwa te czynniki odgrywają poważną rolę w zanieczyszczeniu wód.

Średnie niskie stężenia (0,4–0,7) są znamienne dla zlewni odznaczają-

cych się dużym udziałem gleb ubogich, przeważnie pokrytych lasami (Wołczyca 2, 3, 5).

Najwyższe stwierdzone stężenia N-NO<sub>3</sub> przypadają w 2/3 przekrojów na grudzień i w około 1/3 na styczeń, a więc na okres najniższej sorpcji biologicznej azotanów, najniższe natomiast w okresie V-X, najczęściej w lipcu.

**A z o t a z o t y n ó w.** Azot azotynów odgrywa znacznie mniejszą rolę w porównaniu z azotem azotanów. Średnie stężenie tego składnika osiąga 0,022 mg/l, średnie minimalne 0,003 mg/l, średnie maksymalne 0,091 mg/l.

W porównaniu z azotanami stężenia azotynów odznaczają się nieco mniejszą zmiennością w czasie (średni współczynnik zmienności w czasie 72,1<sup>0</sup>/o), ale za to znacznie większą w przestrzeni (współczynnik zmienności średnich stężeń 62,5<sup>0</sup>/o). Względnie wysokie stężenia azotu azotynowego stwierdza się w tych samych przekrojach, w których ustalono wysokie stężenia azotanów; podobnie było w przypadku niskich stężeń. Minimalne stężenia azotu azotynowego najczęściej stwierdzano w sierpniu, maksymalne w grudniu.

**Ż e l a z o.** Średnie stężenie żelaza w badanych próbach wynosiło 0,259 mg/l, średnie minimalne było znacznie niższe (0,022 mg/l), średnie maksymalne wyższe, ale różnica ta nie była tak duża (0,630 mg/l).

Zmienność stężeń jest dość znaczna i zbliżona zarówno w czasie (średni współczynnik zmienności 52,6<sup>0</sup>/o), jak i w przestrzeni (współczynnik zmienności średniego stężenia 44,4<sup>0</sup>/o). Wyższymi stężeniami, zwłaszcza maksymalnymi, odznaczają się wody ze zlewni z dużym udziałem torfów i użytków zielonych. Maksymalne stężenia żelaza w największej liczbie przekrojów wystąpiły w marcu, w mniejszej ilości w październiku. Minimalne głównie w maju oraz w okresie VIII-X.

#### PODSUMOWANIE WYNIKÓW BADAŃ

Z przeprowadzonych badań wynika, że w wodach cieków północnej części województwa szczecińskiego:

— wapń i magnez wskazują niskie zróżnicowanie średnich stężeń między poszczególnymi przekrojami hydrometrycznymi (współczynnik zmienności około 10<sup>0</sup>/o), natomiast znacznie wyższe w czasie (średni współczynnik zmienności Ca — 35,2<sup>0</sup>/o, Mg — 29,0<sup>0</sup>/o);

— zróżnicowanie średnich stężeń potasu między poszczególnymi przekrojami hydrometrycznymi jest dość duże (współczynnik zmienności 38,5<sup>0</sup>/o) i zbliżone do zmienności w czasie (średni współczynnik zmienności 29,5<sup>0</sup>/o);

— stężenia sodu i chloru wykazują dużą zmienność w przestrzeni (współczynnik zmienności średniego stężenia 71,8<sup>0</sup>/o dla Na, 64,7<sup>0</sup>/o dla Cl<sup>-</sup>), znacznie niższy w czasie (średni współczynnik zmienności 19,4<sup>0</sup>/o dla Na i 22,8<sup>0</sup>/o dla Cl<sup>-</sup>);

— najsilniejszą zmiennością w czasie odznaczały się stężenia fosforu fosforanów oraz azotu azotanów (średnie współczynniki zmienności odpowiednio 98,3‰ i 96,5‰) przy równocześnie znacznie niższej i zbliżonej zmienności w przestrzeni (współczynniki zmienności średniego stężenia 39,5‰ i 37,5‰);

— stężenia azotu azotynów były silnie zróżnicowane zarówno w czasie, jak i przestrzeni (odpowiednie współczynniki zmienności 72,1‰ i 62,5‰), żelaza nieco mniej (52,6‰ i 44,4‰).

#### LITERATURA

- [1] Borowiec S., Skrzyczyński T.: Średnie stężenia azotu, fosforu i potasu oraz ich udział w łącznej ilości NPK odprowadzanej przez drewny i ciekły śródkowej części byłego powiatu szczecińskiego. Zesz. nauk. AR Szczec. 1977, 64, 73–80.
- [2] Borowiec S., Skrzyczyński T., Kucharska T.: Migracja składników mineralnych z gleb Niziny Szczecińskiej. Szczec. Tow. Nauk. (w druku).
- [3] Borowiec S., Duda L., Friedrich M., Skrzyczyński T.: Ilości składników odprowadzanych przez rzeki północnej części województwa szczecińskiego na tle użytkowania zlewni. Szczec. Tow. Nauk. (w druku).
- [4] Duda L., Friedrich M., Żygas M.: Zasoby wód powierzchniowych zlewni rzek Regi, Świńca, Wołcznicy i Gowienicy. Szczec. Tow. Nauk. (w druku).

#### С. БОРОВЕЦ

### ДИФФЕРЕНЦИАЦИЯ КОНЦЕНТРАЦИИ ХИМИЧЕСКИХ ЭЛЕМЕНТОВ В ВОДОТОКАХ СЕВЕРНОЙ ЧАСТИ ЩЕЦИНСКОГО ВОЕВОДСТВА

Учреждение экологии и охраны среды Института экологии и охраны среды,  
Сельскохозяйственная академия в Щецине

#### Резюме

В бассейнах рек: Рега, Сьвинец, Волченица и Говеница были отобраны в период от 1.V.1973–30.IV.1975 г. из 27 гидрометрических сечений (рис. 1) 1593 пробы воды в 59 сроках; в пробах определяли натрий, калий, кальций, хлориды, азот нитратов и нитритов, фосфор, железо и магний. Определения магния были проведены за период одного года: 1.V.1974–30.IV.1975 г.

Характеристика водосборов для отдельных гидрометрических сечений в отношении площади, гипсометрии, почвенной разновидности и способа пользования почв подана в табл. 4.

Из полученных данных были вычислены для каждого сечения средние концентрации и коэффициенты изменчивости концентрации отдельных элементов (табл. 1) и установлены минимальные и максимальные их концентрации (табл. 2). Кроме того для каждого элемента вычисляли из средних осредненную концентрацию и осредненный коэффициент изменчивости (низ табл. 1), а также средние концентрации минимальные и максимальные (низ табл. 2). Вычислено тоже коэффициенты изменчивости для концентраций минимальных, средних и максимальных (табл. 3). В качестве критерия дифференциации концентраций отдельных элементов во времени на данной площади была принята средняя вели-

чина коэффициента изменчивости, но в качестве мерила дифференциации в пространстве — коэффициент изменчивости средних концентраций (табл. 3).

В итоге исследований установлено, что самой высокой пространственной изменчивостью характеризовались на исследованной площади концентрации Na, Cl<sup>-</sup>, N-NO<sub>2</sub>; средней: K, P-PO<sub>4</sub>, N-NO<sub>3</sub>, Fe; низкой: Ca, Mg; самой-же высокой изменчивостью во времени характеризовались концентрации P-PO<sub>4</sub>, N-NO<sub>3</sub>, N-NO<sub>2</sub>; средней: Fe, Ca, Mg, K, а самой низкой Na и Cl.

S. BOROWIEC

#### DIFFERENTIATION OF CONCENTRATIONS OF CHEMICAL ELEMENTS IN WATERCOURSES OF THE NORTHERN PART OF THE SZCZECIN DISTRICT

Institute of Ecology and Natural Environment Protection,  
Agricultural University of Szczecin

#### S u m m a r y

In the catchment areas of the Rega, Świniec, Wołczenica and Gowienica rivers' in the period from May 1, 1973 to April 30, 1975, 1593 water samples were taken at 59 dates from hydrometric cross-sections. In the samples the content of sodium, potassium, calcium, chlorides, nitrate and nitrite nitrogen, phosphorus, iron and magnesium was determined. The magnesium content was determined in samples taken in the period from May 1, 1974 to April 30, 1975.

The catchment area characteristics for particular hydrometric cross-sections with regard to area, hipsometry, kind and utilization of soils, are put together in Table 4.

From the data obtained concentrations and coefficients of variability of concentration changes of particular elements were calculated (Table 1) as well as their minimum and maximum concentrations (Table 2) were established. Moreover, for every element mean from mean concentrations and mean concentration change coefficient (Table 1, bottom) as well as mean minimum and maximum concentrations (Table 2, bottom) were calculated. Also minimum, medium and maximum concentration change coefficients were calculated (Table 3). As a differentiation criterion of concentrations of particular elements in time on the area covered with the investigations, a mean value of the variability coefficient, while as a differentiation criterion in space — the mean concentration variability coefficient have been assumed (Table 3).

The investigations have proved that with the highest variability in space characterized themselves the Na, Cl<sup>-</sup>, N-NO<sub>2</sub> concentrations, with the medium variability — the K, P-PO<sub>4</sub>, N-NO<sub>3</sub> and Fe concentrations and with the least variability — the Ca and Mg concentrations. With the highest variability in time distinguished themselves the P-PO<sub>4</sub>, N-NO<sub>3</sub> and N-NO<sub>2</sub> concentrations, with the medium variability the Fe, Ca, Mg and K concentrations and with the least variability — the Na and Cl concentrations.

