

# MONITORING WÓD PODZIEMNYCH W WOJEWÓDZTWIE WIELKOPOLSKIM W LATACH 2001–2002

Sieć monitoringu regionalnego wód podziemnych w Wielkopolsce tworzona była w latach 90-tych dla poszczególnych, istniejących wówczas województw. Projekt zintegrowanej sieci dla całego województwa wielkopolskiego opracowany został w latach 1999–2000. Od 2001 roku rozpoczęte zostały systematyczne badania dla całego województwa. Badania prowadzone były przez Wojewódzki Inspektorat Ochrony Środowiska w Poznaniu.

Badania obejmowały analizy fizyczno-chemiczne wód podziemnych pobranych z 113 (2001 rok) i 110 (2002 rok) stanowisk badawczych monitoringu regionalnego, a także pomiary zwierciadła wody na wytypowanych stanowiskach. Interpretację wyników monitoringu regionalnego opracowano łącznie z wynikami badań w sieci monitoringu państwowego (60 stanowisk) udostępnionymi przez PIG w Warszawie – wykonawcę monitoringu państwowego.

## 1. Cele i zadania monitoringu regionalnego

Celem monitoringu jest tworzenie bazy informacyjnej o ilościowym i jakościowym stanie zasobów wód podziemnych jako niezbędnej podstawy do realizacji racjonalnej gospodarki zasobami tych wód i ich ochrony.

Jednym z istotnych elementów tej bazy jest monitoring regionalny, którego zadania powinny w szczególności koncentrować się w zakresie następujących zagadnień:

- kontrola długookresowych trendów zmian jakości wód głównych zbiorników wód podziemnych (GZWP) oraz ważniejszych zbiorników lokalnych (LZWP),
- kontrola stanów i jakości wód podziemnych zbiorników o słabej odnawialności zasobów, stanowiąca uzupełnienie do istniejącej sieci obserwacyjnej PIG,
- rozpoznanie stanu zanieczyszczenia antropogenicznego wód podziemnych,
- rozpoznanie stopnia oddziaływania obszarowych ognisk zanieczyszczeń na jakość wód podziemnych.

W przypadku województwa wielkopolskiego monitoring powinien koncentrować się również na specyficznych problemach zagrożeń wielkoprzestrzennych typowych dla tego rejonu. Do zagrożeń takich należą:

- wpływ kopalnictwa węgla brunatnego na ilość i jakość wód podziemnych,
- wpływ eksploatacji na zagrożenie geogeniczne jakości wód podziemnych trzeciorzędowego piętra wodonośnego w związku z występowaniem stref anormalnego zabarwienia i zasolenia wód,
- wpływ wysadów solnych i kopalnictwa soli na jakość wód podziemnych.

Zakłada się również, że poza powyższymi praktycznymi aspektami, monitoring regionalny powinien umożliwić rozpoznanie zagadnień bardziej ogólnych. W szczególności powinien pozwolić na bliższe poznanie głównych czynników i procesów, naturalnych i wzbudzonych przez człowieka, formujących skład chemiczny wód podziemnych.

Wymienione wyżej cele były brane pod uwagę w projekcie monitoringu. Aktualnie w oparciu o interpretację wyników dwuletnich badań monitoringowych istnieje możliwość sprawdzenia, w jakim stopniu zaprojektowana sieć spełnia założone cele i określenie niezbędnych korekt. Zaprojektowane korekty, wobec ograniczonych środków finansowych, polegają na rezygnacji z obserwacji pewnych punktów i objęcie obserwacją nowych, lepiej spełniających zadania monitoringu.

Takie rozwiązanie jest zgodne z zasadą przyjętą dla monitoringu regionalnego, że aczkolwiek należy dążyć do stałości wyznaczonych punktów monitoringowych, to jednak nie powinna to być sieć stała i niezmienna. Powinna ona bowiem być systematycznie dostosowywana do zadań, jakie wyłaniają się w wyniku zmian czynników kształtujących zagrożenia wód podziemnych oraz coraz lepszego rozpoznania warunków hydrogeochemicznych.

## 2. Charakterystyka i organizacja sieci monitoringu krajowego i regionalnego jakości wód w województwie wielkopolskim

### Sieć krajowa

W latach 2001–2002 na terenie województwa wielkopolskiego Państwowy Instytut Geologiczny w Warszawie prowadził badania jakości wód w sieci monitoringu krajowego na 60 stanowiskach, z czego:

- w utworach czwartorzędu – 45 stanowisk,

- w utworach trzeciorzędu – 8 stanowisk,
- w utworach kredy – 5 stanowisk,
- w utworach jury – 2 stanowiska.

W obrębie GZWP monitoring obejmuje 23 punkty, w tym w zbiornikach czwartorzędowych – 17, trzeciorzędowych – 2 oraz w kredowych – 4. Pozostałe 37 punktów sieci krajowej monitorują lokalne zbiorniki wód podziemnych.

Wśród punktów zlokalizowanych poza GZWP (LZWP) 28 występuje w utworach czwartorzędu, 6 – trzeciorzędu, 2 – jury, 1 – kredy.

Ilościowy rozkład punktów sieci krajowej w obrębie GZWP jest następujący:

- zbiorniki czwartorzędowe (17 punktów): GZWP nr 311 – 2, GZWP nr 310 – 1, GZWP nr 309 – 1, GZWP nr 307 – 1, GZWP nr 150 – 3, GZWP nr 147 – 1, GZWP nr 144 – 5, GZWP nr 126 – 1, GZWP nr 125 – 2,
- zbiorniki trzeciorzędowe (2 punkty): GZWP nr 143 – 1, GZWP nr 127 – 1,
- zbiorniki kredowe – wszystkie (4) punkty w GZWP nr 151.

Tabela 1.

## Główne Zbiorniki Wód Podziemnych (GZWP) w Wielkopolsce

GZWP numer	Nazwa zbiornika	Obszar	Wiek utworów	Typ zbiornika	Średnia głębokość	Szacunkowe zasoby dyspozycyjne
		km <sup>2</sup>			m	tys. m <sup>3</sup> /d
151	Zbiornik (K) Turek-Konin-Koło	1760	K2	szcz.-por.	90	240,0
127	Subzbiornik (Tr) Złotów-Piła-Strzelce Krajeńskie	3876	Tr	porowy	100	186,0
143	Subzbiornik (Tr) Inowrocław-Gniezno	2000	Tr	porowy	120	96,0
146	Subzbiornik (Tr) Jezioro Bytyńskie-Wronki-Trzciel	750	Tr	porowy	130	20,0
138	Pradolina Toruń-Eberswalde (Noteć)	2100	QP	porowy	30	400,0
150	Pradolina Warszawa-Berlin	1904	QP	porowy	25–35	456,0
303	Pradolina Barycz-Głogów	1620	QP	porowy	60	199,0
139	Dolina kopalna Smogulec-Margonin	250	QK	porowy	50	30,0
144	Dolina kopalna Wielkopolska	4000	QK	porowy	60	480,0
145	Dolina kopalna Szamotuły-Duszniki	200	QK	porowy	40	36,0
147	Dolina rzeki Warty (Sieraków-Międzychód)	50	QD	porowy	40	10,0
310	Dolina kopalna rzeki Ołobok	50	QK	porowy	60	21,0
125	Zbiornik międzymorenowy Wałcz-Piła	1712	QM	porowy	65	169,0
126	Zbiornik Szczecinek	1755	QM, Tr	porowy	90	99,0
133	Zbiornik międzymorenowy Młotkowo	68	QM	porowy	40	12,0
304	Zbiornik morenowy Zbąszyn	164	QM	porowy	25	19,0
305	Zbiornik międzymorenowy Leszno	130	QM	porowy	40	15,0
306	Zbiornik Wschowa	200	QSM	porowy	35	22,0
308	Zbiornik międzymorenowy rzeki Kania	140	QM	porowy	35	14,0
309	Zbiornik międzymorenowy Smoszew-Chwaliszew-Sulmierzyce	96	QM	porowy	80	18,0
311	Zbiornik rzeki Prosna	535	QDK	porowy	30	123,0
307	Sandr Leszno	80	QS	porowy	25	23,0

— zbiorniki czwartorzędowe: QD – doliny, QP – pradoliny, QK – doliny kopalnej, QM – międzymorenowy;

— zbiorniki czwartorzędowe poligenetyczne: QSM – sandrowy związany z zbiornikiem międzymorenowym, QDK – związany z dolinami podścielonymi dolinami kopalnymi.

Tabela 2.

Ocena jakości wód podziemnych w punktach badawczych sieci krajowej na terenie województwa wielkopolskiego w roku 2002 w porównaniu do roku 2001 /według PIG/

Nr punktu na mapie	Nr otworu	Nazwa otworu	GZWP	Głębokość stropu	Wody	Stratygrafia	Typ ośrodka	Użytkowanie terenu	Ocena jakości w roku		Wskaźniki o stężeniach odpowiadających wodzie niskiej jakości III/NOK w roku 2002
									2001	2002	
1.	951	Szulec-2	poza	34,0	W	Q	1	3	II	Ib	
2.	952	Szulec-3	poza	49,0	W	J3	3	3	III	Ib	Sr
3.	953	Szulec-4	poza	0,9	G	Q	1	3	II	Ib	Mn, Fe
4.	563	Rybin	poza	10,0	G	Q	1	3	Ib	Ib	Mn
5.	460	Iwanowice	poza	4,6	G	Q	1	7	Ib	III	SSR, CHZT, N-NO <sub>3</sub> , N-NO <sub>2</sub> , PO <sub>4</sub> , HCO <sub>3</sub> , <b>K</b>
6.	453	Borek	poza	2,7	G	Q	1	7	III	III	CHZT, N-NO <sub>3</sub> , <b>K</b>
7.	455	Tursko-Bogusław	311	9,0	G	Q	1	5	Ib	Ib	
8.	464	Lis-Zadowice	311	3,8	G	Q	1	2	Ib	II	Fe, <b>Mn</b>
9.	462	Ostrów Wlkp. -Krepa	310	28,0	G	Q	1	7	Ib	II	Mn, Fe
10.	452	Krotoszyn	309	159,0	W	Q	1		Ib		<b>Ca</b>
11.	360	Leszno	307	30,3	W	Q	1	5	II	II	
12.	361	Leszno	307	2,7	G	Q	1	7	Ib		HPO <sub>4</sub> , K, N-NH <sub>4</sub>
13.	362	Czerwona Wieś	poza	4,1	G	Q	1	7	III	III	CHZT, N-NO <sub>3</sub> , PO <sub>4</sub>
14.	359	Świętno	150	2,5	G	Q	1	7	Ib		HPO <sub>4</sub> , K, <b>Mn</b>
15.	66	Sepno - 1	150	247,5	W	J	3	3	II	III	SSR, Na, HCO <sub>3</sub> , Fe
16.	67	Sepno - 2	150	152,6	W	Tr	1	3	III	III	Na, <b>Al, Fe</b>
17.	68	Sepno - 3	150	103,8	W	Tr	1	3	Ib	II	HCO <sub>3</sub> , Fe
18.	496	Sepno - 4	150	2,0	G	Q	1	3	Ib	Ib	
19.	62	Dąbie	150	75,0	W	K	2	7	Ia	II	Sr, HCO <sub>3</sub>
20.	494	Konin (14bis)	151, 150	20,0	W	K2	2	5	II	II	<b>Sr</b>
21.	497	Koło	151, 150	2,4	G	Q	1	7	III	III	HCO <sub>3</sub> , K, N-NO <sub>2</sub> , N-NH <sub>4</sub> , <b>Mn</b>
22.	495	Turek-Muchlin (3a)	151	40,0	W	K2	2	7	Ia	Ib	<b>Sr</b>
23.	7	Sarbicko - 1	151	32,0	W	K2	2	3	Ib	Ib	
24.	8	Sarbicko - 2	151	2,7	G	Q	1	3	II	Ib	<b>HCO<sub>3</sub></b>
25.	940	Sarbicko-3P-34	151	6,9	G	Q	1	3	II	III	<b>Pb, HCO<sub>3</sub></b>
26.	941	Sarbicko-4P-34	151	1,2	G	Q	1	3	Ib	II	HCO <sub>3</sub>
27.	71	Dobra	151	2,5	G	Q	1	7	Ib	II	CHZT, <b>PO<sub>4</sub>, K</b>
28.	73	Malanów	151	2,0	G	Q	1	7	III	III	SSR, N-NO <sub>3</sub> , C org, <b>CHZT</b>
29.	76	Żaryń	151	5,7	G	Q	1	7	Ib	Ib	CHZT, PO <sub>4</sub> , <b>K</b>
30.	4	Borowiec - 1	144	134,5	W	Tr	1	3	Ia	Ib	
31.	5	Borowiec - 2	144	89,0	W	Tr	1	3	II	II	
32.	6	Borowiec - 3	144	28,4	W	Q	1	3	Ib	Ib	
33.	583	Stęszew	144	2,2	G	Q	1	7	III	III	SSR, Tw.-og., HCO <sub>3</sub> , CHZT, N-NO <sub>3</sub> , PO <sub>4</sub> , SO <sub>4</sub> , N-NO <sub>2</sub> , <b>K</b>
34.	592	Porążyn	144	31,5	W	Q	1	5	Ib		

Nr punktu na mapie	Nr otworu	Nazwa otworu	GZWP	Głębokość stropu	Wody	Stratygrafia	Typ ośrodka	Użytkowanie terenu	Ocena jakości w roku		Wskaźniki o stężeniach odpowiadających wodzie niskiej jakości III/NOK w roku 2002
									2001	2002	
35.	594	Jabłonna Wlkp.	144	2,5	G	Q	1	7	Ib	III	CHZT, N-NO <sub>2</sub> , PO <sub>4</sub> , Mn, K
36.	65	Piotrowice	144	48,0	W	Tr	1	7	Ib	Ib	
37.	78	Witkowo	144, 143	2,3	G	Q	1	7	Ib	Ib	PO <sub>4</sub> , K
38.	581	Gniezno	144, 143	66,7	W	Q	1	2	Ib	II	Fe
39.	1	Czachurki - 1	144, 143	113,0	W	Tr	1	3	II	II	Sr, HCO <sub>3</sub>
40.	2	Czachurki - 3	144, 143	74,0	W	Q	1	3	II	III	HCO <sub>3</sub> , N-NH <sub>4</sub> , K, Fe
41.	3	Czachurki - 4	144, 143	0,8	G	Q	1	3	II	III	CHZT, N-NO <sub>2</sub> ,
42.	576	Września	143	2,0	G	Q	1	7	III	III	CHZT, N-NO <sub>3</sub> , PO <sub>4</sub> , N-NO <sub>2</sub>
43.	545	Niewierz	145	2,4	G	Q	1	7	III	III	N-NO <sub>3</sub>
44.	547	Obrzycko	146	6,7	G	Q	1	7	II	II	K
45.	544	Międzychód	147	11,2	W	Q	1	1	Ia	Ia	
46.	584	Środa Wlkp.	poza	2,5	G	Q	1	7	III	III	C org., N-NO <sub>3</sub> , HCO <sub>3</sub> CHZT, PO <sub>4</sub> , K
47.	465	Gołańcz	poza	3,5	G	Q	1	7	III	III	SSR, C org., CHZT, N-NO <sub>3</sub> , K
48.	481	Gołańcz	poza	20,0	W	Tr	1	7	II	II	
49.	224	Bęglewo	127	23,0	W	Q	1	1	Ia	Ib	N-NH <sub>4</sub>
50.	226	Straduń-1	127	176,0	W	K2	2	1	Ib	II	Sr
51.	227	Straduń-2	127	137,0	W	Tr	1	1	Ia	Ib	
52.	228	Straduń-3	127	43,0	W	Q	1	1	Ia	Ib	Fe
53.	229	Straduń-4	127	1,7	G	Q	1	1	II	Ib	
54.	230	Straduń-ZR	127	0,0	Z	Q	1	7	III	III	CHZT, N-NO <sub>3</sub> , PO <sub>4</sub> , K, N-NO <sub>2</sub>
55.	944	Piła	125, 127	42,0	G	Q	1	7	Ib	Ia	
56.	480	Piła	125, 127	4,3	G	Q	1	7	Ib	Ib	
57.	381	Równopole	125	41,6	G	Q	1	5	Ib	Ib	Fe
58.	486	Jastrowie	126	43,5	W	Q	1	7	Ia	Ia	
59.	487	Chodzież	138	81,2	W	Tr	1	7	III	III	Cd
60.	467	Liszkowo	133	2,2	G	Q	1	7	III	III	SSR, CHZT, HCO <sub>3</sub> , K

*GZWP:* 133 – numer głównego zbiornika wód podziemnych, poza – lokalizacja poza GZWP

*Głębokość stropu:* głębokość stropu warstwy wodonośnej w metrach poniżej poziomu terenu;

*Wody:* W – wgłębne, G – gruntowe, Z – źródło;

*Stratygrafia:* Q – czwartorzęd, Tr – trzeciorzęd, J – jura, J3 – górna jura, K – kreda, K2 – górna kreda;

*Użytkowanie terenu:* 1 – lasy, 2 – użytki zielone, 3 – grunty orne gospodarstw rozdrobnionych, 5 – nieużytki naturalne, 7 – obszary zabudowane

*Klasa wód:* Ia – najwyższej jakości, Ib – wysokiej jakości, II – średniej jakości, III – niskiej jakości;

*Wskaźniki:* Al – glin, Ca – wapń, Fe – żelazo, Mn – mangan, Sr – stront, Corg. – węgiel organiczny TOC, HCO<sub>3</sub> – wodorowęglany, HPO<sub>4</sub> – fosforany, K – potas; Na – sód, NH<sub>4</sub> – azot amonowy, NO<sub>2</sub> – azot azotynowy, NO<sub>3</sub> – azot azotanowy, SO<sub>4</sub> – siarczany, SSR – suma substancji rozpuszczonych, Tw.og. – twardość ogólna.

## Sieć regionalna

Sieć wielkopolskiego monitoringu regionalnego obejmuje według projektu 129 otworów badawczych. Wojewódzki Inspektorat Ochrony Środowiska w Poznaniu prowadził badania w ramach monitoringu regionalnego na 113 stanowiskach pomiarowych w 2001 roku oraz 110 w 2002 roku, z czego odpowiednio:

- w utworach czwartorzędu – 67 oraz 63 (2002 rok) stanowisk,
- w utworach trzeciorzędowych – 29 oraz 30 (2002 rok) stanowisk,
- w utworach kredy – 11 (2001–2002 rok) stanowisk,
- w utworach jury – 6 (2001–2002 rok) stanowisk.

W obrębie GZWP monitoring obejmował 51 (49) punktów, w tym w zbiornikach czwartorzędowych – 37 (35), trzeciorzędowych – 8 oraz w kredowych – 6.

Pozostałe 62 (61) punkty sieci regionalnej monitorują lokalne zbiorniki wód podziemnych (LZWP). Wśród nich 30 (28) występuje w utworach czwartorzędu, 21 (22) – trzeciorzędowych, 6 – jury, 5 – kredy.

Ilościowy rozkład punktów sieci regionalnej w obrębie GZWP był następujący:

- zbiorniki czwartorzędowe – 37 (35) punktów: GZWP nr 125 – 3, GZWP nr 133 – 2, GZWP nr 138 – 2, GZWP nr 139 – 2, GZWP nr 144 – 9 (7), GZWP nr 145 – 1, GZWP nr 147 – 1, GZWP nr 150 – 4, GZWP nr 303 – 2, GZWP nr 304 – 1, GZWP nr 305 – 1, GZWP nr 308 – 2, GZWP nr 309 – 2, GZWP nr 310 – 1, GZWP nr 311 – 2,
- zbiorniki trzeciorzędowe – 8 punktów: GZWP nr 127 – 4, GZWP nr 143 – 2, GZWP nr 146 – 2,
- zbiorniki kredowe – 6 punktów w GZWP nr 151.

Tabela 3.

**Ocena jakości wód podziemnych w punktach badawczych sieci regionalnej na terenie województwa wielkopolskiego w roku 2002 w porównaniu do roku 2001**

Nr punktu na mapie.	Lokalizacja	Poziom	Zbiornik	Głębokość	Miąższość izolacji	Zagospodarowanie	Ocena jakości w roku 2002		Wskaźniki o stężeniach odpowiadających wodzie niskiej jakości III/NOK w roku 2002
							2001	2002	
1	Okonek	Q+Tr	126	103,0	4,0	ZM	III	Ib	
2	Podgaje	Q+Tr	126	101,0	42,0	ZW	II	Ib	
3	Skórka	Q	125	67,0	37,5	BZ	II	II	
4	Krajenka	Tr	127	165,0	78,0	ZW	II	Ib	
5	Kijaszkowo	Q	133	63,0	48,0	BZ	III	II	Fe, HCO <sub>3</sub> , B
6	Gleszczonek	Q	133	62,0	31,5	ZW	II	II	
7	Róża Wielka	Q	125	77,5	42,0	ZW	II	Ib	
8	Stobno	Tr	127	65,0	36,5	ZW	II	III	Fe, Mn
9	Kaczory	Q	125	85,0	24,0	BZ	III	III	Przew, K
10	Strzelce	Q	138	29,0	8,7	BZ	III	III	Przew, K, HCO <sub>3</sub>
11	Lipa	Q	138	33,0	6,5	LS	II	Ib	
12	Wieleń	Tr	127	114,0	73,0	ZM	III	III	Barwa
13	Czarnków	Tr	127	100,0	8,5	ZM	III	II	
14	Lipiny	Q	139	75,0	42,0	BZ	III	II	
15	Sowia Góra	Q	LZWP	27,0	0,0	LS	Ib	Ib	
16	Sieraków	Q	147	34,0	0,0	ZM	III	Ib	
17	Wronki	Tr	146	126,0	68,0	ZM	II	II	Przew, F
18	Ryczywół	Q	139	140,0	59,0	ZW	III	II	HCO <sub>3</sub>
19	Międzychód	Tr	146	189,0	45,0	ZM	II	II	HCO <sub>3</sub>
22	Każmierz	Q	145	70,0	10,0	ZM	III	III	Mętn, Fe
23	Popówko	Tr	LZWP	99,5	78,0	ZM	II	II	HCO <sub>3</sub>
24	Złotniki	Tr	LZWP	156,0	3,0	ZW	II	II	Mętn, Mn Fe
25	Świerkówki	Tr	LZWP	120,0	96,0	ZW	III	II	HCO <sub>3</sub>
26	Białężyn	Q	LZWP	źródło		BZ	II	Ib	
27	Kamińsko	Q	LZWP	36,0	0,0	LS	III	II	Mętn, Barwa, Fe
28	Dębłowo	Tr	LZWP	136,0	100,0	ZW	III	II	
30	Orchowo	Tr	143	87,0	60,0	ZM	II	II	NH <sub>4</sub>
33	Lwówek	Q	LZWP	80,0	4,0	ZW	III	Ib	
34	Buk	Q	144	62,0	37,0	ZM	III	III	Mętn, Fe, HCO <sub>3</sub>

Nr punktu na mapie.	Lokalizacja	Poziom	Zbiornik	Głębokość	Miaższość izolacji	Zagospodarowanie	Ocena jakości w roku 2002		Wskaźniki o stężeniach odpowiadających wodzie niskiej jakości III/NOK w roku 2002
							2001	2002	
35	Żarnowiec – Lisówki	Q	LZWP	źródło		LS	III	III	Przew, NO <sub>3</sub>
36	Wysogotowo 1	Q	LZWP	25,0	1,2	LS	II	II	
37	Wysogotowo 3	Tr	LZWP	128,0	69,0	LS	III	Ib	
38	Komorniki	Tr	LZWP	117,0	79,0	ZM	III	II	
39	PST drenaż	Q	LZWP	drenaż		ZM	III	II	Przew, HCO <sub>3</sub>
41	Poznań Malta Decor	Tr	LZWP	118,0	67,5	ZM	II	III	HCO <sub>3</sub>
42	Gruszczyn	Q	144	88,0	41,0	ZW	III	II	
45	Witkowo	Q	144	96,5	55,0	ZM	III	III	Przew, Mętn, Fe, HCO <sub>3</sub>
46	Budzisław	Q	144	73,0	41,5	ZW	III	II	NH <sub>4</sub> , HCO <sub>3</sub>
47	Wilczyn	Tr	143	106,0	64,0	ZM	II	II	Mn, NH <sub>4</sub> ; HCO <sub>3</sub>
48	Ślesin	Q	LZWP	31,0	3,0	LS	III		
49	Biele	K	151	101,0	19,5	ZW	II	II	Przew, NH <sub>4</sub> , HCO <sub>3</sub>
51	Żarowo	Q	LZWP	34,0	19,5	ZW	III	III	Mętn, Fe
52	Kopanki	Q	144	97,0	41,0	ZW	III	Ib	
53	Słocin	Q	LZWP	37,0	10,0	ZW	III	II	Przew, Mętn, K
55	Jeziory SE UAM	Q	144	37,6	19,7	LS	III	II	
56	Puszczykowo Szpital	Q	144	35,0	0,0	LS	III		
57	Poznań Głuszyna	Q	144	54,5	18,0	ZW	III	II	Przew, Mętn, HCO <sub>3</sub>
58	Żabno Dromost	Q	150	17,0	0,0	ZW	III	II	Przew, HCO <sub>3</sub>
59	Orkowo	Q	150	22,0	1,7	ZW	III	II	
60	Września	Tr	LZWP	150,0	93,0	ZM	II	II	HCO <sub>3</sub>
61	Pietrzyków	Tr	LZWP	93,0	47,0	ZW	III	II	Przew, NH <sub>4</sub>
62	Słupca	K	LZWP	95,0	18,0	ZW	III	Ib	
63	Golina	K	LZWP	80,0	32,7	ZM	III	II	
64	Konin – Maliniec	K	151	125,6	43,8	LS	II	II	Przew, HCO <sub>3</sub>
65	Krzymów	K	151	60,0	-	ZM	II	II	
66	Koło	K	151	50,0	3,0	ZM	III	II	Metn, NH <sub>4</sub>
67	Bylice	K	LZWP	150,0	70,0	ZW	III	III	Przew, Na, NH <sub>4</sub> , Cl, HCO <sub>3</sub>
68	Straszków	Q	LZWP	62,0	45,5	BZ	III	III	Przew, Metn
69	Brońsko	Q	150	26,0	0,0	ZW	III	II	Mętn, Mn, F
70	Kościan	Tr	LZWP	104,0	58,5	ZW	III	III	Przew, Mętn, F, PO <sub>4</sub> , Sp, ChZT, HCO <sub>3</sub>
71	Kościan	Q	LZWP	28,0	7,5	LS	III	III	Przew, Mętn, K, Fe, Mn, F, SO <sub>4</sub> , ChZT, HCO <sub>3</sub>
72	Solec	Tr	LZWP	103,5	57,0	ZW	III	II	HCO <sub>3</sub>
73	Stęgosz	Tr	LZWP	120,0	81,0	ZW	III	II	Mętn
74	Śmielów	J	LZWP	144,0	64,0	ZW	III	III	Przew, K, NH <sub>4</sub> , Mn
75	Gąsiorów	Q	150	20,0	0,0	BZ	III	II	Przew, Mn
77	Grodziec	Tr	LZWP	58,6	46,7	ZM	II	II	
78	Władysławów	K	151	100,0	40,0	ZM	II	Ib	
79	Kaszczor	Tr	LZWP	142,5	65,3	NU	II	II	PO <sub>4</sub> , Sp
80	Brenno	Q	304	31,8	3,4	BZ	II	II	F
81	Boszkowo	Q	LZWP	źródło		BZ	II	III	Przew, NO <sub>3</sub> , F
82	Włoszczakowice	Q	LZWP	28,5	16,8	ZW	II	Ib	
83	Boguszyn	Q	LZWP	69,0	62,0	ZW	III	III	Mętn,

Nr punktu na mapie.	Lokalizacja	Poziom	Zbiornik	Głębokość	Miaższość izolacji	Zagospodarowanie	Ocena jakości w roku 2002		Wskaźniki o stężeniach odpowiadających wodzie niskiej jakości III/NOK w roku 2002
							2001	2002	
84	Robaczyn	Q	LZWP	27,0	13,0	BZ	III	III	<b>Mętn</b> , Fe, Mn
85	Lipno	Tr	LZWP	149,0	93,5	ZW	III	III	Przew, NH <sub>4</sub> , F, PO <sub>4</sub> , HCO <sub>3</sub>
86	Leszno– Akwawit	Q	305	58,5	45,0	ZM	III	III	<b>Mętn</b>
87	Leszno-Strzyż.	Tr	LZWP	134,0	70,0	LS	III	III	HCO <sub>3</sub>
88	Garzyn	Q	LZWP	67,0	33,6	ZW	III	III	<b>Mętn</b> , Fe, HCO <sub>3</sub> ,F, Mn
89	Drobin	Tr	LZWP	146,0	109,7	ZW	III	III	<b>Przew</b> , Na, <b>NH<sub>4</sub></b> , Cl, PO <sub>4</sub> , Sp, HCO <sub>3</sub>
90	Gostyń	Q	308	26,0	2,0	LS	III	III	<b>Przew</b> , K, Mn, HCO <sub>3</sub> ,Sp
91	Ostrowo	Q	308	39,0	26,0	BZ	III	III	Przew, <b>Mętn</b> , Fe, Mn, Sp, HCO <sub>3</sub>
92	Jeżewo	Tr	LZWP	160,0	135,6	ZW	III	III	Przew, NH <sub>4</sub> , HCO <sub>3</sub>
93	Wilkowyja	Q	LZWP	23,0	0,0	ZW	III	II	
94	Jarocin	Tr	LZWP	170,0	129,0	ZM	II	II	HCO <sub>3</sub>
95	Kotlin	Tr	LZWP	141,0	120,0	ZW	II	II	
96	Lenartowice	J	LZWP	192,0	64,0	ZW	III	II	
98	Janków	K	LZWP	115,0	70,0	ZW	II	III	<b>Mętn</b> , <b>Barwa</b> , HCO <sub>3</sub>
100	Marcjanów	K	151	124,5	11,0	ZW	II	II	
101	Golina	Q	LZWP	53,0	35,2	BZ	III	III	<b>Mętn</b>
102	Drzewce	Q	LZWP	32,0	0,0	LS	III	III	Przew, <b>Mętn</b>
103	Smolice	Q	LZWP	53,0	33,6	BZ	III	II	Mętn
104	Koźmin	J	LZWP	292,0	132,0	ZM	II	Ib	
105	Kucharki	Q	LZWP	46,5	0,0	ZW	III	II	NO <sub>3</sub>
106	Gołuchów	J	LZWP	200,0	79,0	ZW	II	Ib	
108	Trojanów	J	LZWP	80,0	22,0	LS	II	Ib	
109	Szczytniki	J	LZWP	135,0	81,0	BZ	Ib	Ib	
110	Lisków	K	LZWP	121,0	75,5	ZW	II	II	
111	Rawicz – Załęczce	Q	LZWP	45,0	29,5	LS	III	II	Mętn, F
112	Rawicz – Gazomet	Tr	LZWP	155,0	56,5	ZM	III	III	Przew, NH <sub>4</sub> , Fe, PO <sub>4</sub> , HCO <sub>3</sub>
113	Konary	Q	LZWP	46,0	16,0	ZW	III	III	Przew, <b>Mętn</b> , Fe, Sp, F
114	Szymonki	Q	LZWP	57,0	37,8	BZ	II	Ib	
115	Zduny	Q	309	87,0	25,0	ZM	II	II	Mętn
116	Chwaliszew	Q	309	38,0	4,0	ZW	II	II	Mętn
117	Odolanów	Q	303	35,0	17,0	ZM	II	Ib	Przew, Mn, F, Eh;
118	Świeca	Q	303	92,0	4,0	ZW	II	II	PO <sub>4</sub>
120	Ostrów Wlkp.	Q	310	66,0	-	ZM	III	II	Przew, Mętn,Fe,
122	Józefów	Q	311	58,0	0,0	BZ	II	II	PO <sub>4</sub>
123	Szklarka	Q	LZWP	65,0	0,0	BZ	II	Ib	
124	Chlewno	Tr	LZWP	100,0	50,0	ZW	II	II	Mętn, Barwa
125	Grabów	Q	311	68,0	0,0	ZW	III	III	<b>Mętn</b> , NH <sub>4</sub> , MN, PO <sub>4</sub>
127	Jankowy	Q	LZWP	26,5	7,0	ZW	II	II	
128	Piotrówka	Q	LZWP	75,0	31,0	ZW	III	III	NO <sub>3</sub> ,F
129	Trzcinica	Q	LZWP	55,5	19,0	BZ	II	II	

GZWP:

133 – numer głównego zbiornika wód podziemnych, LZWP – Lokalny Zbiornik Wód Podziemnych

Stratygrafia:

Q – czwartorzęd, Tr – trzeciorzęd, J – jura, K – kreda,

Głębokość otworu: głębokość stropu warstwy wodonośnej w metrach poniżej poziomu terenu;

Zagospodarowanie: terenu w odległości do 100 m od otworu: BZ – brak zabudowy, ZM – zabudowa miejska, ZW – zabudowa wiejska, LS – lasy, NU – nieużytki trwałe;

<i>Klasa wód:</i>	Ia – wody najwyższej jakości, Ib – wody wysokiej jakości, II – wody średniej jakości, III – wody niskiej jakości; NOK – poza klasą;
<i>Wskaźniki:</i>	Al – glin, B – bor, Ba – bar, ChZT – utlenialność (ChZT-Mn), Cl – chlorki, Cr – chrom, Eh – potencjał redox, F – fluor, Fe – żelazo, Hg – rtęć, Mn – mangan, HCO <sub>3</sub> – wodorowęglany, PO <sub>4</sub> – fosforany, Przew. – przewodnictwo elektrolityczne właściwe, K – potas; Na – sód, NH <sub>4</sub> – azot amonowy, NO <sub>3</sub> – azot azotanowy, Sb – antymon, Se – selen, SiO <sub>2</sub> – krzem, Sp – sucha pozostałość.

### 3. Charakterystyka użytkowych zbiorników wodonośnych

W obrębie województwa wielkopolskiego znaczenie użytkowe mają wody czterech pięter wodonośnych: jurajskiego, kredowego, trzeciorzędowego i czwartorzędowego.

#### Czwartorzędowe piętro wodonośne

W tym piętrze wodonośnym w pewnym uproszczeniu można wyróżnić trzy podstawowe typy struktur hydrogeologicznych (hydrostruktur), w których odmienne są warunki występowania, zasilania i drenażu wód podziemnych:

- A) struktury wodonośne międzymorenowe najczęściej o charakterze kopalnych dolin interglacialnych z okresów interglacjału wielkiego, eemskiego oraz interstadialnych - z okresów pomiędzy poszczególnymi stadiałami zlodowaceń,
- B) struktury wodonośne sandrowe,
- C) struktury wodonośne pradolinne i dolinne, związane najczęściej ze schyłkowymi fazami stadiałów i zlodowaceń.

Prawie wszystkie czwartorzędowe GZWP na obszarze województwa wielkopolskiego można zaliczyć do jednego z powyższych typów struktur hydrogeologicznych.

I tak do typu (A) należą następujące GZWP: nr 126 (zbiornik Szczecinek), nr 125 (zbiornik Wałcz-Piła), nr 133 (zbiornik Wysoka-Młotkowo), nr 139 (dolina kopalna Smogulec-Margonin), nr 144 (wielkopolska dolina kopalna), nr 145 (dolina kopalna Szamotuły-Duszniki), nr 309 (zbiornik międzymorenowy Smoszew-Chwaliszew-Sulmierzyce), nr 305 (zbiornik międzymorenowy Leszno), nr 308 (zbiornik międzymorenowy rzeki Kania), nr 310 (zbiornik doliny kopalnej rzeki Ołobok).

Należy przypomnieć, że niektóre z GZWP nie posiadają całkowitej izolacji poziomem glin lodowcowych i poprzez okna hydrogeologiczne typu erozyjnego łączą się z innymi strukturami hydrogeologicznymi. Przykładem takiego układu jest np. GZWP nr 304, GZWP nr 144 w rejonie Mosiny koło Poznania itd.

Wśród wymienionych GZWP tego typu dla województwa wielkopolskiego jako regionu największą wartość przedstawia GZWP nr 144 (wielkopolska dolina kopalna) nie tylko z powodu swej rozciągłości, lecz także dużej miąższości, a także zasobności.

Do typu (B) struktur hydrogeologicznych należy GZWP nr 307 (sandr Leszna).

Do typu (C) należą przede wszystkim GZWP nr 150 (pradolina warszawsko-berlińska), nr 138 (pradolina Noteci). Ponadto można tu umownie zaliczyć GZWP nr 311 (dolina Proсны) oraz fragment GZWP nr 303 (pradolina Barycz-Głogów).

W tym miejscu należy zwrócić uwagę, że ten typ hydrostruktur często rozcina niżej ległe utwory czwartorzędowe i częściowo także trzeciorzędowe i może się łączyć ze starszymi piętrami wodonośnymi {np. z utworami trzeciorzędu i/lub kredy – GZWP nr 150 lokalnie łączy się z GZWP nr 151 (kreda) i 143 (trzeciorzęd)}.

Zaliczone do typu B i C struktury są silnie narażone na zanieczyszczenia antropogeniczne ze względu na swój „odkryty” charakter (intensywna wymiana pomiędzy wodami infiltracyjnymi a podziemnymi).

Poza tymi strukturami o charakterze GZWP, na terenie Wielkopolski zasobnymi w wodę są także osady aluwialne współczesnych dolin rzecznych. Dotyczy to w szczególności Warty, Proсны i Noteci. Są one wykorzystywane często do budowy ujęć infiltracyjnych. Odkryty charakter struktur, często mała miąższość holocenijskich osadów rzecznych, w tym także brak wyraźnej granicy z plejstocenijskimi osadami typu pradolinne powodują, że np. holocenijskie osady wodonośne doliny Proсны czy też doliny Warty koło Poznania są włączane do struktur hydrogeologicznych typu C lub nawet A.

Główne Zbiorniki Wód Podziemnych Wielkopolski (z wyjątkiem GZWP nr 306, którego tylko niewielki brzeżny fragment znajduje się w województwie) przedstawiono na załączniku nr 1.

Zwrócić należy uwagę na dwa GZWP (nr 144 i 150), które mają znaczenie nie tylko dla regionu Wielkopolski, ale znaczenie ponadregionalne, bowiem równoleżnikowo przecinając obszar Wielkopolski rozciągają się na zachód i wschód.



Powyższa charakterystyka GZWP nie oznacza, że poza obszarami ich wydzielenia, brak użytkowych wód podziemnych. Jest szereg struktur lokalnych, np.:

- o charakterze pradolin, dolin i dolin kopalnych – np. pradolina żerkowsko-rydzińska (ujęcie dla Jarocina), rejon Suchego Lasu, Rakoniewic,
- o charakterze zbiorników międzymorenowych (ujęcie dla Pniew, Lwówka),
- o charakterze zbiorników sandrowych (sandr nowotomyski, Gwdy, Sierosławski itd. z pojedynczymi ujęciami wiejskimi).

#### **Trzeciorzędowe piętro wodonośne**

Wody z utworów trzeciorzędowych wykorzystywane są w miejscach, gdzie brak użytkowych zbiorników wód podziemnych w utworach czwartorzędu. Serie wodonośne stanowią piaszczyste osady miocenu, lokalnie także oligocenu, zalegające najczęściej na głębokości > 100 m. Są one często przewarstwione łałami, mułkami, węglem brunatnym. W bezpośrednim nadkładzie występuje miąższa, dobrze izolująca od wpływów powierzchniowych, seria łałów poznańskich górnego miocenu. Lokalnie seria ta jest intensywnie glacitektonicznie zaburzona, co sprawia, że jej izolacyjny charakter bywa przerywany (np. rejon Wzgórz Ostrzeszowskich, Pożegowa koło Mosiny, Wału Lwówecko-Rakoniewickiego). Ciągłość serii izolacyjnej bywa także przerywana w głębokich rynnach erozyjnych (kopalnych i współczesnych), powodując łączność hydrauliczną wodonośnych utworów trzeciorzędu i czwartorzędu (np. GZWP nr 143, 146).

W utworach trzeciorzędowych Wielkopolski wydzielono kilka GZWP w strefach o najkorzystniejszych warunkach hydrogeologicznych (np. nr 146, 143, 127), które sytuują się w centralnej, północnej i wschodniej części województwa.

Poza GZWP piętro wodonośne trzeciorzędu ujmowane jest także szeregiem rozrzuconych po obszarze województwa pojedynczych ujęć.

Ograniczeniem w powszechnym użytkowaniu wód z utworów trzeciorzędu jest lokalnie podwyższona lub wręcz wysoka barwa oraz zasolenie.

#### **Kredowe piętro wodonośne**

Piętro to o znaczeniu użytkowym występuje we wschodniej części województwa w rejonie Konina, Turka, Koła, Sompolna, Stawiszyna, Dębia. Budują je spękane osady marglisto-wapienne kredy górnej. Wody piętra kredowego ujmowane są na głębokości od kilkudziesięciu do 150 metrów.

Jako GZWP nr 151 utwory kredy są wydzielane w tzw. zbiorniku Turek-Konin-Koło, lokalnie tworząc układ piętrowy w łączności hydraulicznej z nadległym GZWP nr 150 z utworów czwartorzędowych (pradolina warszawsko-berlińska).

#### **Jurajskie piętro wodonośne**

Użytkowe piętro wodonośne w utworach jury występuje głównie w południowej i środkowej części regionu kaliskiego na głębokości rzędu 200–300 metrów oraz w rejonie Piły, gdzie jest ono w związku hydraulicznym z wodonośnymi utworami trzeciorzędu (oligocenu). Piętro to nie tworzy na obszarze województwa wielkopolskiego Głównego Zbiornika Wód Podziemnych.

## **4. Potencjalne zagrożenia dla jakości wód o zasięgu regionalnym**

Dla potrzeb oceny tych zagrożeń przeanalizowano:

- wielkość i przestrzenny rozkład emisji zanieczyszczeń powietrza atmosferycznego (emisje pyłowe i gazowe) w latach 2000 i 2001,
- zanieczyszczenie opadów atmosferycznych w latach 2000 i 2001,
- przestrzenne rozmieszczenie obszarów o intensywnej eksploatacji wód do picia i obszarów intensywnego drenażu górniczego, w tym także składowisk kopalnianych i energetycznych,
- przestrzenne rozmieszczenie obszarów użytkowanych rolniczo.

W roku 2000 największą emisję zanieczyszczeń pyłowych stwierdzono w miastach Konin i Poznań oraz powiatach Turek, Konin, Czarnków-Trzcianka, przy czym najwięcej zanieczyszczeń powstaje na terenie powiatu tureckiego i stanowią one 9,6% emisji z województwa. Miasto Konin odpowiada natomiast za 35% wojewódzkich emisji zanieczyszczeń pyłowych.

Najwyższy udział w emisji zanieczyszczeń gazowych na miasto Konin (59% zanieczyszczeń województwa). Wysokie emisje gazowe zarejestrowano także w powiecie tureckim (19,8% emisji województwa) oraz w powiecie Ostrów Wlkp.

Rok 2001 jest porównywalny z rokiem 2000. Nadal obszary miast Kalisz, Konin, Leszno i Poznań decydowały o 51% emisji pyłów w województwie oraz 72,5% emisji zanieczyszczeń gazowych. Nadal powiatem, na terenie którego powstaje najczęściej zanieczyszczeń pyłowych i gazowych jest Turek i Ostrów Wlkp., a miastem – Konin (odpowiednio 32,8% i 59,9%). Centrami emisji NO<sub>2</sub> jest Poznań i Ostrów Wlkp., emisji SO<sub>2</sub> – Ostrów Wlkp.

Część zanieczyszczeń powietrza wraz z opadami jest przenoszona na powierzchnię ziemi i dalej do środowiska wodnego.

Obszary intensywnego drenażu górniczego to tereny KWB „Konin” i „Adamów”. Złóża konińskie z odkrywkami Pątnów, Kazimierz Południe, Kazimierz Północ, Józwin, Lubstów w swej południowej części zostały już wyeksploatowane i zazwałowane. Złóża KWB „Adamów” eksploatowane są w 3 odkrywkach: Adamów, Władysławów i Koźmin. Odkrywka Bogdałów została już wyeksploatowana i zazwałowana nadkładem odkrywki Koźmin.

Z eksploatacją węgla brunatnego wiąże się powstanie leja depresji o zasięgu regionalnym. W oparciu o mapy hydroizopiez poziomu trzeciorzędowo-kredowego (Sawicki, 2000) wyróżnić można następujące ośrodki drenażu górniczego:

1. ośrodek drenażu zespołu odkrywek Pątnów, Józwin i Kazimierz, o zlewni o powierzchni około 350 km<sup>2</sup>, z depresją do rzędnych 30 – 55 m npm,
2. ośrodek drenażu odkrywki Lubstów o zlewni o powierzchni około 100 km<sup>2</sup>, z depresją do rzędnej 50 m npm,
3. ośrodek drenażu zespołu odkrywek Adamów, Koźmin i Władysławów, o łącznej powierzchni blisko 500 km<sup>2</sup>, z centrami depresji na rzędnych (odpowiednio): 62,5 m npm, 55 m npm oraz 72 m npm.

Odkrywki te spowodowały powstanie leja depresji także w poziomie czwartorzędowym, jednak o zasięgu mniejszym niż w poziomie trzeciorzędowo-kredowym.

Powstał także lej depresji ujęcia wód podziemnych „Mosina” dla aglomeracji poznańskiej. Oczywistym jest, że jego powierzchnia nie jest porównywalna z powierzchnią zdepresjonowania, wywołaną działalnością górniczą. Uznano jednak, że to oddziaływanie ma charakter subregionalny.

Z górnictwem węgla brunatnego oraz przemysłem energetycznym w rejonie konińsko-tureckim wiąże się także składowanie odpadów na zwałowiskach wewnętrznych i zewnętrznych.

W latach 1998–1999 (według Rocznika statystycznego województwa wielkopolskiego, 2000) powierzchnia zasiewów ogółem wynosiła 1.536–1.520 tys. hektarów. Zużyto ogółem 217494 Mg nawozów, co w przeliczeniu na 1 ha daje średnie zużycie rzędu 117,4 kg, w tym:

- nawozów azotowych – 73,3 kg/ha,
- nawozów fosforowych – 19,0 kg/ha,
- nawozów potasowych – 26,1 kg/ha.

Oznacza to, że średnie zużycie nawozów azotowych w województwie, po olbrzymim spadku rejestrowanym w początku lat 90-tych, znowu osiągnęło maksymalny poziom krajowy, jaki obserwowano na przełomie lat 70-tych i 80-tych. Nadal utrzymuje się natomiast niski poziom nawożenia nawozami fosforanowymi i potasowymi.

Największy udział użytków rolnych (>75%) posiadają powiaty Słupca, Koło, Kościan, Gostyń i Rawicz, zaś najmniejszy (<50%) – powiaty północnej i północno-zachodniej części województwa – Złotów, Czarnków i Międzybóże. Te ostatnie z kolei mają największy procent powierzchni lasów. W sumie użytki rolne stanowią ~63,6% powierzchni ogólnej województwa (lasy – 25,3%).

Zagrożenie wód podziemnych o zasięgu regionalnym stanowi również zatopiona kopalnia soli w Wapnie. W roku 1977 doszło tu do katastrofального wdarcia się wód do wyrobisk soli, co spowodowało uaktywnienie systemu krążenia wód podziemnych. Powoduje to zintensyfikowany przepływ wód o podwyższonym zasoleniu do otaczającego wysad solny użytkowego poziomu mioceńsko-oligocenijskiego.

## 5. Stan warunków meteorologiczno-hydrologicznych

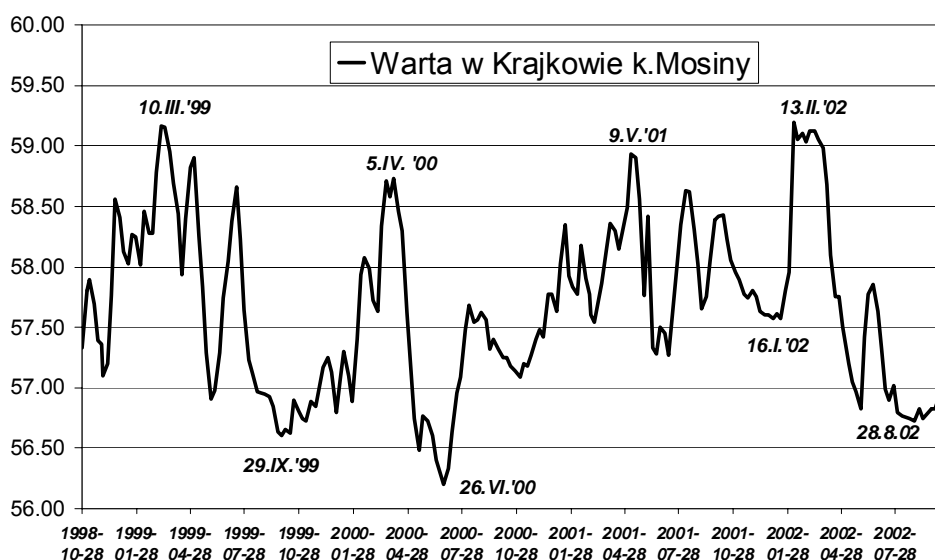
Spśród trzech ostatnich lat zdecydowanie najbardziej wilgotnym był rok 2000 z wysokością opadów rocznych: 611 mm w Poznaniu i 653 mm w północno-zachodniej części województwa. Dwa kolejne lata (2001, 2002) cechowały się opadami o 120 mm niższymi.

Przy rozpatrywaniu stanów wód podziemnych ważną rzeczą jest wykazanie ich zmienności w dłuższych przedziałach czasowych, co wiąże się z charakterem poziomów wodonośnych cechujących się zróżnicowaną inercją: podziemne wody swobodne, podziemne wody naporowe. Istotnym zagadnieniem jest również jedność wód powierzchniowych i podziemnych, pozostających we wzajemnych ścisłych związkach hydraulicznych.

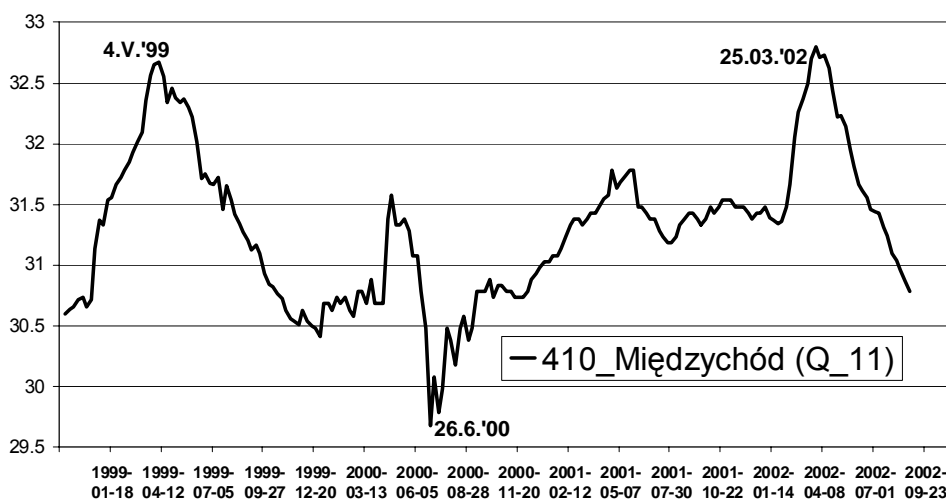
nych w obrębie płytkich systemów krążenia. Na rysunkach przedstawiono charakterystykę stanów rzeki Warty w rejonie Poznania oraz stanów wód podziemnych w jej dolinie w rejonie Międzychodu, a więc przy północno-zachodniej granicy województwa, za okres czterech ostatnich lat; począwszy od 1998/1999 do 2001/2002 roku hydrologicznego.

W wymienionym okresie miały miejsce coroczne zimowo-wiosenne wezbrania rzeki Warty, których maksima zaznaczono na rysunku 1. Wyróżniają się jako największe: z 1999 roku (10.III) oraz z 2002 roku (13.II). W okresie omawianego czterolecia zaistniały również trzy wyraźne niżówki Warty: jesienna – wrzesień 1999 roku, letnia – czerwiec 2000 oraz również letnia – z przesunięciem na późne lato – sierpień i wrzesień 2002 roku. Wyższe od przeciętnych stany rzeki Warty utrzymywały się w okresie od jesieni 2000 roku do wiosny 2002 roku, a więc przez blisko 1,5 roku, co znalazło swój wyraz w postaci wykresu, przedstawionego z obserwacji wód podziemnych w punkcie nr 410 monitoringu krajowego, położonego w obrębie doliny Warty w Międzychodzie (patrz rys. 2).

Wykres stanów wód podziemnych na rysunku 2 wykazuje bardzo wysokie podobieństwo do głównych elementów postaci wykresów stanów rzeki Warty w rejonie Poznania (rys. 1), co pozwala przyjąć, że oba te wykresy dobrze ilustrują stan warunków meteorologiczno-hydrologicznych w analizowanym okresie na obszarze województwa wielkopolskiego.



Rys. 1. Stany Warty w Krajkwie koło Mosiny w okresie listopad 1998 – październik 2002



Rys. 2. Stany wód podziemnych w dolinie rzeki Warty w rejonie Międzychodu w okresie listopad 1998 – październik 2002

## 6. Wyniki badań jakości wód podziemnych i ich interpretacja

### 6.1. Ogólna charakterystyka jakości wód podziemnych w świetle klasyfikacji zalecanej przez GIOŚ oraz zestawień statystycznych

Na podstawie analiz wykonanych w ramach monitoringu w latach 2001 i 2002 we wszystkich studniach (należących zarówno do sieci regionalnej jak i krajowej) przeprowadzono statystyczną ocenę stanu jakościowego wód podziemnych w oparciu o klasyfikację jakościową zalecaną przez GIOŚ.

W roku 2001 w zbiorze obejmującym 171 studni, zaledwie jedna studnia ujmowała wody najwyższej jakości (klasa Ia), co stanowiło 0,6 % ogółu studni.

Wody wysokiej jakości – klasa Ib – ujmowało 17 studni, czyli 15,2 %.

Najliczniejszą grupę stanowiły studnie zaliczone do II klasy jakościowej – 41,4 %, a więc studnie ujmujące wody o średniej jakości. Wodę o niskiej jakości – klasa III – stwierdzono w 35,7 % studni, natomiast wodę nie mieszczącą się w klasach jakości (NOK) w 7 % studni.

Wyniki monitoringu przeprowadzonego w roku 2002 wykazały, że najliczniejszą grupę stanowią również studnie ujmujące wodę średniej jakości (klasa II) – 46,98 %. Wody wysokiej jakości zaliczone do klasy Ib ujmowało 14,45 % studni, natomiast żadnej ze studni wchodzącej do sieci monitoringu nie zaliczono do klasy Ia (wody o najwyższej jakości).

W klasie III – wód o niskiej jakości – w roku 2002 znalazło się 30,72 % studni, a wodę zanieczyszczoną w sposób przekraczający klasę III stwierdzono w 8,43 % studni.

Dla dokonania statystycznej oceny stanu jakościowego wód podziemnych z uwzględnieniem głębokości eksploatowanego poziomu wodonośnego, podzielono studnie należące do sieci monitoringu krajowego i regionalnego na trzy grupy głębokościowe, niezależnie od wieku osadów.

W skład pierwszej grupy weszły studnie o głębokości do 30 m, a więc studnie kopane i wiercone ujmujące w większości niez izolowane bądź słabo izolowane poziomy wodonośne.

Do drugiej grupy zaliczono studnie o głębokości 30–60 m, które w większości ujmują wody podziemne przykryte kilku lub kilkunastometrową warstwą osadów izolujących przed zanieczyszczeniami antropogenicznymi.

W skład trzeciej grupy weszły studnie głębokie, o głębokości powyżej 60 m, a więc studnie eksploatujące głębsze poziomy z utworów czwartorzędowych, trzeciorzędu i poziomów głębszych.

Wyliczenia i ocenę stanu jakościowego wód podziemnych przeprowadzono odrębnie dla wyników monitoringu z roku 2001 i 2002.

Tabela 4.

Klasy jakości wód w przedziałach głębokościowych (2001 rok)

Rok 2001 Klasa według PIOŚ	Liczba studni	% studni	0–30m		30–60m		>60m	
			n	%	n	%	n	%
Ia	1	0,6	-	0,0		0,0	1	1,2
Ib	26	15,2	2	3,9	9	25,0	15	17,9
II	71	41,4	12	23,5	18	50,0	41	48,8
III	61	35,7	27	52,9	8	22,2	26	30,9
NOK	12	7,0	10	19,6	1	2,8	1	1,2
RAZEM	171	100,0	51	100,0	36	100,0	84	100,0

Monitoring z roku 2001 wykazał, że wśród studni ujmujących wody podziemne z głębokości do 30 m przeważały wody klasy III – 52,9 % oraz klasy II – 23,5 %. Nie występowały wody o najwyższej jakości (klasy Ia), a wody o wysokiej jakości – klasa Ib, stanowiły jedynie 3,9 %. W studniach objętych monitoringiem aż 19,6 % stanowiły wody o jakości nie mieszczącej się w klasie III.

W tym przedziale głębokości znalazło się również 15 studni kopanych, ze swojej natury najbardziej narażonych na zanieczyszczenia. W grupie tej, aż 53 % studni ujmowało wodę klasy III, a 43 % – wodę o jakości nie mieszczącej się w klasyfikacji (NOK).

Znacznie lepsza jakość wody była w grupie studni o głębokości 30–60 m. W tej grupie 50 % studni ujmowało wody średniej jakości – klasy II, a 25 % wody wysokiej jakości. W klasie III obejmującej studnie o niskiej jakości znalazło się 22,2 % studni, a grupa nie mieszcząca się w klasyfikacji obejmowała 2,8 % studni.

W grupie studni głębokich dominowały wody klasy II – 48,8 % i III – 30,9 %, przy czym o przynależności do tych klas decydowały w większości przypadków parametry jakościowe powiązane z czynnikami geogenicznymi a nie antropogenicznymi. Grupa studni ujmujących wody o najwyższej jakości (klasa Ia i Ib) obejmowała łącznie 19,1 % studni.

Tabela 5.

Klasy jakości wód w przedziałach głębokościowych (2002 rok)

Rok 2002 Klasa według PIOŚ	Liczba studni	% studni	0–30m		30–60m		>60m	
			n	%	n	%	n	%
I		0,0		0,0		0,0		0,0
Ia		0,0		0,0		0,0		0,0
Ib	24	14,4	5	10,0	6	18,8	13	15,5
II	78	46,9	9	18,0	18	56,3	51	60,7
III	50	30,4	23	46,0	8	25,0	19	22,6
NOK	14	8,4	13	26,0		0,0	1	1,2
RAZEM	166	100,0	50	100,0	32	100,0	84	100,0

W grupie studni płytkich (do 30 m) w 2002 roku 10,0 % stanowiły studnie ujmujące wody wysokiej jakości (klasa Ib) oraz 18,0 % wody średniej jakości – klasa II. Nadal najliczniejszą grupę 46,0 % stanowiły studnie o wodzie niskiej jakości (klasa III), a wody pozaklasowe 26 %.

W roku 2002 badaniami fizyczno-chemicznymi objęto tylko 12 studni kopanych. Około 67 % (8 studni) ujmowało wodę pozaklasową, a reszta wodę o niskiej jakości mieszczącą się w III klasie.

Wśród studni głębszych (30–60 m) najliczniejsza była grupa studni ujmująca wody klasy II – 56,3 %. Wysoką jakość wody klasy Ib stwierdzono w ponad 18 % studni, co jest wynikiem gorszym od stwierdzonego w roku 2001. Wody niskiej jakości (klasa III) występują w 25,0 % studni, natomiast nie zaobserwowano wód pozaklasowych.

W studniach głębokich 60,7 % to studnie ujmujące wody klasy II, a 15,48 % wody klasy Ia.

Wody o niskiej jakości (klasa III) występowały w 22,6 % studni, a więc nieco mniej niż w roku 2001. O zaliczeniu do niższych klas jakościowych w tej grupie studni decydowały najczęściej zanieczyszczenia o charakterze geogenicznym, takie jak chlorki, amoniak lub barwa.

Zarówno w monitoringu z roku 2001 jak i 2002 o zaliczeniu wody do niskiej klasy jakościowej (klasa III oraz NOK), decydowało najczęściej przekroczenie takich wskaźników jakościowych jak: związki azotowe (azot amonowy, azot azotynowy i azotanowy), żelazo, bor, potas, sód i wysokie przewodnictwo właściwe. Znacznie rzadziej o niskiej klasie jakości decydowało stężenie manganu, siarczanów, fosforanów lub barwa.

Na podstawie wyników monitoringu wykonanego w roku 2002 można zaobserwować pewną poprawę jakości wód podziemnych w ujęciu statystycznym w stosunku do roku 2001.

## 6.2. Rozpoznanie głównych czynników i procesów warunkujących degradację jakości wód podziemnych w oparciu o makroskładniki i składniki podrzędne

Degradacja jakości wód podziemnych w wyniku oddziaływań antropogenicznych może być efektem:

- wprowadzania zanieczyszczeń z powierzchniowych ognisk (źródeł) zanieczyszczeń,
- wywoływania przemian hydrogeochemicznych w środowisku geologicznym,
- wywoływania zmian w naturalnych systemach krążenia wód podziemnych.

Szczegółowa analiza wyników monitoringu pozwala na zidentyfikowanie wpływu wszystkich trzech z wymienionych wyżej czynników, przy czym w wielu przypadkach obserwować możemy nakładanie się ich wpływu.

Teoretycznie wszystkie te przyczyny powinny się sumować na obszarze drenażu górniczego kopalni węgla brunatnego w rejonie konińsko-tureckim. Mamy tam bowiem do czynienia zarówno ze znacznym powierzchniowym występowaniem składowisk odpadów pogórnich (skały płonnej) oraz odpadów energetycznych, jak i z obniżeniem podstawy drenażu i wielkopowierzchniowymi obszarami leja depresji, co inicjuje szereg procesów w środowisku hydrogeochemicznym, (np. utlenianie siarczków i substancji organicznej, rozpuszczanie węglanów, procesy towarzyszące mieszanemu się różnych typów wód, itp.). Istniejąca sieć monitoringu regionalnego i krajowego nie dostarcza jednak dokumentów na ten rodzaj oddziaływań antropogenicznych. Także sieć lokalna nie dokumentuje negatywnego wpływu eksploatacji węgla na jakość

wód. Natomiast na terenach zrehabilitowanych są pierwsze sygnały pogarszania się stanu jakości (por. *Określenie wpływu wyrobisk kopalnianych...*, Proxima, Wrocław, 2002).

### **Degradacja jakości będąca efektem wprowadzania zanieczyszczeń do środowiska geologicznego**

Najistotniejszym czynnikiem degradacji jest oczywiście czynnik a), który oddziałuje znacząco na jakość płytkich i słabo izolowanych zbiorników. Charakter oddziaływania jest jednak zróżnicowany i zależy od:

- charakteru zagospodarowania terenu w obszarze zasilania punktu monitoringowego,
- warunków migracji zanieczyszczeń,
- rodzaju ujęcia wody,
- głębokości poziomu zafiltrowania.

Wpływ rodzaju ujęcia zaznacza się w szczególności w odniesieniu do studni kopanych, badanych w ramach monitoringu państwowego (15 punktów). Wody z tych studni są najsilniej zanieczyszczone. Obserwuje się tu również specyficzny charakter zanieczyszczeń. Występują tu nie tylko podwyższone stężenia azotanów, chlorków, siarczanów i azotu amonowego (co jest typowe dla płytkich zanieczyszczonych poziomów wodonośnych), ale również wysokie stężenia fosforanów, potasu, węgla organicznego i substancji organicznych. Odzwierciedlają się więc nie tylko zanieczyszczenia migrujące do wód podziemnych poprzez środowisko geologiczne, ale również przedostające się do studni drogą powietrzną oraz poprzez zmywy powierzchniowe migrujące do studni wzdłuż cembrowiny.

Zanieczyszczenia tego typu mogą pojawiać się również sporadycznie w przypadku studni wierconych w sytuacji wad konstrukcyjnych studni i otworów hydrogeologicznych (nie zamknięcie lub niewłaściwe zamknięcie płytkich zanieczyszczonych poziomów wodonośnych) lub niewłaściwego ich utrzymania (wlewanie się do studni zanieczyszczonych wód zaskórnych poprzez głowicę, przepływy pomiędzy poziomami w wyniku korozji rury nadfiltrowej). Zidentyfikowanie tych zjawisk wymaga jednak specjalnej procedury opróbowania obejmującej pobór próby po dłuższym postoju studni oraz po dłuższym okresie jej eksploatacji.

Rozpatrując obserwowane zanieczyszczenia w świetle pozostałych wymienionych wyżej czynników możemy wyróżnić kilka typowych schematów przejawów zanieczyszczenia:

- a) Cl, SO<sub>4</sub>, NO<sub>3</sub>, często również K,
- b) Cl, SO<sub>4</sub>,
- c) NO<sub>3</sub>,
- d) Cl, NH<sub>4</sub>, ChZT,
- e) SO<sub>4</sub>, twardość, Cl.

Najbardziej powszechny jest schemat „a”. Odzwierciedla on głównie wpływ terenów nieskanalizowanej zabudowy wiejskiej i miejskiej w warunkach sprzyjających pełnej mineralizacji aerobowej ścieków, odcieków, a także naturalnych nawozów organicznych. Zanieczyszczenia takie obserwujemy powszechnie w płytkich odkrytych i słabo izolowanych zbiornikach na terenach zabudowy (np. punkt monitoringu krajowego Tursko-Bogusław).

W głębszych, lepiej izolowanych zbiornikach przejawem zanieczyszczenia jest natomiast często tylko podwyższone stężenie chlorków i siarczanów (schemat „b”). Brak zanieczyszczenia azotanami wynika w tym przypadku głównie z ich pochłaniania przez biosferę na drodze filtracji (sorpcja biologiczna). Może też występować denitryfikacja azotanów, a pewne znaczenie może mieć także sorpcja chemiczna, co obserwuje się w przypadku środowiska wzbogaconego w tlenki i wodorotlenki żelaza (np. poziomy orsztyniczacji). Przykładem na ten schemat jest punkt monitoringowy sieci regionalnej – Strzelce.

Należy podkreślić, że pierwszym przejawem zanieczyszczenia w głębszych poziomach wodonośnych jest pojawianie się podwyższonych stężeń chlorków i siarczanów, co może poprzedzać pojawianie się również podwyższonych stężeń azotanów.

Na terenach rolniczych, poza wpływami innych ognisk, przejawem zanieczyszczenia jest głównie podwyższenie stężenia azotanów (schemat „c”), czemu towarzyszy na ogół niewielki wzrost chlorków i siarczanów, czasami również potasu. Zanieczyszczenia takie widoczne są głównie w odniesieniu do odkrytych lub słabo izolowanych poziomów wodonośnych (np. punkt 940 sieci krajowej – Sarbicko).

Na terenach zabudowy, a niekiedy również na terenach rolniczych obserwuje się zanieczyszczenia, których przejawem jest występowanie wysokich stężeń azotu amonowego i substancji organicznych, czemu może również towarzyszyć podwyższone stężenie chlorków i potasu (schemat „d”). Zanieczyszczenia takie są efektem migracji ścieków, odcieków i nawozów organicznych w warunkach uniemożliwiających ich pełną mineralizację w środowisku aerobowym. Występowaniu tego typu zanieczyszczeń sprzyja mała miąższość strefy aeracji lub jej brak (np. migracja zanieczyszczeń ze zbiorników lub rowów ściekowych znajdujących

się w bezpośrednim kontakcie hydraulicznym z poziomem wodonośnym). Przykładem tego procesu jest punkt sieci krajowej nr 497 w Kole.

Ostatni ze schematów „e” dotyczy warunków sprzyjających rozwojowi denitryfikacji autotroficznej azotanów. Proces ten rozwija się w sytuacji, kiedy w eksploatowanym poziomie wodonośnym panują warunki redukcyjne ze względu na naturalne cechy środowiska geochemicznego lub dopływ niezmineralizowanych ścieków i/lub nawozów organicznych i do takiego środowiska docierają jednocześnie wody wzbogacone w azotany. Rozwijający się wtedy proces denitryfikacji autotroficznej katalizowany mikrobiologicznie powoduje redukcję azotanów do azotu gazowego. W procesie tym powstają jednak duże ilości siarczanów, wzrasta również zakwaszenie, co powoduje wzrost twardości wody.

Opisany proces został zidentyfikowany na ujęciu w Inowrocławiu (Górski, Kaźmierczak-Wijura, 2002) i Gorzowie (Górski, 2002). Z badań monitoringowych wynika, że rozwija się on również na terenie województwa wielkopolskiego, a w szczególności w rejonie Gostynia (punkt monitoringu regionalnego – Gostyń).

W uzupełnieniu przedstawionych wyżej typowych przykładów zanieczyszczenia należy dodać, że niekiedy obserwować możemy zanieczyszczenia będące efektem mieszania się wód o różnym charakterze zanieczyszczenia. Najczęściej dotyczy to sytuacji, kiedy do studni dopływają zarówno wody o zanieczyszczeniu ze schematu „a” oraz „c”.

Przykłady przedstawionych schematów zanieczyszczeń antropogenicznych zaprezentowano w tabeli 6.

Tabela 6.

**Przykłady typowych zanieczyszczeń antropogenicznych wód podziemnych w świetle danych z monitoringu regionalnego i krajowego na terenie województwa wielkopolskiego w latach 2001–2002**

Lp.	Główne wskaźniki zanieczyszczenia	Główna przyczyna zanieczyszczenia	Procesy mające wpływ na przekształcenia zanieczyszczeń podczas migracji w środowisku geologicznym	Częstość i warunki występowania zanieczyszczenia	Nr punktu	Głębokość otworu
1	Cl, SO <sub>4</sub> , NO <sub>3</sub>	Ścieki i nawozy z terenów zabudowy	Utlenianie	Powszechna w płytkich, odkrytych i słabo izolowanych zbiornikach	455	9
2	Cl, SO <sub>4</sub>	Ścieki i nawozy z terenów zabudowy	Utlenianie, sorpcja biologiczna związków azotu, a lokalnie również chemiczna w środowisku geologicznym	Powszechna w głębszych zbiornikach izolowanych utworami słabo przepuszczalnymi.	10	29
3	NO <sub>3</sub> , słabo podwyższone Cl i SO <sub>4</sub>	Nawozy z terenów rolniczych	Utlenianie	Powszechna na terenach rolniczych w odkrytych i słabo izolowanych zbiornikach	940	6,2
4	NH <sub>4</sub> , ChZT, K, Cl	Ścieki i nawozy z terenów zabudowy, nawozy organiczne z terenów rolniczych	Mały wpływ procesów utleniania lub całkowity brak wpływu	Lokalne zanieczyszczenia na ogół tam, gdzie brak warunków do ich aerobowej mineralizacji	497	19
5	SO <sub>4</sub> , Cl, twardość	Dopływ ścieków i nawozy organiczne, a jednocześnie wód zanieczyszczonych azotanami	Denitryfikacja*	Zanieczyszczenia występują lokalnie, dotyczą izolowanych zbiorników znajdujących się w kontakcie z płytkimi wodami gruntowymi poprzez okna hydrogeologiczne	90	26

\* rozwojowi denitryfikacji sprzyjała długotrwała susza hydrologiczna z lat 1989–1992

**Degradacja jakości wód podziemnych w wyniku przemian hydrogeochemicznych związanych zutlenianiem siarczków i substancji organicznych**

Przyczyną degradacji jakości wód może być również zmiana naturalnych warunków hydrogeochemicznych wywołana eksploatacją, co powoduje uruchamianie do wód składników naturalnego środowiska geochemicznego. Zmiany tego typu obserwuje się w szczególności na ujęciach zlokalizowanych w dolinach i pradolinach polodowcowych, gdzie w wyniku obniżania zwierciadła wody może dochodzić do rozwoju procesów utleniania siarczków i substancji organicznych występujących w młodych osadach aluwialnych.

Proces utleniania katalizowany jest przez bakterie siarkowe *Thiobacillus thiooxidans*, a jego efektem jest kwas siarkowy. Składniki uwalniane w tym procesie, a także reakcja kwasu ze składnikami środowiska geologicznego (węglany, związki żelaza) powodują gwałtowny wzrost w wodzie siarczanów, żelaza i manganu. Wzrasta również silnie twardość i mineralizacja wody. W sprzyjających warunkach zmiany mogą mieć charakter katastrofalny, przy czym maksymalny wpływ procesu zaznacza się najczęściej po 2–3 latach eksploatacji ujęcia, a następnie obserwuje się powolny spadek intensywności procesu.

Rozwój powyższego zjawiska jest związany z naturalnymi cechami środowiska geologicznego, bądź też środowiska zmienionego w wyniku zanieczyszczeń (wprowadzenie substancji organicznej pochodzenia antropogenicznego).

Należy dodać, że intensyfikację omawianego procesu obserwowano w szczególności na początku lat 90-tych po zakończeniu długotrwałej suszy hydrologicznej w Wielkopolsce w latach 1989–1992.

Analiza wyników monitoringu wskazuje, że powyższy proces zaznacza się na kilku ujęciach w Wielkopolsce. Dotyczy to w szczególności punktów monitoringowych: Kamińsko, Brońsko, Kościan oraz Ostrów Wielkopolski.

### **Degradacja jakości wód podziemnych w wyniku zmian systemu krążenia wód w warunkach eksploatacji**

Problem wpływu tego czynnika rozpatrzono głównie w odniesieniu do użytkowego piętra trzeciorzędowego. W wodach tego piętra na terenie Wielkopolski obserwuje się występowanie stref anormalnego zabarwienia i zasolenia wód.

Pobór wód z tego piętra zmienia naturalnie ukształtowane systemy krążenia i może powodować pojawienie się wód o wysokim zabarwieniu i/lub zasoleniu. Przypadki takie obserwowano już na kilku ujęciach w Wielkopolsce, a mianowicie na ujęciu w Baranowie koło Poznania, Kiekrzu, Naramowicach, Książu.

Analiza wyników badań monitoringowych wykazała pojawienie się wysokiego zabarwienia (500 mg Pt/l) i utlenialności (32,4 mg O<sub>2</sub>/l) na ujęciu w Wieleniu. Zjawisko to ujawniło się w roku 2002. Jeszcze w roku 2001 oraz w okresie budowy studni (rok 1982) barwa była niska. Dziwne jest jedynie to, że z barwą nie wzrosły równoległe stężenia chlorków, co najczęściej ma miejsce. Problem wymaga wyjaśnienia w toku dalszych badań.

Bardzo dużą zmianę jakości wody stwierdzono również na ujęciu w Drobninie koło Krzemieniewa. W tym przypadku wzrosły bardzo silnie stężenia chlorków z 1,6 mg/l w okresie budowy studni (rok 1985) do 387,0–348,3 mg/l w latach 2001–2002. Ich wzrost jest tu związany z dopływem wód o wysokim zasoleniu z rejonu rowu tektonicznego Poznań-Gostyń.

Wzrost stężeń chlorków, ale w znacznie mniejszej skali, zaobserwowano również na ujęciach w Rawiczu, Kaszchorze, Międzychodzie, Suchym Lesie, Wysogotowie, a także w Borowcu (sieć krajowa nr 4).

Niewielki wzrost barwy stwierdzono również na ujęciu w Grabowie nad Prosną.

Należy dodać, że zabarwienie wody pojawiło się również na ujęciu wody Malta-Decor w Poznaniu, jednak badania monitoringowe na razie nie potwierdzają tego zjawiska. Być może wynika to z faktu, że znajduje się tu kilka studni i wody zabarwione docierają tylko do studni położonych od strony zachodniej (strefa występowania wód zabarwionych).

W pozostałych punktach monitoringowych ujmujących wody piętra trzeciorzędowego nie stwierdzono istotnych zmian jakości wody wynikających ze zmian systemu krążenia. Należy dodać, że ze względu na bardzo dobrą izolację nie obserwuje się w wodach tego piętra zanieczyszczeń pochodzenia antropogenicznego.

### **6.3. Podsumowanie**

Udokumentowano znaczny wpływ antropopresji na zanieczyszczenie wód podziemnych, szczególnie w strefie głębokości do 30 m, a więc dla nie izolowanych bądź słabo izolowanych od wpływów powierzchniowych poziomów wodonośnych. Udokumentowano również zmiany jakości wód z utworów czwartorzędu i trzeciorzędowego, spowodowane zmianą warunków krążenia (eksploatacją). Choć zanieczyszczenia te są pochodzenia geogenicznego, ich pojawienie się w studniach jest wzbudzone działalnością człowieka.

Analizując skutki przeobrażeń chemizmu wód w funkcji potencjalnych zagrożeń o zasięgu regionalnym należy stwierdzić, że:

- najistotniejsze zmiany chemizmu wód zarejestrowano na obszarach nieskanalizowanej zabudowy wiejskiej i miejskiej oraz na obszarach użytkowanych rolniczo,
- najbardziej zanieczyszczone są wody pozyskiwane z płytkich studni kopanych, a także studni wierconych ujmujących płytkie poziomy wód gruntowych oraz wód wgłębnych słabo izolowanych kilku do kilkunasto metrową warstwą glin,



- obserwuje się trend narastania zanieczyszczeń na ujęciach opartych na płytkich słabo izolowanych poziomach wodonośnych w rejonach gdzie brak głębszych, użytkowych poziomów wodonośnych bądź też cechują się one niekorzystnymi parametrami hydrogeologicznymi i/lub hydrochemicznymi. Tworzy to poważne problemy w zakresie zaopatrzenia w wodę. Do rejonów takich zaliczyć należy w szczególności rejon południowej Wielkopolski,
- zauważalny jest wpływ długotrwałej eksploatacji na jakość wód podziemnych, a więc zmiana naturalnych, hydrogeochemicznych i hydrodynamicznych, warunków środowiskowych,
- nie udokumentowano wpływu antropopresji na obszarach intensywnego drenażu górniczego kopalń węgla brunatnego, co jednak wiązać należy głównie z brakiem odpowiednich punktów monitoringowych szczególnie na terenach zrekultywowanych,
- istniejąca sieć monitoringu nie pozwoliła na udokumentowanie wpływu zanieczyszczeń powietrza atmosferycznego na chemizm wód, w tym najbardziej zanieczyszczonym rejonie konińsko-tureckim.

## 7. Wyniki badań stanów wód podziemnych i ich interpretacja

### 7.1. Organizacja sieci badań stanów wód podziemnych i jej zadania

Do zadań monitoringu krajowego i regionalnego w zakresie obserwacji stanów wód podziemnych należy:

- kontrola zmian tych stanów w głównych użytkowych poziomach wodonośnych w okresach rocznych i wieloletnich ze zwróceniem szczególnej uwagi na zmiany wywołane antropopresją (np. eksploatacja wód podziemnych, wielkopromienne odwodnienia górnicze),
- określenie amplitudy wahań zwierciadeł wody w poszczególnych typach warstw wodonośnych (swobodne, naporowe) i ich związku z czynnikami meteorologiczno-hydrologicznymi,
- analiza związków hydrodynamicznych pomiędzy poszczególnymi poziomami (warstwami wodonośnymi), szczególnie w strefach regionalnego zasilania wód podziemnych, a także na drodze ich przepływu od tych stref do miejsc regionalnego drenażu (główne doliny rzeczne i pradoliny),
- wnioskowanie o wpływie zmian stanów wód podziemnych na jakość wód podziemnych.

Ponieważ systemy wodonośne cechują się dużą inercją związaną m.in. z niewielką rzeczywistą prędkością przemieszczania się wód podziemnych i opóźnioną reakcją na czynniki meteorologiczno-hydrologiczne, wykresy stanów pomiarowych w punktach monitoringu krajowego przedstawiono co najmniej dla przedziału lat 1999–2002, a więc z dwuletnim wyprzedzeniem w stosunku do przedstawionych danych z monitoringu jakości wody.

Na obszarze województwa wielkopolskiego stacjonarne obserwacje stanów wód podziemnych w użytkowych poziomach wodonośnych prowadzi Państwowy Instytut Geologiczny w Warszawie w punktach sieci krajowej, która obejmuje:

- 6 stacji hydrogeologicznych I rzędu: Borówiec koło Kórnik (nr 170), Czachurki k. Pobiedzisk (nr 428), Sarbicko k. Tuliszkowa (nr 273), Straduń k. Trzcianki (nr 640), Sepno na N od Kościana (nr 920), stacja Szulec na E od Kalisza (obecnie nieczynna – nie uwzględniona w niniejszym opracowaniu); łącznie 24 studnie obserwacyjne, po cztery na każdej stacji. W powyższych stacjach hydrogeologicznych obserwowane są wszystkie poziomy użytkowe;
- 23 punkty obserwacyjne II rzędu, obejmujące pojedyncze odosobnione otwory hydrogeologiczne (studnie wiercone lub piezometry). W otworach II rzędu sieci krajowej zakres obserwacji przedstawia się następująco:
  - 10 punktów ujmuje warstwy wodonośne piętra czwartorzędowego do głębokości 30 metrów (Ujście, Bęglewo, Obrzycko, Międzychód, Oborniki Wlkp., Stęszew, Środa Wlkp., Tuchorza, Gostyń, Koło);
  - 7 punktów ujmuje warstwy wodonośne piętra czwartorzędowego poniżej głębokości 30 metrów (Jastrowie, Równopole, Radolin Gniezno, Piotrowice, Gorzyce Wielkie, Rybin),
  - 4 punkty ujmują poziomy wodonośne w piętrze trzeciorzędowym (Lipka, Kowanówko, Baranowo, Pysząca),
  - 1 punkt ujmuje otwory wodonośne piętra kredowego (Konin-Posoka),
  - 1 punkt ujmuje otwory wodonośne piętra jurajskiego (Gołuchów).

W skład punktów sieci regionalnej, uzupełniającej sieć krajową, wprowadzono dodatkowo od 2001 roku 12 punktów obsługiwanych przez Instytut Meteorologii i Gospodarki Wodnej w Poznaniu.

Obserwacjami objęte są użytkowe piętra i poziomy wodonośne systemów krążenia wód słodkich na obszarze województwa (do głębokości 200–270 m).

Dane o wymienionych stacjach I rzędu i punktach II rzędu zestawione są w tabelach umieszczonych w Roczniku Hydrogeologicznym (PIG, Warszawa; 2000).

Najdłuższy ciąg obserwacji posiada stacja Borówiec k/ Kórnik (I/170), gdzie pomiary są prowadzone od 1975 roku oraz stacja Szulec na E od Kalisza - pomiary od 1976 roku. W pozostałych stacjach pomiary podjęto: stacja Czachurki (I/428) w pobliżu Pobiedzisk - od 1980 roku, stacja Straduń (I/640) na NW od Trzcianki - od 1987 roku, stacja Sarbicko (I/273) w pobliżu Tuliszkowa - od 1992 roku, stacja Sepno (I/920) na N od Kościana - od 1992 roku. Bardzo dobre usytuowanie wszystkich stacji I rzędu oraz większości punktów II rzędu pozwala na stwierdzenie, że już istniejąca sieć państwowa daje w miarę dobry pogląd o regionalnym reżimie hydrodynamicznym w poszczególnych sektorach województwa.

Do obserwacji w ramach monitoringu regionalnego wytypowano 12 otworów hydrogeologicznych, w których prowadzone obserwacje miały uzupełnić obraz hydrodynamiczny poziomów wgłębnych piętra czwartorzędowego (5 punktów), poziomu mioceńskiego w piętrze trzeciorzędowym (6 punktów) oraz piętra jurajskiego w rejonie kaliskim (1 punkt).

Obserwacje wód wgłębnych (naporowych) piętra czwartorzędowego zaprojektowano w następujących punktach:

- ⇒ Radom (Z1), poziom plejstoceniński na międzyrzeczu Warty i Noteci pomiędzy Czarnkowem i Obornikami Wlkp. – korelacja obserwacji w stosunku do stacji Straduń;
- ⇒ Kiączyn (Z3), poziom plejstoceniński na południe od Szamotuł - punkt zlokalizowany w GZWP nr 145,
- ⇒ Miedzichowo (Z4), poziom plejstoceniński (wielkopolskiej doliny kopalnej) na strumieniu w stronę doliny Obry - zlokalizowany w GZWP nr 144,
- ⇒ Jezioro (Z9), poziom plejstoceniński (wielkopolskiej doliny kopalnej) w GZWP nr 144 na strumieniu w stronę doliny rzeki Warty.
- ⇒ Ostrowo Stare (Z8), poziom plejstoceniński pomiędzy Gniezmem a Koninem - poza obszarem leja depresji kopalń węgla brunatnego w zagłębiu konińskim.

Obserwacje wód wgłębnych (naporowych) piętra trzeciorzędowego zaprojektowano w następujących punktach:

- ⇒ Rejewiec (Z2), poziom mioceński pomiędzy Poznaniem - Obornikami Wlkp.- Wągrowcem i Gniezmem, a więc na obszarze o znacznej intensyfikacji poboru wody z utworów trzeciorzędowych,
- ⇒ Skrzyńki (Z5), poziom mioceński na SW od Poznania, w nadkładzie GZWP nr 144,
- ⇒ Poznań - Rataje (Z6), poziom mioceński w Poznaniu - studnia awaryjna – analiza wpływu eksploatacji wody podziemnej w prawobrzeżnym Poznaniu,
- ⇒ Promienko (Z7); poziom mioceński pomiędzy Poznaniem a Gniezmem w rejonie występowania wielkopolskiej doliny kopalnej – GZWP nr 1444 (poziom plejstoceniński) gdzie ma miejsce eksploatacja wody z utworów czwartorzędowych na ujęciu Promienko - Biskupice dla m. Poznania
- ⇒ Strzyżewice (Z10), poziom mioceński w rejonie Leszna na regionalnym strumieniu od Wzgórz Trzebnickich w stronę Pradoliny Warszawsko-Berlińskiej (Obry),
- ⇒ Huta Odolanowska (Z11), poziom mioceński w podłożu Pradoliny Baryczy (Kotlina Odolanowska) w strefie regionalnego zasilania trzeciorzędu Wysoczyzny Kaliskiej.

Obserwacje wód wgłębnych (naporowych) piętra górnourajskiego zaprojektowano w punkcie: Szczytniki (Z12) na SE od Kalisza poza zasięgiem leja depresji ujęć z piętra jurajskiego dla tego miasta.

Spośród wymienionych 12 punktów monitoringu regionalnego nie podjęto obserwacji stacjonarnych w 3 punktach; w punkcie Radom - Z1 – z uwagi na stałą niedostępność oraz w punktach: Jezioro – Z9 i Szczytniki – Z12, które jako studnie ujęciowe są w ciągłej eksploatacji, a pobór wody uniemożliwia prowadzenie wiarygodnych pomiarów.

## 7.2. Interpretacja wyników

Na podstawie pomiarów prowadzonych na terenie województwa wielkopolskiego stwierdzono, że obserwacje ze stacji w Borowcu odzwierciedlają najpełniej wieloletnie zmiany. Z analizy tych zmian wynika, że:

- 1) w 25 letnim cyklu obserwacyjnym poziomu plejstocenińskiego (GZWP nr 144 – otwory 170/3, 170/4) zaznaczyła się bardzo wyraźnie obniżeniem zwierciadła wody podziemnej, a więc i zubożeniem zasobów, czteroletnia susza meteorologiczno-hydrologiczna lat 1989–1993, panująca na obszarze całej środkowej i wschodniej Wielkopolski, odnotowana również najniższymi w wieloletnim stanie rzeki Warty.
- 2) zaznaczyło się ponad 0,5 metrowe obniżenie stanów wód podziemnych w poziomie plejstocenijskim w latach ostatnich w stosunku do dekady lat 1975–1985 przed długotrwałą suszą.

3) w obserwowanych warstwach wodonośnych poziomu mioceńskiego (otwory 170/1 i 170/2) stany wód podziemnych ulegały stałemu obniżeniu aż do 1992 roku, co było spowodowane nadmierną eksploatacją zasobów z piętra trzeciorzędowego w owym okresie, oddziaływaniem poboru wody z wielkopolskiej doliny kopalnej przez ujęcie w Gruszczynie dla m. Poznania, a w końcu nałożeniem się skutków suszy lat 1989–1993. Wielkość maksymalna obniżenia się zwierciadła wody wyniosła ponad 4 m.

Od zaniku suszy (1993), przy równoczesnym spadku poboru wody w wielu ujęciach na wschód od Poznania, od 1994 roku nastąpiła tendencja powolnego odbudowywania się naporu hydrodynamicznego w poziomach trzeciorzędu, zaznaczona niewielkim, ale systematycznym przyrostem stanu zwierciadła do roku 2002 włącznie.

Dla stacji Czachurki do 1990 roku stany wody utrzymywały się we wszystkich otworach na niezmiennym poziomie. Dopiero po roku 1995 ma miejsce obniżenie się zwierciadeł wody we wszystkich otworach, ujmujących poziomy wód naporowych (428/1, 428/2, 428/3) do górnej kredy włącznie. Przyczyna zaistniałego trwałego obniżania może być związana z włączeniem do eksploatacji w sąsiedztwie dwóch dużych ujęć z poziomu wielkopolskiej doliny kopalnej (GZWP nr 144), a mianowicie:

- ujęcia Promienko dla miasta Poznania,
- ujęcia Żydowo dla miasta Gniezna.

Na kolejnej stacji – Sarbicko – od początku obserwacji po suszy meteorologicznej (1994) panuje trend przyrostu stanów zwierciadła wody we wszystkich głębszych poziomach wodonośnych do piętra kredowego włącznie.

I wreszcie na stacji Straduń k/Trzcianki stany wód podziemnych w wieloletniu 1988–2002 utrzymują się na prawie niezmiennym poziomie we wszystkich warstwach wodonośnych.

Wyniki obserwacji wykazują wysoki stopień korelacji w zakresie oddziaływania zasilania z opadów atmosferycznych poprzez poziom wód swobodnych na poziomy naporowe wód w warstwach wgłębnych. Stacje Borowiec, Czachurki i Sarbicko są położone w strefach regionalnego zasilania poziomów wgłębnych.

W stacji Straduń mamy do czynienia ze złożoną sytuacją; strefą lokalnego drenażu dla piętra czwartorzędowego (zwierciadło artezyjskie) i jednocześnie w piętrach głębszych strefą regionalnego przepływu (piętro trzeciorzędowe i piętro kredowe).

W stacji Sepno mamy do czynienia ze strefą regionalnego drenażu związaną z przebiegiem Pradoliny Warszawsko-Berlińskiej (GZWP nr 150). Wszystkie poziomy wód wgłębnych mają charakter artezyjski.

Dane z punktów II rzędu sieci krajowej posłużyły do wyodrębnienia dla obszaru województwa wielkopolskiego dwóch grup otworów:

- *pierwszej* – z obserwacjami stanów wód podziemnych o zwierciadle swobodnym w warstwach wodonośnych piętra czwartorzędowego (Q), występujących do głębokości 30 metrów.
- *drugiej* – z obserwacjami stanów wód podziemnych naporowych w warstwach wodonośnych piętra czwartorzędowego (Q) (warstwy poniżej 30 m ppt), trzeciorzędowego (Tr), kredowego (K) i jurajskiego (J<sub>3</sub>).

W kolejnych punktach położonych wzdłuż doliny rzeki Noteci (430 – Bęglewo, 401 – Ujście), wzdłuż doliny rzeki Warty (404 – Obrzycko, 410 – Międzychód), na Pojezierzu Poznańskim (406 – Stęszew), na Pojezierzu Gnieźnieńskim (261 – Środa Wielkopolska), na Pojezierzu Leszczyńskim (407 – Tuchorza) oraz na Wysoczyźnie Kaliskiej (263 – Gostyń) wyniki obserwacji wykazują korelację do przedstawionych stanów rzeki Warty, świadcząc o zdecydowanej zależności stanów wód podziemnych od reżimu opadów atmosferycznych, wyrażonego również w stanach rzek. Obliczone wartości charakterystyczne z tych obserwacji (minimum, maksimum, średnia stanów oraz maksymalna różnica stanów rocznych dH), wskazują na zakres zmienności stanów w warstwach wodonośnych występujących w obrębie płytkich systemów krążenia wód podziemnych (do 30 metrów). Wahania te w poszczególnych latach mają zróżnicowaną (dla 8 punktów) amplitudę, związaną z charakterem danego roku hydrologicznego. Lata o zwiększonej amplitudzie to 1999, 2000 oraz 2002, a w szczególności mokry rok 2000. Najmniejszą amplitudę wahań wykazał rok 2001. W poszczególnych rejonach proporcje te mogą być zróżnicowane w zależności od wielkości lokalnych opadów i ich rozłożenia w ciągu roku, jak również od pozycji geomorfologicznej (dolina, wysoczyzna) oraz warunków hydrogeologicznych (rodzaj utworów wodonośnych).

W większości rejonów województwa wyróżniają się w amplitudzie lata 1999 i 2002. W dolinie Noteci – 430 – Bęglewo, w dolinie Warty: 404 – Obrzycko, 410 – Międzychód, na Pojezierzu Gnieźnieńskim: 261 – Środa Wielkopolska, a na Wysoczyźnie Kaliskiej 263 – Gostyń. Wyjątek stanowią obserwacje z rejonu pilskiego (401 – Ujście), gdzie stany i wahania z lat 1999-2000 zdecydowanie przeważają nad okresem lat

2001–2002 oraz z Pojezierza Leszczyńskiego (407 – Tuchorza), gdzie bardzo wysokie stany i najwyższe amplitudy wahań dotyczą wyłącznie 2002 roku.

Porównanie stanów obserwowanych w wymienionych punktach wskazuje, że obserwowane warstwy wodonośne o zwierciadle naporowym we wszystkich użytkowych piętrach wodonośnych (Q, Tr, K, J) reagują w wyraźny sposób na wzrost stanów wód podziemnych w warstwach nadległych lub zubożenie zasobów w okresach suszy.

Największą odnawialnością cechują się w większości punktów województwa lata 1999 i 2002, przy czym w miarę równomierne amplitudy wahań dotyczą dwóch warstw wodonośnych: jurajskiej w rejonie Gołuchowa (pkt 78) oraz czwartorzędowej w rejonie Rybina k/ Kobyłej Góry (pkt 912). Nie zaobserwowano na żadnym z wykresów trendu systematycznego opadania zwierciadła wody podziemnej.

Postacie wykresów wskazują, że wyznaczone punkty monitoringu regionalnego mogą się okazać bardzo pomocne dla uzupełnienia długoterminowych obserwacji prowadzonych w sieci krajowej, bowiem dotyczą newralgicznych stref głównych użytkowych zbiorników wód podziemnych w środkowej i południowej części województwa wielkopolskiego.

Amplituda cyklicznych zmian w zbiornikach GZWP wskazuje na brak tendencji spadku zwierciadła wody oraz potwierdza charakter obserwowanych stref (Kiączyn – strefa zasilania w GZWP nr 145 – większa amplituda wahań rocznych; Miedzichowo – strefa drenażu w GZWP nr 144 – niewielka amplituda wahań rocznych).

Pełne podobieństwo zakresu zmian wahań stanów wód zbiornika mioceńskiego w rejonie miasta Poznania na E od aglomeracji (Poznań, Promienko) wskazuje na ich regionalny charakter i jednocześnie na quasi ustalony charakter wahań zwierciadła wody. Dłuższy cykl obserwacyjny (3–4 lata) pozwoli na bardziej dokładne zbadanie charakteru trendu stanów w tej części zbiornika trzeciorzędowego.

Wykresy z obserwacji stanów w sąsiedztwie leja depresji kopalni konińskich (Ostrowo Stare) oraz w Kotlinie Odolanowskiej Pradoliny Baryczy (Huta Odolanowska) nie pozwalają na wyciągnięcie jednoznacznych wniosków; z rocznego cyklu wynika tendencja do spadku zwierciadła wody w obu tych rejonach.

## 11. Podsumowanie i wnioski

### Ocena jakości wód podziemnych

W świetle badań na sieci monitoringu regionalnego i krajowego wody podziemne na terenie województwa wielkopolskiego zaliczyć można najczęściej do II klasy jakości GIOŚ (41,4–47,0 %). Znaczny procent stanowią również wody klasy III (37,5–30,72%). Wody pozaklasowe stanowią zaś 7,0-8,4%.

O zaliczeniu wody do niskiej klasy jakościowej (klasa III i NOK) decyduje najczęściej przekroczenie takich wskaźników jak: azot amonowy, azotynowy i azotanowy, żelazo, bor, potas, sód i przewodnictwo właściwe.

Najgorsze jakościowo są wody ze studni kopanych i źródeł, a także ujmujących odkryte i słabo izolowane poziomy wodonośne (o głębokości do 30 m). W tej grupie procent punktów monitoringowych mieszczących się w trzeciej klasie jakości wynosi 52,9-46,0%, a pozaklasowych 19,6-26,0 %. Znacznie korzystniejsze są wody ze studni głębszych, gdzie procent studni w klasie III wynosi 22,2-30,9, a poza klasą 0,0-2,8.

### Zagrożenie geogeniczne wód podziemnych w głębokich poziomach wodonośnych

Zagrożenia te związane są głównie z występowaniem stref anormalnego zabarwienia i zasolenia wód podziemnych piętra trzeciorzędowego.

Badania monitoringowe wykazały wzrost na niektórych ujęciach zasolenia w szczególności na ujęciu w Drobninie. Pojawiła się również wysoka barwa na ujęciu w Wieleniu (500 mg Pt/l), a także na ujęciu zakładu Malta-Decor w Poznaniu. Wskazuje to na konieczność przeanalizowania warunków poboru wód w strefach geogenicznego zagrożenia w oparciu o szczegółowsze rozpoznanie hydrogeochemiczne i hydrodynamiczne.

### Analiza stanów wód podziemnych

Badania stanów wód podziemnych w sieci krajowej i regionalnej wskazują na stały trend odbudowywania się zwierciadła wody niemalże we wszystkich poziomach wodonośnych, do piętra kredowego włącznie, po suszy z lat 1989-1993. Największą odnawialność zasobów zaobserwowano w roku 1999 i 2002. Obserwuje się też wyraźną korelację stanów wód podziemnych z wielkością opadów i stanami rzek, co udokumentowano na przykładzie rzeki Warty. Korelację tą, choć o różnej sile, można zauważyć także w odniesieniu do głębszych poziomów wodonośnych, jednak z wyraźnym przesunięciem czasowym.

Wyniki badań potwierdzają dobre usytuowanie punktów pomiarowych sieci krajowej i regionalnej, bowiem część z nich leży w regionalnych strefach zasilania, część – w regionalnych strefach drenażu, odzwierciedlając tym samym warunki krążenia wód podziemnych, w tym także w obrębie GZWP.

### Zalecenia w zakresie ochrony wód podziemnych

Wyniki badań monitoringowych wskazują na konieczność aktywizacji działań w zakresie ochrony wód podziemnych. Działania te powinny obejmować nie tylko ochronę bierną, w tym ustanowienie stref ochronnych ujęć i głównych zbiorników wód podziemnych, ale również działania w zakresie ochrony czynnej. Do najbardziej efektywnych działań chroniących jakość wód podziemnych należy zaliczyć budowę kanalizacji na terenach osadnictwa oraz budowę urządzeń ograniczających wpływ hodowli (szczelne zbiorniki na gnojówkę o czasie przetrzymywania 6 miesięcy oraz płyty uszczelniające miejsca gromadzenia obornika i kiszonek paszowych zdrenowane do zbiornika na gnojówkę). Wiadomo, że są to działania kapitałochłonne. Jednak w związku z planowanym wejściem Polski do Unii Europejskiej istnieje szansa na aktywizację tych działań. Jest jednak bardzo istotne, aby przy podejmowaniu tych działań uwzględniać priorytety w zakresie ochrony wód podziemnych tj. realizować je przede wszystkim tam, gdzie wody podziemne są najbardziej zanieczyszczone i zagrożone oraz brak jest alternatywnych, lepiej zabezpieczonych przed zanieczyszczeniami, źródeł wody. Dotyczy to w szczególności deficytowych w zakresie zasobów wodnych terenów południowej Wielkopolski.

Przygotowano na podstawie: *Raportu z badań w sieci monitoringu regionalnego wód podziemnych w województwie wielkopolskim w latach 2001–2002*

opracowanego przez zespół: *prof. dr hab. Józef Górski, dr Ewa Liszkowska, prof. dr hab. Jan Przybyłek, mgr inż. Wojciech Remisz, inż. Tadeusz Theuss*

## LITERATURA

- 1) Górski i inni, 2000; *Projekt monitoringu regionalnego wód podziemnych województwa wielkopolskiego*. Arch. ZHiOW, UAM, Poznań
- 2) Górski J. 2002; *Wpływ ekstremalnych zjawisk hydrologiczno-meteorologicznych na zmiany chemizmu wód podziemnych i powierzchniowych*. XIV Konf. Nauk. pt. „Gospodarowanie zasobami wód podziemnych”. Częstochowa, s. 105-112.
- 3) Górski J., 2001; *Propozycja oceny antropogenicznego zanieczyszczenia wód podziemnych na podstawie wybranych wskaźników hydrochemicznych*. W: Współcz. Probl. Hydrogeologii, nr X, t.1, Ofic. Wyd. Sudety, Wrocław.
- 4) Górski J., Kaźmierczak-Wijura Z. 2002; *Przyczyny zmian jakości wód podziemnych ujęcia Trzaski w latach 90*. Przegląd Geologiczny, T. 50, Nr 5, s. 424-430.
- 5) *Określenie wpływu wyrobisk kopalnianych istniejących i zrehabilitowanych na wody powierzchniowe i podziemne na terenie powiatów konińskiego i tureckiego*. Proxima Wrocław, 2002.
- 6) *Raport o stanie środowiska w Wielkopolsce w roku 2000*. BMS, Poznań, 2001
- 7) *Raport o stanie środowiska w Wielkopolsce w roku 2001*. BMS, Poznań, 2002
- 8) *Rocznik Statystyczny województwa wielkopolskiego za rok 2000*
- 9) Sawicki J., 2000; *Zmiany naturalnej infiltracji opadów do warstw wodonośnych pod wpływem głębokiego, górniczego drenażu*. Ofic. Wyd. Polit. Wrocł., Wrocław
- 10) Witczak St., Adamczyk A.; 1994; *Katalog wybranych fizycznych i chemicznych wskaźników zanieczyszczeń wód podziemnych i metod ich oznaczania*. T. 1. BMS, PIOŚ, Warszawa