

WPŁYW TOKSYCZNY SUBSTANCJI WYŁUGOWANYCH Z ŻUŻLA WIELKOPIECOWEGO HUTY „FLORIAN” W ŚWIĘTOCHŁOWICACH NA ORGANIZMY WODNE

W okresie międzywojennym Huta „Florian” w Świętochłowicach nagromadziła znaczne ilości odpadów przemysłowych w postaci hałd żużla wielkopiecowego.

W latach 70-tych Okręgowy Zarząd Wodny w Warszawie zamierzał wykorzystać złomy żużla wielkopiecowego do budowy ostróg, tam podłużnych i topienia materiałów faszynowych w Wiśle.

Ponieważ obawiano się, że żużel ten może zawierać związki chemiczne, które wymyte przez wodę będą oddziaływać szkodliwie na biocenozę wodną, wykonano badania, których zakres obejmował:

- określenie składu chemicznego próbek żużla,
- ustalenie ilości wylugowanych z żużla substancji mineralnych a przede wszystkim metali ciężkich,
- określenie stopnia toksyczności wymytych z żużla substancji dla wybranych organizmów testowych.

Badania zostały przeprowadzone w Instytucie Meteorologii i Gospodarki Wodnej, Oddział we Wrocławiu. Uzyskane wyniki badań chemicznych i biologicznych dały podstawę do wydania opinii, co do możliwości wykorzystania żużla do prac regulacyjnych w rzece.

Material

Żużel wielkopiecowy

Żużel wielkopiecowy — produkt odpadu w przemyśle hutniczym jest krzemianem wapniowo-glinowym. W skład żużla wchodzi: tlenek wapnia, którego zawartość waha się w granicach od 35 do 48%, tlenek krzemu od 30 do 38%, tlenek glinu od 6 do 18% oraz niewielkie ilości tlenków żelaza, manganu i magnezu [14].

Próbki żużla pochodziły z kilku miejsc eksploataowanego obszaru hałdy. Pobrane próbki żużla (10 szt.) posiadały teksturę bezładną, różniły się natomiast zabarwieniem, porowatością i ciężarem właściwym (tab. 1).

Tabela 1
NIEKTÓRE FIZYCZNE CECHY PRÓBEK ŻUŻLA

Nr Próbki	Gęstość kg/dm ³	Barwa	Struktura	Porowatość
1	2,50	ciemno-szara o nalocie ciemno brązowym	ziarnista	porowaty, pory o różnej wielkości (0,5—30 mm)
2	3,05	ciemno-szara	drobno-ziarnista	porowaty, pory o różnej wielkości (0,5—30 mm)
3	1,88	jasno-szara o nalocie zielonkawo-żółtym	pozbawiona ziarnistości	silnie porowaty, pory wielkości 3—10 mm
4	2,32	szara o nalocie żółtym	ziarnista	porowaty, pory wielkości 0,5—10 mm
5	2,96	szara	drobno-ziarnista	porowaty, pory równej wielkości ok. 0,5 mm
6	2,65	szara o nalocie ciemno-żółtym	ziarnista	porowaty, pory wielkości 0,5—10 mm
7	2,67	jasno-szara o nalocie zielonkawym	drobno-ziarnista	słabo porowaty
8	3,58	szara o nalocie brązowo-zielonym	drobno-ziarnista	porowaty, pory wielkości 0,5—5 mm
9	3,39	jasno-szara	drobno-ziarnista	słabo porowaty, pory wielkości do 2 mm
10	2,80	ciemno-szara	drobno-ziarnista	porowaty, pory o różnej wielkości (0,5—30 mm)

ORGANIZMY TESTOWE

Scenedesmus quadricauda Turp (Breb) — glon, przedstawiciel organizmów autotroficznych, powszechnie występuje w planktonie naszych wód stojących i płynących [13]. Użyty do doświadczeń szczep glonu *S. quadricauda* pochodził z hodowli Instytutu Zootechniki w Zatorze. Hodowlę podstawową prowadzono na zmodyfikowanej pożywce Uspeńskiego [4], w kolbach o pojemności 200 cm³, pod światłem jarzeniowym o natężeniu 3000 luksów, w temperaturze pokojowej.

Lemma minor L. — rzęsa drobna, przedstawiciel roślin naczyniowych, jest gatunkiem powszechnie występującym w wodach powierzchniowych naszego kraju. Roślina ta rozmnaża się wegetatywnie, łatwo hoduje się w warunkach laboratoryjnych, jest wrażliwa na różnego rodzaju trucizny. Hodowlę macierzystą prowadzono w kolbach o pojemności 200 cm³ na pożywce mineralnej [11], pod światłem jarzeniowym o natężeniu 3000 luksów, w temperaturze pokojowej.

Daphnia magna Straus — rozwielitka duża, przedstawiciel planktonu zwierzęcego, jest gatunkiem pospolitym w wodach naszego kraju

[6]. Materiał doświadczalny pochodził z własnej hodowli prowadzonej w laboratorium od kilku lat.

Gammarus pulex L. — kielż zdrojowy, należy do skorupiaków wyższych, żyje w wodach czystych i dobrze natlenionych. Kielże użyte do doświadczeń odłowiono w rowie melioracyjnym, położonym wśród łąk i pastwisk pod Wrocławiem.

Asellus aquaticus L. — ośliczka wodna, zalicza się do skorupiaków wyższych, jest gatunkiem pospolitym, żyjącym wśród roślin wodnych jezior, rzek i stawów. Ośliczki użyte do badań odłowiono w stawku położonym na terenie parku Szczytnickiego we Wrocławiu.

Lebistes reticulatus L. — gupik, ryba powszechnie hodowana w akwariach, znana z dużej płodności. Do doświadczeń użyto osobników pochodzących z własnej hodowli.

Pożywki, wyciągi

Pożywki mineralne używane do hodowli glonu *S. quadricauda* i rzęsy drobnej przygotowano wg Solskiego [11].

Wyciągi z żużła sporządzono w sposób następujący: rozdrobnione próbki żużła o ciężarze po 1000 g umieszczono w naczyniach szklanych i zalano 2 dm³ wody destylowanej. Zawartość naczyni mieszano codziennie 3-krotnie. Po 10 dniach wyciągi zlane do gąsiorów, uzupełniając wodą dest. do objętości 2 dm³. Do rozcieńczeń używano pożywek mineralnych oraz wodę akwaryjną o odczynie ok. 7,5 pH i twardości ogólnej ok. 5,0 mval/dm³.

Metodyka

Żużel. Oznaczenia zawartości kilku metali ciężkich (Pb, Zn, Cu, Mn, Ni, Cr i V) w próbkach żużła wykonano w spektrografie o średniej dyspersji Q—24, firmy Zeiss, metodą proszkową, stosując następujące warunki: czas ekspozycji — 90 sek., szczelina — 0,010 μm, układ trójsoczewkowy. Zdjęcia wykonano na kliszach Orwo blau hart [8]. Zawartość tych metali w badanych próbkach żużła przedstawia tabela 2.

Tabela 2

ZAWARTOŚĆ METALI CIĘŻKICH W PRÓBKACH ŻUŻŁA HUTY „FLORIAN”, PPM

Pierwiastek	nr próbki									
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Ołów, Pb	śl	śl	śl	śl	śl	śl	śl	śl	śl	śl
Cynk, Zn	<50	<50	<50	<50	<50	<50	<50	<50	<50	<50
Miedź, Cu	32	42	40	40	50	50	50	50	132	132
Mangan, Mn	>800	>800	>800	>800	>800	>800	>800	>800	>800	>800
Nikiel, Ni	ok. 10	ok. 10	ok. 10	ok. 10	ok. 10	ok. 10	ok. 10	ok. 10	ok. 10	ok. 10
Chrom, Cr	45	50	20	40	65	35	45	50	25	35
Wanad, V	65	65	40	65	70	50	65	65	50	40

Wyciągi. Odczyn, zasobność, twardość ogólną, zawartość tlenu rozp., siarkowodór i chlorki oznaczono w wyciągach z żużła wg metod podanych przez Justa i Hermanowicza [5].

Zawartość wapnia oznaczono w fotometrze płomieniowym „Flavokol” f-my Zeissa, przy długości fali 554 mμ. Zawartość żużła, miedzi, cynku, magnezu i manganu oznaczono w atomowym spektrofotometrze absorpcyjnym „Atomspek” f-my Hilger-Watts, stosując następujące linie analityczne: Fe-2483 Å°, Cu-3248 Å°, Zn-2139 Å°, Mg-2882 Å°, Mn-2795 Å° [10].

W przypadku drugim do krystalizatorów o pojemności 150 cm³ wkładano odważki żużła (10, 20, 40, 60, 80 i 100 g) następnie wlewano po 100 cm³ wody akwaryjnej i wprowadzano następujące gatunki organizmów wodnych: *L. minor*, *G. pulex* i *A. aquaticus*. Doświadczenia z organizmami wodnymi i interpretację uzyskanych wyników przeprowadzono w sposób opisany przez Solskiego [11].

Wyniki badań

Ługowanie związków chemicznych z żużła

Ilość wymytych przez wodę niektórych związków mineralnych z próbek żużła przedstawia tab. 3. Odczyn badanych wyciągów wahał się od słabo alkalicznego (7,8 pH) do alkalicznego (8,8 pH). W wyciągach tych dominowały sole wapnia, od około 500 do 1150 mg CaCO₃/dm³, z wyjątkiem 3 próbek (nr 5, 7 i 10), w których zawartość tych soli była kilkakrotnie niższa (175—195 mg CaCO₃/dm³).

Zawartości magnezu były stosunkowo niskie i wynosiły po kilka mg Mg/dm³, z wyjątkiem jednej próbki (nr 3), w której stwierdzono 16,3 mg Mg/dm³.

Badania toksyczne

W badaniach toksykologicznych zastosowano dwa rozwiązania, polegające na ocenie wpływu na organizmy wodne:

- substancji zawartych w wyciągach z żużła,
- substancji wymytych „in statu nascendi” z próbek żużła.

W rozwiązaniu pierwszym przygotowano szeregi rozcieńczeń z wyciągów i badano ich wpływ na następujące organizmy testowe: *S. quadricauda*, *D. magna* i *L. reticulatus*.

Ilości wyługowanych chlorków były również niskie, tylko w próbce nr 6 stężenie tego anionu osiągnęło wartość 180 mg Cl/dm³. Zawartości żelaza mieściły się w granicach od 0,09 do 1,20 mg Fe/dm³, zaś manganu od 0,03 do 2,8 mg Mn/dm³.

Stężenie miedzi i cynku, metali posiadających właściwości toksyczne, były niskie. Ołowiu, pierwiastka działającego również szkodliwie na żywy organizm, nie oznaczono w wyciągach po stwierdzeniu śladowych jego ilości w próbkach żużla (tab. 2). Na uwagę zasługuje fakt wystą-

(nr) i stopnia rozcieńczenia wyciągów (rys. 1). Wszystkie wyciągi nierozcieńczone działały hamująco na reprodukcję glonu. Najmniejsze przyrosty komórek stwierdzono w wyciągach następujących próbek żużla: nr 1, 6, 8 i 9. Określone stężenia przeważającej części badanych próbek żużla działały stymulująco na rozwój glonu (rys. 1).

Daphnia magne (rozwieltka duża)

Wpływ wyciągów z żużla na rozwieltki oceniano na podstawie zapisu porażen i śmierci orga-

SKŁAD CHEMICZNY WYCIĄGÓW WODNYCH Z ŻUŻLA HUTY „FLORIAN” W ŚWIĘTOCHŁOWICACH

Tabela 3

Wskaznik	nr próbki									
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Odczyn, pH	7,8	7,9	8,0	8,0	7,9	8,5	8,0	7,8	8,1	8,0
Przewodnictwo, uS.cm ⁻¹	1050	1250	975	1515	525	2130	415	1360	1300	400
Tlen rozp., mg O ₂ /dm ³	4,70	8,95	8,40	1,05	0,50	0,00	8,55	0,00	0,00	7,30
Zasadowość, mval/dm ³	0,75	0,60	0,65	0,50	0,75	0,50	0,70	0,65	0,40	0,45
Twardość ogólna mg CaCO ₃ /dm ³	570	700	510	835	195	1150	175	765	620	175
Chlorki, mg Cl/dm ³	6	12	14	16	32	216	8	4	12	6
Wapń, mg Ca/dm ³	200	140	125	285	75	356	65	265	240	50
Magnez, mg Mg/dm ³	7,2	7,4	16,6	8,8	4,6	4,4	4,8	7,8	4,4	7,8
Żelazo, mg Fe/dm ³	0,71	1,20	0,21	0,10	0,09	0,11	0,11	0,57	0,19	0,26
Miedź, mg Cu/dm ³	0,02	0,02	0,01	0,01	śl	0,01	śl	śl	śl	0,01
Cynk, mg Zn/dm ³	0,12	0,10	0,12	0,05	0,06	0,03	0,05	0,06	0,04	0,10
Mangan, mg Mn/dm ³	1,35	1,45	0,03	0,52	2,50	0,00	1,15	2,80	0,14	1,55

pienia w kilku wyciągach znacznych deficytów tlenu rozp. po 10 dniach ługowania. W związku z tym wyróżniono dwie grupy badanych żużli:

- próbki nr 4, 6, 8, 9, zawierające tlenu od 0,00 do 1,05 mg O₂/dm³
- próbki nr 1, 2, 3, 7, 10, zawierające tlenu od 4,7 do około 9,0 mg O₂/dm³.

Stwierdzono, że przyczyną oddlenienia badanych wyciągów był siarkowodór, którego znaczne ilości powstały w wyniku hydrolizy siarczków metali. Pod tym względem wyróżniały się dwie próbki żużla: nr 6 i 9.

Wyniki badań nad intensywnością wytwarzania siarkowodoru z tych próbek przedstawia tab. 4.

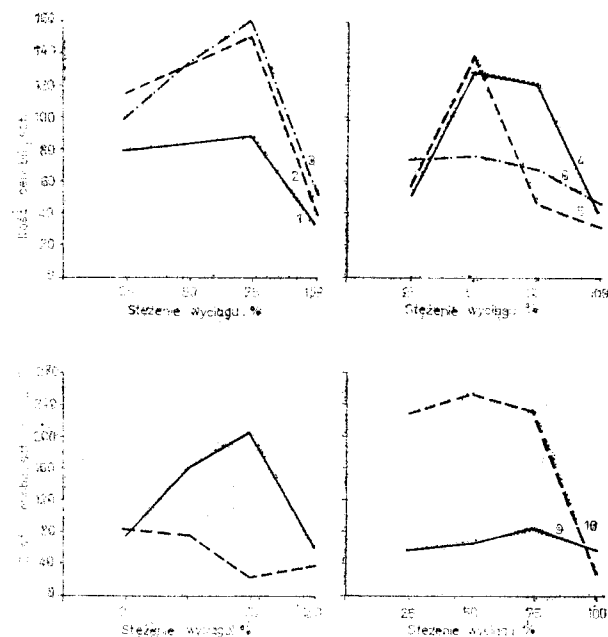
Tabela 4

INTENSYWNOŚĆ WYTWARZANIA SIARKOWODORU Z DWÓCH PRÓBEK ŻUŻLA, mg H₂S

Nr próbki	Ciężar g	godziny							
		1/4	3/4	1 3/4	5	12	24	48	72
6	100	0,09	0,37	0,41	0,41	0,44	0,58	0,75	0,74
9	100	0,06	0,08	0,12	0,14	0,15	0,16	0,20	0,21

Toksyczność substancji zawartych w wyciągach Scenedesmus quadricauda (głon)

Wpływ różnych stężeń wyciągów z żużla na glon *S. quadricauda* oceniano na podstawie przyrostu komórek (cenobii) po 8 dniach hodowli w określonych warunkach świetlnych i termicznych. Wpływ ten miał charakter złożony, kształtował się w zależności od próbki żużla



Rys. 1 Wpływ substancji zawartych w wyciągach z żużla na rozwój glonu *Scenedesmus quadricauda*

nizmów po 1, 3, 6, 12, 24 i 48 godzinach. Ponieważ po 48 godzinach nie stwierdzono ujemnego działania wyciągów na rozwieltki, czas ekspozycji przedłużono o dwie doby. Po 96 godzinach w dalszym ciągu nie zaobserwowano widocznych ujemnych zmian w zachowaniu się organizmów testowych.

Lebistes reticulatus (gupik)

Wpływ wyciągów z żużla na gupika oceniano w sposób podobny jak na rozwielitkę. Po 96 godzinach ekspozycji nie stwierdzono u ryb wystąpienia zmian, które wskazywałyby na toksyczne działanie substancji zawartych w wyciągach z żużla.

Toksyczność substancji ługowanych z żużla „in statu nascendi”

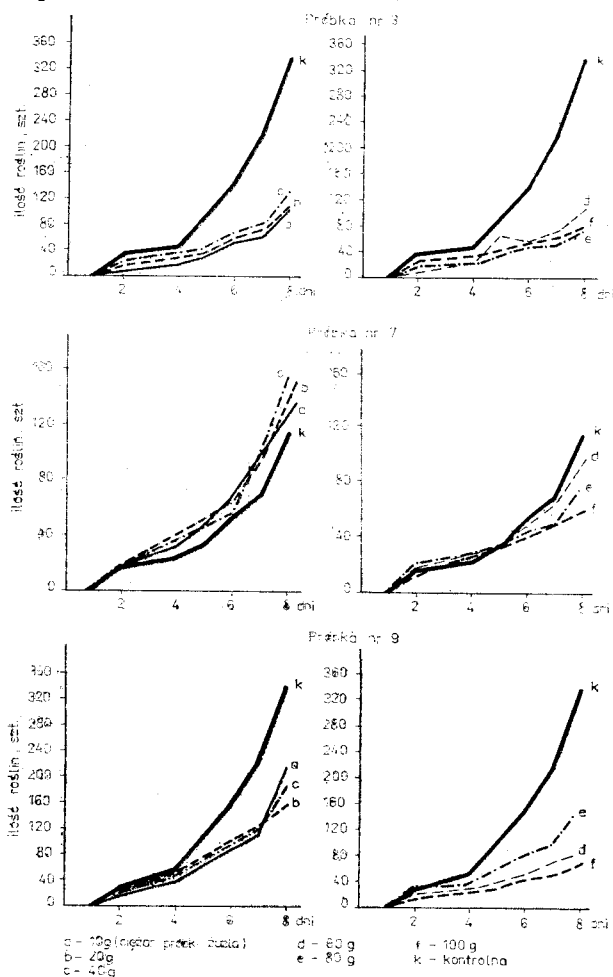
Lemna minor (rzęsa drobna)

Wpływ próbek żużla na rzęsę określano na podstawie przebiegu reprodukcji, przyrostu biomasy i zawartości w niej chlorofilu po 8 dniach hodowli w określonych warunkach świetlnych i termicznych.

Wpływ 3 próbek żużla na reprodukcję przykładowo ilustruje rys. 2. Zdecydowanie silny hamujący wpływ na przyrost ilości roślin wykazała próbka żużla nr 3 nieco słabszy — próbka żużla nr 9, natomiast brak toksycznego wpływu na rozwój roślin charakteryzowało próbkę nr 7 (rys. 2).

Przyrosty biomasy pod wpływem odważek poszczególnych próbek żużla kształtowały się różnie, co ilustruje rys. 3:

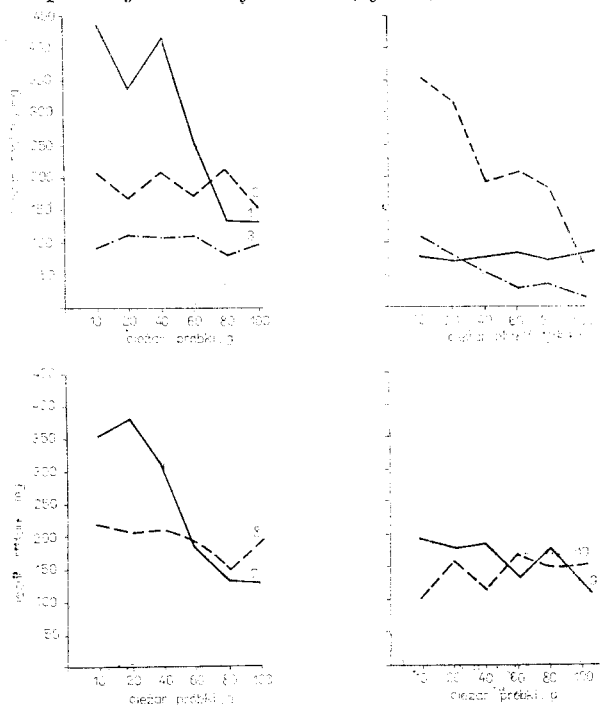
- malały ze wzrostem ciężaru odważek próbki nr 1, 5 i 7),
- utrzymywały się na niskim poziomie bez wyraźnej zależności od ciężaru odważek (próbki nr 2, 3, 4, 8, 9 i 10) oraz



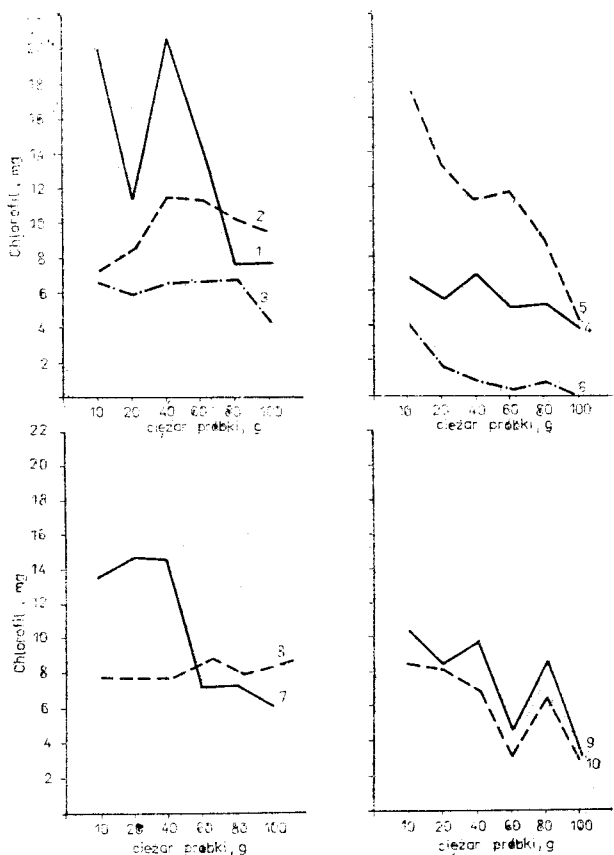
Rys. 2 Wpływ substancji wymytych z kilku próbek żużla (nr 3, 7 i 9) na rozwój rzęsy drobnej

— były bardzo niskie i równocześnie malały ze wzrostem ciężaru odważek (próbka nr 6).

Wpływ poszczególnych próbek żużla na zawartość chlorofilu w hodowlach rzęsy był podobny do opisanego wyżej oddziaływania tych próbek na porosty biomasy roślin (rys. 4).



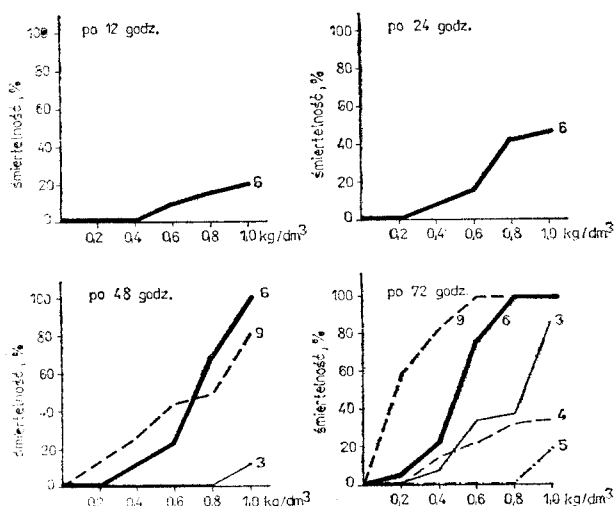
Rys. 3 Wpływ substancji wymytych z próbek żużla na przyrost biomasy rzęsy drobnej



Rys. 4 Wpływ substancji wymytych z próbek żużla na zawartość chlorofilu w biomacie rzęsy drobnej

Gammarus pulex (kieleż zdrojowy)

Przebieg śmiertelności kieleży pod wpływem odważek próbek żużla przedstawia rys. 5. Pierwsze przypadki śmierci zarejestrowano po 12 godz. w krystalizatorach z odważkami żużla nr 6. Po dwóch dobach przypadki śmierci pojawiły się w naczyniach z odważkami próbek żużla nr 3 i 9, zaś po 3 dobach w krystalizatorach z żużlem nr 4 i 5.



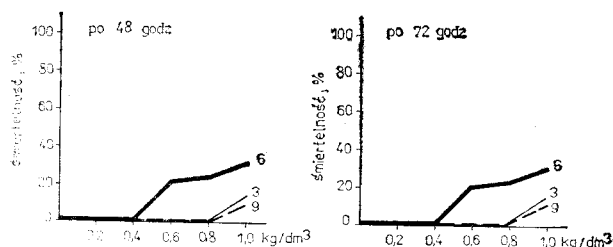
Rys. 5 Wpływ substancji wymytych z kilku próbek żużla (nr 3, 4, 5, 6 i 9) na przebieg śmiertelności ośliczki

Przyjmując, jako kryterium oceny stopnia toksyczności żużla postęp śmierci u kieleży, do najbardziej trujących należy zaliczyć kilka próbek uszeregowanych wg następującej kolejności: nr 6, 9, 3, 4 i 5. Wyznaczono dla 3 pierwszych próbek żużla wartości LC 50/48 wynosiły:

Nr próbki	LC 50/48, g/dm ³
3	powyżej 1000
6	650
9	740

Asellus aquaticus (ośliczka wodna)

Przebieg śmiertelności ośliczek pod wpływem odważek próbek żużla przedstawia rys. 6. Pierwsze przypadki śmierci zwierząt stwierdzono dopiero po 48 godz. ekspozycji, w naczyniach z próbkami żużla nr 3, 6 i 9. Ten stan utrzymywał się przez następne 24 godziny. Za najbardziej toksyczną uznano próbę żużla nr 6, pod wpływem której po 72 godz. ekspozycji ginęło 30% organizmów testowych.



Rys. 6 Wpływ substancji wymytych z kilku próbek żużla (nr 3, 6 i 9) na przebieg śmiertelności ośliczki

Dyskusja

Przystępując do badań nad toksycznym wpływem substancji zawartych w żużlu na organizmy wodne zwrócono główną uwagę na niektóre metale ciężkie. Wykonana w tym celu analiza chemiczna 10 próbek żużla wykazała, że np. ołów wystąpił w ilościach śladowych, zaś zawartości miedzi i cynku mieściły się w granicach stężeń napotykanych w glebach naszego kraju [1, 12].

W sporządzonych wyciągach zawartość miedzi, pierwiastka silnie toksycznego [2, 3, 9] wahała się od śladów do 0,02 mg Cu/dm³. Były to ilości niskie. Stężenia pozostałych metali w żużlu i w wyciągach wodnych z żużla były również niskie i nie stanowiły zagrożenia dla organizmów wodnych w działaniu krótkotrwałym. Okazało się, że główną przyczyną śmierci zwierząt testowych był tworzący się w wyniku hydrolizy niektórych siarczków metali — siarkowódor. Siarczki metali ciężkich: CuS, ZnS, PbS i inne są trudno rozpuszczalne w wodzie a tylko niektóre z nich jak nap. siarczek glinowy, wchodząc w reakcję z wodą wydzielają siarkowódor: $Al_2S_3 + 6H_2O \rightarrow 2Al(OH)_3 + 3H_2S$.

Powyższy fakt skłonił do przeprowadzenia doświadczeń z organizmami wodnymi w warunkach tworzenia się siarkowodoru „in statu nascendi” tj. w obecności zanurzonych w wodzie odważek żużla. Takie podejście zbliżało eksperyment do warunków naturalnych.

Jak już wspomniano, substancją powodującą śmierć zwierząt testowych był siarkowódor. Ilości wytworzonego siarkowodoru w poszczególnych naczyniach z odważkami żużla i organizmami testowymi były zmienne z powodu trwającego procesu hydrolizy siarczków i ulatniania się tego gazu do atmosfery. O intensywności wytwarzania siarkowodoru i jego stężeniach w tych naczyniach można wnioskować na podstawie badań z wyróżniającymi się pod tym względem próbkami żużla nr 6 i 9 (patrz tab. 4).

Po 48 godzinach kontaktu z wodą ilości uwalnianego siarkowodoru z 1 kg żużla wspomnianych próbek wynosiły:

nr 6	— 7,5 mg H ₂ S
nr 9	— 2,0 mg H ₂ S

Wyniki badań nad toksycznością substancji zawartych w wyciągach z żużla oraz substancji wymywanych „in statu nascendi” z odważek żużla przemawiają na korzyść drugiego sposobu przeprowadzenia doświadczeń. W czasie przygotowania wyciągów z żużla dochodziło bowiem do znacznych strat w zawartości siarkowodoru, który okazał się główną trucizną dla zwierząt wodnych.

Wyciągi nie rozcieńczone odpowiadające „stężeniu” — 500 g/dm³, jak wiadomo nie spowodowały śmierci zwierząt testowych. Tymczasem w doświadczeniach z odważkami żużla „stężenia” — 500 g/dm³ kilku jego próbek były dla kieleża zdrojowego toksyczne, powodując po 72 godz. jego śmierć o różnym stopniu nasilenia:

Nr próbki	Śmiertelność, %
3	około 20
4	„ 20
6	„ 50
9	„ 90

Na wykorzystanie żużla z hałd przy Hucie „Florian” w Świętochłowicach do prac regulacyjnych w Wiśle wyrażono zgodę pod warunkiem wykonania odpowiednich zabiegów (np. polewania wodą), prowadzących do hydrolizy siarczków i usunięcia ze złomów żużla siarkowodoru.

Podobne badania nad toksycznością żużla wielkopiecowego dla biocenozy rzecznej wykonano w Oddziale IMGW w Warszawie [7]. Celem tych badań było określenie możliwości wykorzystania żużla z hałd przy Hucie „Warszawa” do budowy Wisłostrady. Stwierdzono, że próbki żużla po kontakcie z wodą powodowały jej zanieczyszczenie nie organicznymi substancjami. Wody te charakteryzowały się ponadto silną toksycznością: w doświadczeniach z rozwielitką (*D. magna*), LC 50/24 wahało się od 2 do 320 g/dm³. Autorzy doszli jednak do wniosku, że żużel z Huty „Warszawa” może być użyty do prac ziemnych przy budowie Wisłostrady, gdyż substancje wymyte z żużla nie będą stanowiły zagrożenia dla wód Wisły z powodu bariery ziemnej utrudniającej spływ tych substancji do rzeki.

Z przedstawionych danych wynika, że żużel z Huty „Warszawa” należy uznać za bardziej toksyczny dla organizmów wodnych od żużla z Huty „Florian” w przypadku wprowadzenia ich do rzeki.

O toksyczności żużla decyduje w znacznym stopniu jego „świeżość” na co zwrócili uwagę autorzy badań żużla z Huty „Warszawa”. Żużel z Huty „Florian” pochodził z okresu międzywojennego, powierzchniowe warstwy hałd uległy silnemu pokruszeniu i miejscami porośły mchami i roślinami naczyniowymi. Do powszechnie występujących tu gatunków należą: *Bryum argenteum* Hedw., *Rumex acetosa* L., *Achillea millefolium* L., *Cirsium arvense* L., *Centaurea austriaca* Willd., *Agrostis vulgaris* With., *Verbascum* sp. i inne.

Wnioski

1. Badania nad toksycznością żużla wielkopiecowego należy prowadzić w warunkach bezpośredniego kontaktu organizmów testowych z żużlem (organizmy wprowadzić do naczyń natychmiast po zalaniu odważek wodą).
2. Substancją decydującą o toksyczności żużla dla zwierząt wodnych był siarkowodor, wydzielający się w procesie hydrolizy niektórych siarczków metali.

3. Do najbardziej toksycznych dla zwierząt testowych spośród przebadanych 10 próbek żużla były próbki: nr 6, 9 i 3. Wyznaczone LC 50/48 dla tych próbek w badaniach z kiełkiem zdrojowym kolejno wynosiły: 650, 750 i powyżej 1000 g/dm³.

4. Rośliny okazały się mniej wrażliwe na substancje wylugowane z żużla. Wpływ tych substancji na rośliny wyrażony reprodukcją, przyrostem biomasy i zawartością w niej chlorofilu kształtował się różnie. Przyczyną tego były zapewne sole pokarmowe, pochodzące z ługowania żużla i niektóre mikroelementy.

5. Żużel z hałd przy Hucie „Florian” w Świętochłowicach może być użyty do prac regulacyjnych w rzece po przeprowadzeniu odpowiednich zabiegów, zmierzających do hydrolizy siarczków metali i usunięciu trującego siarkowodoru.

LITERATURA

1. K. BORATYŃSKI, E. ROSZYK, M. ZIĘTECKA: Przegląd badań przeprowadzonych w Polsce nad mikroelementami. Cz. I bor, miedź i mangan. Rocz. Gleb., 1971, t. XXII, z. 1, 205—264.
2. R. CZENSNY: Die Kupferhaltige Abwässer, ihre Wirkung und ihr Nachweis im Verfluter. Vom Wasser, 1934, 8.
3. R. CZENSNY: Die Einwirkung von Kupfer auf ein Gewässer, dargestellt am Neumühler See. Vom Wasser, 1952, 19.
4. S. GUMINSKI: Badania nad warunkami i mechanizmem działania związków próchnicznych na organizm roślinny. Acta Soc. Bot. Pol., 1950, XX, 589—620.
5. J. JUST, W. HERMANOWICZ: Fizyczne i chemiczne badanie wody do picia i potrzeb gospodarczych. PZWL, Warszawa, 1955.
6. S. LAKOTA: Laboratoryjna metoda oznaczania toksyczności ścieków przy użyciu *Daphnia magna* jako testu. Pestycydy, Inst. Przem. Organ., 1968, nr 1, 17—21.
7. Praca zespołowa (pod kier. J. Dojlidy i B. Jacenkowa): Ocena wpływu żużla z hałd przy Hucie „Warszawa” na chemizm i biocenozę wód Wisły oraz określenie cech fizyczno-mechanicznych żużla. IMGW, Warszawa, 1973 (maszynopis).
8. E. ROSZYK: Zawartość wanadu, chromu, manganu, kobaltu, niklu i miedzi w niektórych glebach Dolnego Śląska wytworzonych z glin pylastych i utworów pyłowych. Cz. I. Ogólna zawartość mikrośladników. Rocz. Gleb., 1968, XIX, 2, 223.
9. W. SCHÄPERCLAUS: Fischkrankheiten. 3 Aufl. Akademie-Verlag, Berlin, 1954.
10. W. SLAVIN: Atomic Absorption Spectroscopy. Interscience Publishers, New York, 1968.
11. A. SOLSKI: Metody oceny toksyczności pestycydów w środowisku wodnym. Mat. Sesji Nauk. „Wpływ pestycydów na wody powierzchniowe”, PAN, Warszawa, 1970, 114—139.
12. Z. SÓJKOWSKI: Udział mikroelementów w metabolizmie roślin. PWiRL, Warszawa, 1971.
13. K. STARMACH: Wody śródlądowe. Nakład Uniw. Jagiel., Kraków, 1969.
14. W. TRZEBIATOWSKI: Chemia nieorganiczna. WNT, Warszawa, 1965.