

Adam Solski, Andrzej Jędrzak, Władysław Matejczuk

SKŁAD CHEMICZNY WÓD ZBIORNIKÓW "POJEZIERZA ANTROPOGENICZNEGO"
W REJONIE TUPLICE - ŁĘKNICA *)

1. Wstęp i zagadnienie

Geneza zbiorników powyrobiskowych na Ziemi Lubuskiej wiąże się ściśle z rozwojem wydobycia węgla brunatnego na tym obszarze. Pierwszą i najstarszą kopalnią węgla brunatnego uruchomioną tu pod koniec XVIII w. była "Fortuna" w Krzebielowie k/Ziębic (Chwastek 1974). Rozwój górnictwa węgla brunatnego przypadł na drugą połowę XIX w. W okresie tym na obszarze byłego woj. zielonogórskiego czynnych było 87 kopalń. Największe wydobycie węgla osiągnięto w roku 1923 i wynosiło ono 1681 tys. ton. Do najbardziej znanych terenów, gdzie prowadzono eksploatację węgla na szeroką skalę, były to rejony: Osno-Sulęcín, Międzyrzecz, Łągów-Sieniawa, Baczyna-Lubrza, Cybinka, Gubin, Zielona Góra, Żary, Kozuchów oraz Łuk Muzakowski. Okres międzywojenny charakteryzował się likwidacją małych kopalń i stopniowym zmniejszeniem się wydobycia węgla, które w roku 1943 wynosiło 1447 tys. ton, przy 14 czynnych kopalniach (Praca zbiorowa 1978). Po zakończeniu II wojny światowej w roku 1945 uruchomiono kopalnię węgla brunatnego "Babina" k/Łęknicy, a w latach następnych: "Henryk", "Smogóry", "Słone", "Maria" i "Sieniawa". Eksploatacja węgla w okresie powojennym osiągnęła najwyższy poziom w roku 1971, jego wydobycie nieznacznie przekroczyło 700 tys. ton. Począwszy od końca lat 50-tych następowała stopniowa likwidacja kopalń węgla z powodu trudnych warunków wydobycia i wzrostu kosztów eksploatacji. W roku 1974 zaprzestała swoją działalność kopalnia "Babina" i pozostała czynna do dzisiaj tylko jedna kopalnia w Sieniawie.

W wyniku eksploatacji węgla brunatnego prowadzonej systemem podziemnym i odkrywkowym, doszło do niekorzystnych zmian na powierzchni ziemi. Przy eksploatacji podziemnej nie likwidowano wyrobisk przez zamulanie podsadzką, ale po usunięciu drewnianej obudowy, pozostawiono wyrobiska w postaci komór i chodników na zawał. Po pewnym czasie następowało osiadanie warstw nadległych i na powierzchni ziemi tworzyły się długie i stosunkowo wąskie niecki zapadliskowe, leje i podobne do nich formy depresyjne. Wytworzone zapadliska wypełniały się wodą. Niszczeniu ulegał drzewostan i użytki rolne (Praca zbiorowa 1978).

Na obszarach odległej w czasie, jak też niedawno prowadzonej eksploatacji węgla brunatnego powstały liczne powyrobiskowe zbiorniki wodne. Największe skupisko sztu-

*) Praca została wykonana w ramach CPBP 03.09 "Metody analizy i użytkowania zasobów wodnych".

cznie utworzonych zbiorników zwane "pojezierzem antropogenicznym" rozciąga się we wschodniej części Łuku Mużakowskiego pomiędzy Tuplicami a Łęknicą. Na obszarze tym znajdują się zbiorniki, których geneza sięga początków drugiej połowy XIX w. i kończy się w latach 70-tych, zamknięciem kopalni "Babina" (rok 1974).

Wyróżnić tu można trzy oddzielne grupy zbiorników, różniące się między sobą wiekiem i genezą (Kozacki 1976). Pierwsza grupa znajduje się w rejonie Tuplic i liczy około 30 zbiorników pochodzenia zapadliskowego oraz 11 stawów. Kształt, powierzchnia, głębokość oraz charakter ich brzegów jest bardzo różny. Przeważają zbiorniki podłużne zajmujące prawie całe zapadlisko lub jego część najniższą, niektóre malowniczo położone wśród otaczających je lasów. Oś podłużna tych zapadlisk usytuowana jest przeważnie z północnego wschodu na południowy zachód.

Grupa druga położona na południe od Trzebieli i Kamienicy liczy 33 zbiorniki. Większość z nich posiada kształt podłużny o przebiegu zbliżonym do południkowego, są podobnie jak grupa pierwsza pochodzenia zapadliskowego (Kozacki 1978). Zbiorniki tej grupy usytuowane są w części grzbietowej Wału Mużakowskiego (150 m n.p.m.) lub na zachodnim jego skłonie, charakteryzuje je występowanie ostrych i wysokich brzegów. W trzeciej grupie (liczącej ok. 40 zbiorników) położonej na północny wschód od Łęknicy wyróżnić można trzy podgrupy. Część środkowa składa się ze zbiorników o złożonej genezie, są to zbiorniki zapadliskowo-wyrobiskowe. Pozostałe zbiorniki leżące na północ i południe od podgrupy środkowej należą do typu wyrobiskowego.

Większość zbiorników o kształcie wydłużonym cechuje usytuowanie osi z kierunku północno-wschodniego na południowo-zachodni.

Zbiorniki położone w rejonie Tuplic należą do najstarszych, podczas gdy najmłodsze zlokalizowane są na obszarze położonym na północny-wschód od Łęknicy (grupa trzecia). Rejon Łęknicy charakteryzuje się największym stopniem dewastacji powierzchni ziemi oraz nieustabilizowanym poziomem wód, niedawno utworzonych tutaj zbiorników.

Oddzielnym ważnym zagadnieniem jest jakość wód zbiorników "pojezierza antropogenicznego". Z wcześniejszych nielicznych badań na tym obszarze wynika, że skład chemiczny wód niektórych zbiorników, różni się znacznie od przeciętnego składu chemicznego wód jeziornych w naszym kraju (Kozacki 1976).

Badania 16-tu zbiorników położonych w rejonie Łęknicy i Kamienicy przeprowadzone w latach 1980-84 przez Matejczuka (1986), znacznie poszerzyły naszą wiedzę o ich składzie chemicznym wody; wykazały obecność zbiorników acidotroficznymi (odczyn 2,8 - 3,5 pH) oraz zjawiska meromiksji. O składzie chemicznym wody pozostałych - około 90-ciu zbiorników nadal nic nie wiadomo.

Ponieważ na obszarze "pojezierza antropogenicznego" znajduje się ponad 100 zbiorników o łącznej powierzchni powyżej 150 ha, pozostał problem ich zagospodarowania. Były nieliczne próby gospodarczego wykorzystania wód tych zbiorników ze względu na brak w tym rejonie jezior. Usiłowano np. wprowadzić ryby do trzech zbiorników co zakończyło się powodzeniem tylko w jednym przypadku. Inne wykorzystywane są jako "dzikie" kąpieliska, "dzikie" wysypiska śmieci, odbiorniki ścieków, źródło wody do celów przeciwpożarowych itp. (Matejczuk 1986).

Należy jednak podkreślić, że wykorzystanie zbiorników powyroboiskowych dla różnych celów gospodarczych napotykało i napotyka na duże trudności z powodu niewłaściwego uformowania ich mis, stromych i nieustabilnych brzegów, a także specyficznego składu chemicznego wód. Chodzi bowiem głównie o bardzo niski odczyn wody wywołany złożonymi procesami rozkładu pirytów, prowadzącymi do wytworzenia kwasu siarkowego.

Mając na uwadze potrzebę rozwiązania problemu zagospodarowania wód zbiorników "pojezierza antropogenicznego", podjęto w roku 1986 wstępne badania, których celem było dokonanie klasyfikacji - przynależności zbiorników do grupy acidotroficznej na podstawie badań fizyczno-chemicznych wody. Zakładano, że przede wszystkim zbiorniki o wodach kwaśnych powinny być poddane zabiegom rekultywacyjnym. Kierując się wielkością (wybierano największe) i wiekiem, przebadano 63 zbiorniki, z których prawie połowa (31 zbiorników) zakwalifikowała się do grupy acidotroficznej.

2. Metody

W sierpniu 1986 roku pobrano powierzchniowe próby wody z 63 zbiorników "pojezierza antropogenicznego". Liczba zbiorników w trzech wyróżnionych skupiskach wynosiła:

- rejon Tuplic - 16,
- rejon Trzebieli i Kamienicy - 21,
- rejon Łęknicy - 26.

Ponieważ zbiorniki nie posiadały nazw, znakowano je cyframi i liczbami (rys. 1).

W terenie mierzono temperaturę i odczyn wody, natomiast w laboratorium oznaczono:

- barwę,
- twardość ogólną,
- zasadowość,
- kwasowość mineralną i utlenialność

oraz

- zawartość tlenu rozpuszczonego,
- soli amonowych,
- azotynów,
- azotanów,
- sodu,
- potasu,
- wapnia,
- magnezu,
- żelaza ogólnego.

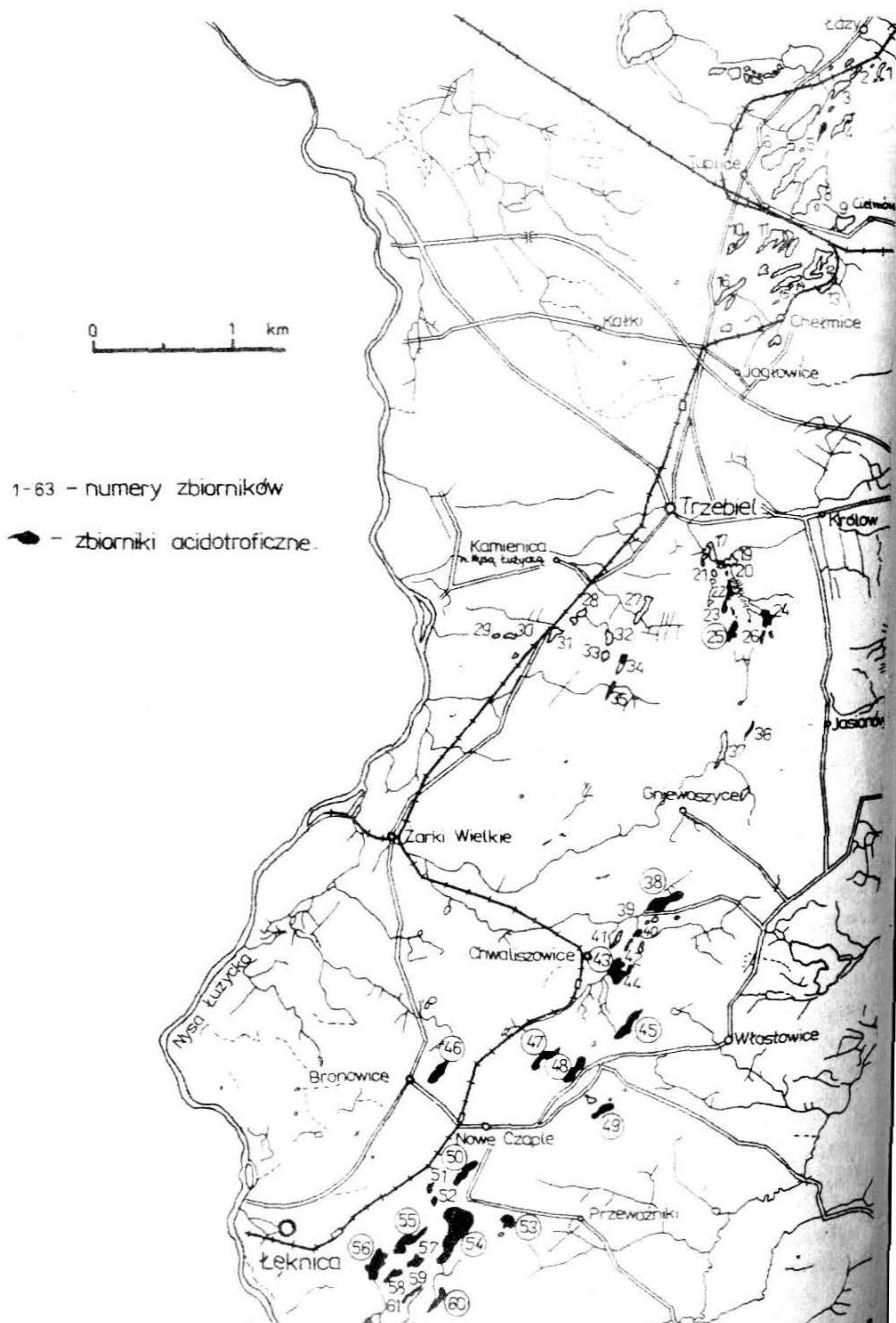
Oznaczenia wykonano wg Hermanowicza i innych (1976).

3. Wyniki

3.1. Grupa zbiorników acidotroficznych

Zasadniczym wskaźnikiem decydującym o przynależności badanych zbiorników do grupy acidotroficznej był odczyn wody, który wahał się od 2,6 do 3,9 pH (tab. 1).

W rejonie Tuplic wśród przebadanych 16 zbiorników napotkano tylko jeden zbiornik (nr 5) o wodzie kwaśnej (3,9 pH).



Rys. 1. „Pojezierze antropogeniczne” w rejonie Tuplice-Łęknica

CHARAKTERYSTYKA FIZYCZNO-CHEMICZNA WÓD ZBIORNIKÓW ACIDOTROFICZNYCH

Lp.	Nr zbiornika	Temp. °C	Wł. rozp. mgO_2/dm^3	Nasyc. tlenem % O_2	Odczyn pH	Barwa mgPt/dm^3	Tw. og. mval/dm^3	Zasad. mval/dm^3	Kwas. min. mval/dm^3	Kwas. og. mval/dm^3	Sole amon. mgN/dm^3	Azotyny mgN/dm^3	Azotany mg/dm^3	Sód $\text{mg Na}/\text{dm}^3$	Wapń $\text{mg Ca}/\text{dm}^3$	Magnez mgMg/dm^3	Żelazo mgFe/dm^3	Otlen. mgO_2/dm^3	
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20
1	5	21,8	7,0	82	3,9	2	12,4	0,0	0,10	0,35	0,14	0,010	0,12	27	10	91	95	1,22	3,2
2	20	22,3	5,9	70	3,0	20	14,2	0,0	1,3	1,90	4,40	0,038	1,37	6,3	6,5	75	127	0,02	3,1
3	22	24,5	6,9	84	2,8	23	13,6	0,0	2,7	3,70	6,0	0,088	0,73	3,6	6,8	62	127	9,60	3,8
4	23	22,8	8,1	96	3,5	5	6,7	0,0	0,10	0,40	1,55	0,004	0,29	4,7	7,6	25	66	0,16	3,5
5	24	24,2	7,9	96	2,9	20	6,5	0,0	3,20	4,30	4,1	0,058	0,45	3,4	6,0	47	50	20,3	8,3
6	25	23,0	9,1	108	3,8	10	4,9	0,0	0,15	0,40	1,26	0,006	0,50	3,9	3,6	13	52	0,25	4,4
7	36	22,9	9,0	107	3,1	15	5,4	0,0	2,1	2,6	2,30	0,029	0,41	4,7	4,2	50	34	0,50	5,2
8	38	23,0	6,8	82	2,9	12	8,1	0,0	2,3	3,2	5,8	0,031	0,32	6,6	4,9	67	58	11,4	6,4
9	40	22,0	5,2	68	3,1	12	8,2	0,0	3,0	3,6	11,6	0,040	0,40	6,3	5,2	79	52	17,0	5,2
10	42	22,9	8,0	95	2,9	10	7,7	0,0	2,8	4,0	7,5	0,036	0,32	11	9,9	79	45	20,3	4,6
11	43	23,0	8,3	99	2,9	10	7,5	0,0	2,4	3,5	7,6	0,045	0,45	7,7	6,2	75	46	14,4	4,7
12	44	21,7	8,0	93	3,1	17	4,6	0,0	1,4	2,1	0,91	0,001	0,30	13	22	39	34	2,5	10,0
13	45	24,0	8,0	97	3,1	7	5,4	0,0	1,7	6,5	4,7	0,207	0,17	4,1	4,2	33	45	92,5	14,4
14	46	24,0	7,8	95	2,6	40	5,6	0,0	7,0	13,6	7,0	0,171	0,20	1,8	3,9	56	34	112	21,6
15	47	23,2	8,3	100	2,8	20	5,2	0,0	4,3	5,8	0,15	0,047	0,35	14	10	42	38	41	7,6
16	48	22,6	8,1	96	2,8	17	6,4	0,0	2,9	6,2	0,33	0,024	0,43	5,6	9,6	35	53	39	7,0
17	49	18,7	7,8	86	2,9	20	9,5	0,0	2,1	6,2	0,80	0,000	0,15	3,6	5,3	60	28	24	5,6
18	50	18,5	8,0	88	3,0	20	11,8	0,0	1,9	3,7	0,40	0,000	0,20	3,7	6,3	116	34	16	6,2
19	51	18,7	8,1	84	3,0	25	8,4	0,0	2,0	4,6	1,0	0,000	0,15	3,6	6,7	98	27	25	6,1
20	52	18,9	7,7	85	3,0	20	7,5	0,0	1,7	4,2	0,45	0,005	0,10	7,0	5,4	42	23	5,6	2,9
21	53	19,1	8,0	89	2,8	żółta	32,0	0,0	5,3	19,8	4,0	0,005	0,70	6,6	3,6	185	69	175	4,6
22	54	18,8	7,8	86	3,0	15	6,9	0,0	0,9	1,4	2,1	0,000	0,05	27	30	99	25	6,0	3,7
23	55	19,0	8,0	89	3,3	10	5,9	0,0	0,8	1,1	1,4	0,005	0,05	41	11,3	68	19	2,4	3,4
24	56	20,5	6,0	68	2,65	10	36	0,0	6,8	23	5,1	0,015	0,81	7,1	8,0	121	336	118	6,0
25	57	18,5	3,4	37	2,9	30	34	0,0	6,6	21,6	5,0	0,001	1,81	7,1	5,0	165	318	125	4,7
26	58	18,0	7,8	86	2,85	50	20,5	0,0	8,1	32	3,1	0,001	0,76	7,4	4,0	179	140	203	7,1
27	59	19,0	9,8	109	3,25	3	8,8	0,0	2,6	8,6	1,48	0,003	0,37	3,4	6,2	60	70	24,8	1,6
28	60	18,0	7,2	78	2,85	40	20,7	0,0	8,2	33	3,1	0,005	0,96	7,5	3,9	175	145	197	2,5
29	61	18,5	8,6	95	3,2	5	24,3	0,0	3,6	16,8	1,57	0,006	0,75	22	9,5	196	176	85	1,5
30	62	20,0	9,4	106	3,2	3	7,6	0,0	2,8	9,2	1,34	0,001	0,31	3,3	6,2	55	89	25,6	1,2
31	63	23,2	7,9	94	2,8	17	13,5	0,0	2,3	3,0	4,1	0,036	0,41	5,0	6,5	88	126	7,7	3,4

Tabela 2

CHARAKTERYSTYKA FIZYCZNO-CHEMICZNA WÓD ZBIORNIKÓW „POZOSTAŁYCH”

Lp	Nr zbioru	Temp. °C	Tlen rozp. m ³ O ₂ /dm ³	Nasyc. tlen. % O ₂	Odczyn pH	Barwa mgPt/dm ³	Tward. og. mval/dm ³	Zasad. mval/dm ³	Kwas. min. mval/dm ³	Kwas. og. mval/dm ³	Sole min. mgN/dm ³	Azotyny mgN/dm ³	Azotany mg/dm ³	Sód mgNa/dm ³	Potas mgK/dm ³	Wapń mgCa/dm ³	Magnez mg/Mg/dm ³	Żelazo mgFe/dm ³	Utlen. mg O ₂ /dm ³
1	1	19,0	2,4	27	6,8	15	1,2	1,3	0,00	0,20	0,26	0,007	1,73	13	14	19	3,5	1,0	15,3
2	2	22,4	5,0	59	6,8	8	1,8	0,8	0,00	0,10	0,01	0,005	0,31	20	10	23	7	0,85	6,8
3	3	23,5	8,0	96	6,5	4	3,0	0,9	0,00	0,25	0,50	0,005	0,43	26	14	37	14	0,33	6,7
4	4	22,0	7,0	82	7,0	5	2,8	1,3	0,00	0,05	0,25	0,010	0,43	18	13	35	13	0,38	14,2
5	6	23,2	7,0	84	7,5	5	4,4	1,2	0,00	0,05	0,06	0,011	0,60	28	17	50	23	0,56	9,0
6	7	22,0	9,4	110	6,8	6	4,6	1,3	0,00	0,20	0,08	0,022	0,86	34	24	53	24	0,02	8,4
7	8	21,2	5,0	58	6,4	10	4,6	0,9	0,00	0,20	0,45	0,015	0,44	21	12	48	27	2,12	12,9
8	9	21,8	9,2	107	7,2	6	3,9	1,7	0,00	0,10	0,08	0,010	0,80	29	12	47	19	0,67	6,7
9	10	22,2	12,4	146	8,9	20	3,9	1,5	0,00	0,00	0,45	0,063	1,36	40	23	45	20	1,29	17,1
10	11	22,8	7,2	86	6,4	10	5,2	1,2	0,00	0,15	0,39	0,012	0,49	20	10	35	42	2,23	12,8
11	12	21,8	7,0	82	7,0	8	5,3	1,6	0,00	0,35	0,22	0,012	0,55	30	17	54	32	0,67	12,7
12	13	22,4	8,2	97	7,7	4	7,9	2,4	0,00	0,10	0,11	0,048	0,92	27	17	63	58	0,30	8,7
13	14	20,0	2,4	27	6,2	90	0,9	1,3	0,00	0,30	5,32	0,066	1,79	18	15	82,5	9,4	11,4	27,5
14	15	21,4	5,0	92	7,4	5	3,2	1,3	0,00	0,05	0,09	0,008	0,31	24	11	41	14	0,03	11,2
15	16	22,2	9,8	116	7,6	5	5,0	1,8	0,00	0,05	0,11	0,032	0,55	29	27	48	32	0,03	17,8
16	17	27,0	2,2	30	7,4	70	11,6	9,2	0,00	0,50	4,6	0,198	1,94	15	53	50	111	1,50	29,0
17	18	25,5	0,0	0,0	7,6	50	11,7	1,2	0,00	0,80	59,2	0,144	0,42	15,5	52	54	109	4,0	196
18	19	27,2	0,0	0,0	7,5	60	10,9	1,1	0,00	0,70	57,4	0,162	4,54	16	62	63	95	5,0	160
19	21	27,5	7,3	93	6,9	40	4,9	1,6	0,00	0,20	1,2	0,016	0,65	6,6	3,9	21	47	0,30	16,4
20	26	24,2	6,5	79	7,0	17	6,8	1,5	0,00	0,30	0,58	0,011	0,33	3,1	5,2	37	60	0,05	7,1
21	27	25,2	8,2	121	7,3	25	8,1	1,8	0,00	0,10	0,46	0,012	0,65	7,3	3,6	38	75	0,23	13,2
22	28	26,5	8,4	106	6,9	30	4,5	2,3	0,00	0,10	0,50	0,012	0,55	4,7	7,9	28	36	0,24	14,4
23	29	26,5	7,9	100	7,4	17	3,1	1,8	0,00	0,10	0,28	0,016	0,40	3,9	3,3	27	22	0,25	11,9
24	30	26,2	7,8	98	7,4	12	3,8	3,3	0,00	0,10	0,50	0,015	0,36	3,6	3,0	30	28	0,09	10,7
25	31	27,5	7,9	101	7,0	23	3,9	3,5	0,00	0,05	0,78	0,013	0,12	3,3	2,8	26	29	0,29	15,1
26	32	26,5	8,3	105	7,5	25	3,9	3,1	0,00	0,10	0,42	0,011	0,20	4,7	1,9	10	41	0,19	35,0
27	34	27,0	8,2	103	7,3	17	4,8	1,4	0,00	0,10	0,34	0,006	0,24	2,9	7,2	33	38	0,11	7,4
28	37	23,7	9,9	119	6,6	20	4,1	0,5	0,00	0,30	0,42	0,014	1,58	3,9	6,5	54	17	0,07	5,5
29	41	23,0	8,2	98	8,3	7	4,0	1,2	0,00	0,05	0,00	0,003	0,21	10	6,8	42	23	0,26	10,6
30	33	24,5	8,5	104	5,4	7	3,8	0,5	0,00	0,20	0,04	0,002	0,09	2,6	1,9	13	38	0,06	11,1
31	35	25,0	6,0	99	5,5	10	3,4	1,1	0,00	0,60	0,24	0,007	0,07	5,0	2,8	17	31	0,05	4,8
32	39	24,3	7,8	95	5,8	5	2,8	0,4	0,00	0,30	0,00	0,008	0,40	8,1	9,5	33	14	0,00	8,8

W rejonie Trzebieli i Kamienicy na 21 przebadanych zbiorników do grupy acidotroficznej zakwalifikowało się 6 zbiorników, których odczyn wód mieścił się w granicach od 2,8 pH (zbiornik nr 22 i 23) do 3,8 pH (zbiornik nr 36), (tab. 1). W rejonie Łęknicy liczba przebadanych zbiorników wynosiła 26, wszystkie znalazły się w grupie acidotroficznej o odczynie od 2,6 pH (zbiornik nr 47) do 3,3 pH (zbiornik nr 56) z wyjątkiem dwóch zbiorników (nr 39 i 41), (tab. 1).

3.2. Grupa zbiorników "pozostałych"

Grupa ta liczyła 32 zbiorniki, ich zasadniczą cechą różniącą od grupy acidotroficznej był również odczyn, który wahał się od 6,4 do 8,9 pH.

Zbiorniki omawianej grupy o odczynie od bardzo słabo kwaśnego (6,4 pH) do lekko alkalicznego (8,9 pH) wystąpiły głównie w rejonie Tuplic, na 16 przebadanych zbiorników tylko jeden (zbiornik nr 5) zaliczony został do grupy acidotroficznej. W rejonie Trzebieli i Kamienicy zbiorniki omawianej grupy jeszcze przeważały, gdyż na 21 przebadanych zbiorników 6 miało wody kwaśne.

W rejonie Łęknicy stwierdzono obecność dwóch zbiorników (nr 39 i 41) kwalifikujących się do omawianej grupy, pozostałe 24 zbiorniki zaliczone zostały do grupy acidotroficznej.

Do tej grupy zaliczone zostały ponadto trzy zbiorniki (nr 33, 35 i 39), charakteryzujące się lekko kwaśnym odczynem wody: 5,4; 5,5; 5,8 pH.

3.3. Zakres zmian kilkunastu wskaźników fizyczno-chemicznych

Tlen rozpuszczony

Zawartość tlenu w wodach zbiorników acidotroficznych wahała się od 3,4 mg O_2/dm^3 (zbiornik nr 58) do 9,8 mg O_2/dm^3 (zbiornik nr 60), (tab. 1).

Przedział stężeń tlenu w tej grupie (po odrzuceniu wartości 3,4 mg O_2/dm^3) byłby węższy, gdyż następna z najbliższych zawartości tlenu wynosiła już 5,7 mg O_2/dm^3 (zbiornik nr 42).

Pozostałe zbiorniki charakteryzował znacznie szerszy przedział stężeń tlenu rozpuszczonego od 0,0 mg O_2/dm^3 (zbiornik nr 17 i 18) do 12,4 mg O_2/dm^3 (zbiornik nr 10), (tab. 2). Przyczyną zaniku tlenu w powierzchniowych wodach w/w zbiorników był dopływ ścieków z pobliskich zakładów mięsnych. Procesom rozkładu zanieczyszczeń sprzyjały w tym czasie wysokie temperatury wody (27,5°C).

W zbiornikach nr 33, 35 i 39 charakteryzujących się lekko kwaśnym odczynem wody (5,4 - 5,8 pH) zawartość tlenu mieściła się w granicach 7,8 - 8,5 mg O_2/dm^3 . Ponieważ zbiorniki te różniły się znacznie od pozostałych jedynie odczynem wody, zrezygnowano z oddzielnego ich traktowania przy omawianiu następnych wskaźników fizyczno-chemicznych.

Barwa

Zabarwienie wody zbiorników acidotroficznych wynosiło od 3 mg Pt/ dm^3 (zbiornik nr 60) do 50 mg Pt/ dm^3 (zbiornik nr 59), (tab. 1).

Barwa wody pozostałych zbiorników mieściła się w zakresie od 4 mg Pt/dm³ (zbiornik nr 3) do 90 mg Pt/dm³ (zbiornik nr 14), (tab. 2). Przyczyną intensywnego zabarwienia wód kwaśnych były związki żelaza (zbiornik nr 59 i 61), natomiast w przypadku pozostałych zbiorników również związki żelaza (zbiornik nr 14) oraz dopływające ścieki (zbiorniki nr 17, 18 i 19).

Twardość ogólna

Twardość ogólna wody zbiorników acidotroficznycy wahała się od 4,6 mval/dm³ (zbiornik nr 45) do 36 mval/dm³ (zbiornik nr 57), (tab. 1); natomiast pozostałych zbiorników od 0,9 mval/dm³ (zbiornik nr 14) do 11,7 mval/dm³ (zbiornik nr 18), (tab. 2). Grupę acidotroficzną cechuje większe zróżnicowanie i częstsze przypadki wysokich wartości (tab. 1).

Na taką dużą zmienność twardości badanych wód wpłynęły zróżnicowane ilości jonów wapnia, magnezu, żelaza, manganu i innych kationów (tab. 1 i 2).

Zasadowość

Wody zbiorników acidotroficznycy charakteryzujące się odczynem niższym od 4,6 pH pozbawione były zdolności do zobojętniania mocnych kwasów (zasadowości), gdyż same prezentowały wody kwaśne (tab. 1). Zasadowość wód pozostałych zbiorników wahała się od 0,5 mval/dm³ (zbiornik nr 37) do 3,5 mval/dm³ (zbiornik nr 31).

Stwierdzona w zbiorniku nr 17 zasadowość - 9,2 mval/dm³ była zjawiskiem odosobnionym, wywołanym dopływem ścieków z zakładów mięsnych.

Kwasowość mineralna

Kwasowość mineralna wód zbiorników acidotroficznycy wahała się od 0,10 mval/dm³ (zbiornik nr 5) do 8,2 mval/dm³ (zbiornik nr 61). Wywołana ona została obecnością kwasów mineralnych. Wody zbiorników pozostałych pozbawione były kwasowości mineralnej (tab. 2).

Kwasowość ogólna

Kwasowość ogólną wody zbiorników acidotroficznycy cechował wysoki stopień zróżnicowania i mieścił się w granicach od 0,35 mval/dm³ (zbiornik nr 5) do 33 mval/dm³ (zbiornik nr 61), (tab. 1). Kwasowość ogólna wody zbiorników pozostałych była na ogół wielokrotnie niższa od kwasowości wody grupy acidotroficznej i wynosiła od 0,00 mval/dm³ (zbiornik nr 10) do 0,80 mval/dm³ (zbiornik nr 18), (tab. 2). Przyczyną stosunkowo wyższej kwasowości ogólnej wody w zbiornikach 18 i 19 były kwasy organiczne, pochodzące z rozkładu dopływających zanieczyszczeń organicznych.

Sole amonowe

Zawartość soli amonowych w wodzie zbiorników acidotroficznycy wahała się od 0,14 mg N/dm³ (zbiornik nr 5) do 11,6 mg N/dm³ (zbiornik nr 42), (tab. 1). Stwierdzone ilości amoniaku były dość zróżnicowane, na ich zawartość miały wpływ raczej czyn-

niki fizyczno-chemiczne. Dobre natlenienie tych wód wyklucza wpływ czynników biologicznych (obecność bakterii denitryfikacyjnych).

Zawartość soli amonowych w wodach zbiorników pozostałych wynosiła od 0,00 mg N/dm³ (zbiornik nr 3) do 59,2 mg N/dm³ (zbiornik nr 18), (tab. 2).

Przyczyną tak wysokiego stopnia zróżnicowania stężeń tych soli były zarówno czynniki fizyczne (dopływ ścieków) i chemiczne, lecz także procesy biologiczne:

- synteza (pobór przez rośliny),
- redukcja (denitryfikacja).

Najwyższe stężenia amoniaku (50,2 i 57,4 mg N/dm³) stwierdzono, jak należało oczekiwać, w zbiornikach 18 i 19, zanieczyszczonych ściekami zakładów mięsnych.

Azotyny

Stężenia azotynów w wodach zbiorników acidotroficznycy mieściły się w granicach od 0,000 mg N/dm³ (kilku zbiorników) do 0,207 N/dm³ (zbiornik nr 47). Zawartość azotynów w wodach zbiorników pozostałych wynosiła od 0,005 mg N/dm³ (zbiornik nr 2) do 0,198 mg N/dm³ (zbiornik nr 17), (tab. 2). Zakres zmian tego anionu w wodach omawianych zbiorników był zbliżony do zakresu stężeń w wodach grupy acidotroficznycy. Najwyższe ilości azotynów stwierdzono w zbiornikach (nr 17 i 19) zanieczyszczonych ściekami zakładów mięsnych. Źródłem azotynów w wodzie omawianej grupy zbiorników były poza czynnikami fizyczno-chemicznymi procesy nitryfikacyjne i denitryfikacyjne (niskie zawartości tlenu lub jego brak).

Azotany

Zawartość azotanów w wodach zbiorników acidotroficznycy wahała się od 0,05 mg N/dm³ (zbiornik nr 55) do 1,81 mg N/dm³ (zbiornik nr 58), (tab. 1).

Stężenie azotanów w wodach zbiorników pozostałych wynosiły od 0,12 mg N/dm³ (zbiornik nr 31) do 4,54 mg N/dm³ (zbiornik nr 19), (tab. 2). Na zawartość azotanów w wodach obu grup zbiorników miały wpływ czynniki fizyczne, chemiczne oraz biologiczne (nitryfikacja).

Sód

Stężenie sodu w wodach zbiorników acidotroficznycy mieściły się w granicach od 1,8 mg N/dm³ (zbiornik nr 47) do 41 mg Na/dm³ (zbiornik nr 56), (tab. 1). Były to ilości dość zróżnicowane, wynikające głównie z wpływu czynników fizycznych (geologicznych). Zawartość sodu w wodach zbiorników pozostałych wahała się od 2,9 mg Na/dm³ (zbiornik nr 34) do 40 mg Na/dm³ (zbiornik nr 10), (tab. 2). Zakres zmian stężeń sodu w tej grupie zbiorników był bardzo zbliżony do stężeń tego składnika w wodach grupy acidotroficznycy. Zawartości tego pierwiastka w zbiornikach nr 18 i 19 (15,5 i 16 mg Na/dm³) nie wskazują na wpływ dopływających zanieczyszczeń.

Potas

Zawartość potasu w wodach zbiorników acidotroficznycy wynosiła od 3,6 mg K/dm³ (zbiornik nr 54) do 30 mg K/dm³ (zbiornik nr 55), (tab. 1). Stężenie potasu

w wodach zbiorników pozostałych wahały się od 1,9 mg K/dm³ (zbiornik nr 32) do 62 mg K/dm³ (zbiornik nr 19), (tab. 2). Najwyższe stężenia tego pierwiastka (53, 52 i 62 mg K/dm³) stwierdzono w zbiornikach pozostałych pod wpływem dopływających ścieków (zbiornik nr 17, 18 i 19).

Wapń

Stężenia wapnia w wodach zbiorników acidotroficznycy mieściły się w granicach od 13 mg Ca/dm³ (zbiornik nr 36) do 196 mg Ca/dm³ (zbiornik nr 62), (tab. 1). Na wysokie ilości wapnia w wodach wielu zbiorników wpłynął zapewne kwas siarkowy (tworzący łatwo rozpuszczalne sole). Zawartość wapnia w wodach zbiorników pozostałych wahała się od 10 mg Ca/dm³ (zbiornik nr 32) do 82,5 mg Ca/dm³ (zbiornik nr 14), (tab. 2) i kształtowała się pod wpływem zasobności biotopu w ten pierwiastek oraz stężeń wolnego dwutlenku w wodzie.

Magnez

Zawartość magnezu w wodach zbiorników acidotroficznycy wahała się od 19 mg Mg/dm³ (zbiornik nr 56) do 336 mg Mg/dm³ (zbiornik nr 57), (tab. 1). Wysokie stężenia tego pierwiastka w wodach kilku zbiorników tej grupy były zapewne spowodowane obecnością tego pierwiastka w postaci soli kwasu siarkowego.

Stężenia magnezu w wodach zbiorników pozostałych wynosiły od 3,5 Mg/dm³ (zbiornik nr 1) do 111 mg Mg/dm³ (zbiornik nr 17), (tab. 2). Na podkreślenie zasługuje stwierdzenie wystąpienia najwyższych stężeń magnezu w wodach zbiorników pozostałych pod wpływem dopływających z zakładów mięsnych zanieczyszczeń (zbiornik nr 17 i 19).

Żelazo

Stężenia żelaza ogólnego w wodach zbiorników acidotroficznycy mieściły się w granicach od 0,02 mg Fe/dm³ (zbiornik nr 20) do 20,3 mg Fe/dm³ (zbiornik nr 59), (tab. 1). Na tak duże zróżnicowanie ilości tego pierwiastka w wodach tej grupy zbiorników wpłynęła jego obecność w biotopie oraz zakwaszenie wody.

Zawartość żelaza ogólnego w wodach zbiorników pozostałych wahała się od 0,02 mg Fe/dm³ (zbiornik nr 7) do 11,4 mg Fe/dm³ (zbiornik nr 14), (tab. 2). Kolejna wartość z najwyższych stężeń tego pierwiastka wynosiła 5,0 mg Fe/dm³ (zbiornik nr 19) a w prawie 50% tej grupy zbiorników ilości żelaza ogólnego w wodzie nie przekraczały 0,30 mg Fe/dm³ (tab. 2).

Utlenialność

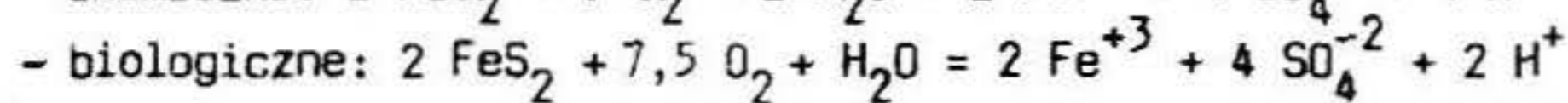
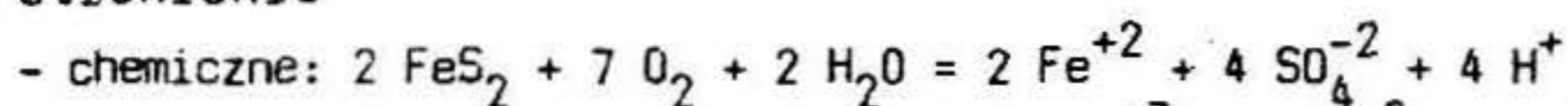
Utlenialność wód zbiorników acidotroficznycy wynosiła od 1,2 mg O₂/dm³ (zbiornik nr 63) do 21,6 mg O₂/dm³ (zbiornik nr 47). Na ogół wskaźnik ten w tej grupie zbiorników miał niskie wartości; stwierdzono tylko trzy przypadki utlenialności mieszczące się w granicach od 10 do 21,6 mg O₂/dm³ (tab. 1).

Utlenialność wód zbiorników pozostałych wahała się od 5,5 mg O₂/dm³ (zbiornik nr 37) do 196 mg O₂/dm³ (zbiornik nr 18). Tę grupę zbiorników charakteryzują znacznie wyższe wartości i zróżnicowanie tego wskaźnika a wynikające z większej ilości związków organicznych pochodzenia autochtonicznego i allochtonicznego (zbiornik nr 18 i 19).

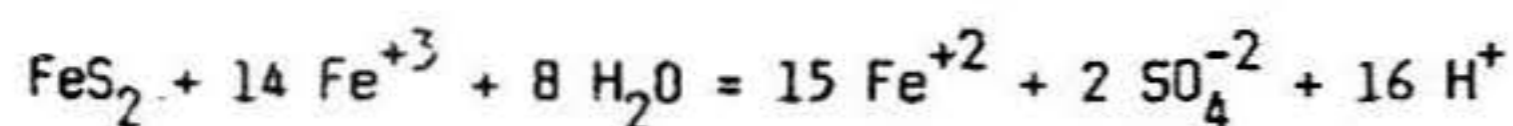
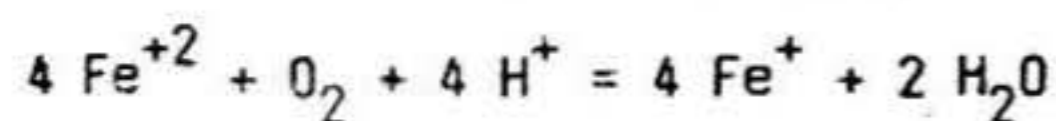
4. Dyskusja

Zbiorniki acidotroficzne różniły się od zbiorników pozostałych przede wszystkim niskim odczynem nie przekraczającym 4,0 pH, występowaniem kwasowości mineralnej oraz brakiem zasadowości. Wody zbiorników acidotroficznych cechowało ponadto występowanie częstych przypadków bardzo wysokich stężeń żelaza oraz wysokich stężeń wapnia i magnezu. Przyczyną zakwaszenia wód tej grupy zbiorników były towarzyszące pokładowi węgla brunatnego piryty, które wydobyte na powierzchnię ulegały w gruntach nasypowych złożonym procesom rozkładu. Zdaniem Bakera i Wilshirea (1970) oraz Walsh'a i Mitchella (1972) procesy te obejmowały następujące etapy:

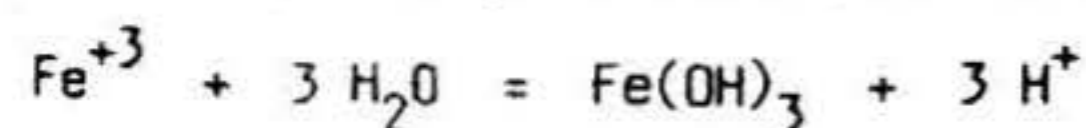
a) utlenianie



b) tzw. cykliczną degradację



c) hydrolizę (wytrącanie) związków żelaza trójwartościowego



Na rozmieszczenie zbiorników o wodzie kwaśnej w wyróżnionych grupach "pojezierza antropogenicznego" miało wpływ szereg czynników, do najważniejszych należą:

- budowa geologiczna obszaru węglonośnego,
- sposób eksploatacji węgla brunatnego (względny i wyrobiskowy),
- sposób napełniania i zasilania wodą utworzonych zbiorników,
- wiek powyrobiskowych zbiorników.

Wg Matejczuka (1986) zbiorniki acidotroficzne w rozwoju ontogenetycznym zmierzają do przekształcenia swoich wód z typu siarczanowo (żelazowo-wapniowego), w typ wodorowęglanowo-wapniowy. Wydaje się, że powyższa droga rozwoju nie dotyczyła wszystkich zbiorników, co wynikać mogło z budowy geologicznej oraz sposobu eksploatacji węgla brunatnego. W przypadku zbiorników zapadliskowych nie musiało dojść do zetknięcia piritów z tlenem atmosferycznym, ponadto nie we wszystkich przypadkach pokładowi węgla towarzyszyły siarczki żelaza. Wobec powyższego brak zbiorników acidotroficznych w rejonie Tuplic oraz zdecydowanie mniejsza ich ilość w rejonie Trzebieli i Kamienicy mogła wynikać z budowy geologicznej tego obszaru i sposobu eksploatacji węgla - genezy tych zbiorników. Wg Kozackiego (1978) zbiorniki w rejonie Tuplic oraz Trzebieli i Kamienicy należą do typu zapadliskowego.

Obecność tylko jednego zbiornika (nr 5) o wodzie kwaśnej (pH 3,9) w rejonie Tuplic nie oznacza, że w okresie ich powstawania (ok. 100 lat temu) nie było ich więcej.

Zastanawiającym jest jednak stwierdzenie obecności tylko trzech zbiorników (nr 33, 35 i 39) o odczynie wody pośrednim (pH 5,4 - 5,8) pomiędzy zbiornikami acidotroficzny-

mi i pozostałymi. Jeden z nich (zbiornik nr 39) położony na terenie wioski Chwałiszowice powstał w miejscu wybranego żwiru, stąd słabo kwaśny odczyn wody (pH 5,9) był wynikiem zmniejszonego dopływu wapnia. A zatem zaledwie dwa zbiorniki (nr 33 i 35) leżące wśród lasów mogą znajdować się na etapie przekształcania się ich wód w typ wodorowęglanowo-wapniowy. Brak większej ilości zbiorników "przejściowych" pomiędzy dwiema wyróżnionymi grupami (acidotroficzne i pozostałe) możnaby tłumaczyć gwałtownym przebiegiem procesów chemicznych w końcowym etapie przemian z jednego typu wód w typ drugi (Matejczuk 1986).|

Z dokonanego rozpoznania wynika, że liczba zbiorników acidotroficznych na obszarze "pojezierza antropogenicznego" może sięgać liczby 40-tu lub niewiele ją przekroczyć. Podjęcie rekultywacji tych zbiorników wiąże się z koniecznością prowadzenia dalszych szczegółowych badań.

Literatura

- [1] Chwastek J. - Możliwość oddziaływania starych wyrobisk górniczych Dolnego Śląska na zagospodarowanie terenu. Prace Naukowe Ośrodka Badań Prognostycznych Politechniki Wrocławskiej, Nr 3, Seria: Konferencje Nr 1. Badania prognostyczne a problemy ochrony środowiska, Wrocław 1974.
- [2] Hermanowicz W., Dożańska W., Dojlido J., Koziorowski B. - Fizyczno-chemiczne badanie wody i ścieków. Wyd. ARKADY, Warszawa 1976.
- [3] Kozacki L. - Jeziora antropogeniczne, ich znaczenie w środowisku geograficznym i możliwości zagospodarowania. Symposium Naukowe "Jeziora Ziemi Lubuskiej, ich wykorzystanie i ochrona przed zanieczyszczeniami", Zielona Góra - Łagów 18-19 maja 1976, s. 141-150. 1978.
- [4] Matejczuk W. - Charakterystyka ekologiczna zbiorników wodnych w wyrobiskach poeksploatacyjnych węgla brunatnego. Politechnika Wrocławska, Instytut Inż. Ochrony Środowiska (praca doktorska), 1986.
- [5] Praca zbiorowa pod red. S. Kozłowskiego - Surowce mineralne Ziemi Lubuskiej, s. 1 - 123, Warszawa 1978.
- [6] Walsh F., Mitchell R. - A pH-dependent succession of iron bacteria. Environmental Science and Technology, 6/19, s. 809 - 812. 1972.
- [7] Żaba J. - Zarys historii eksploatacji surowców powierzchniowych województwa zielonogórskiego. WSIInż. Zielona Góra, 1976, Zeszyty Naukowe Nr 43, Budownictwo 8, s. 107 - 133.

Prof. dr hab. Adam Solski, mgr inż. Władysław Matejczuk, dr inż. Andrzej Jędrzak - Wyższa Szkoła Inżynierska w Zielonej Górze.