

**Henryk Greinert**  
**Marlena Piontek**  
**Michał Drab**

**OCENA TOKSYCZNEGO DZIAŁANIA SUBSTANCJI  
WYŁUGOWANYCH Z ZIEMI SKAŻONEJ ODPADAMI  
PRZEMYSŁOWYMI NA WYBRANE ORGANIZMY WODNE  
W ASPEKTCIE WYMOGÓW STAWIANYCH  
PRZY ICH SKŁADOWANIU**

*Streszczenie*

*W pracy wykonano analizę chemiczną skażonych ziem oraz wpływ ich wyciągów na organizmy żywe *Daphnia magna* Straus i *Lemna minor* L. Badane ziemie wykazały toksyczne zawartości metali ciężkich. Sporządzone wyciągi ze skażonych ziem oddziaływały toksycznie na testowane organizmy wodne.*

Budownictwo mieszkaniowe coraz częściej wkracza na tereny skażone przez przemysł. Przed rozpoczęciem budowy takie tereny muszą być odkażone. Tego rodzaju zadanie realizował Budimex, prowadząc prace nad przeniesieniem fabryki farb ze śródmieścia poza obręb miasta. Skażoną odpadami ziemię trzeba było zebrać i wywieźć.

W celu wyboru odpowiedniej technologii i miejsca składowania skażoną ziemię poddano analizie chemicznej według metod stosowanych w gleboznawstwie.

Obawiano się, że ziemia ta może zawierać substancje chemiczne, które wymyte przez wodę opadową mogą dostać się do znajdującego się w pobliżu zbiornika wodnego. Dlatego też wykonano badania toksykologiczne, których zakres obejmował określenie stopnia toksyczności wymytych z ziemi substancji chemicznych na wybrane organizmy wodne.

**Materiał i metodyka badań**

W pracy badano trzy rodzaje ziem o różnym zabarwieniu: próba 1 (szaro-żółta), próba 2 (ciemno-szara) i próba 3 (czerwona).

Wyciągi wodne ziem sporządzono w sposób następujący: 100 g próby zmielonej i przesianej przez sito o średnicy oczek 0,2 mm, zalano 1 dcm<sup>3</sup> wody destylowanej i wytrząsano przy pomocy obrotowego mie-

szadła laboratoryjnego przez 8 godzin. Następnie trzykrotnie sączono przez twarde sączki.

Badano toksyczność substancji wymytych z wymienionych ziem na:

- Lemna minor L. (rzęsa drobna) — przedstawiciel naczyniowych roślin wodnych,
- Daphnia magna Straus (rozwieltka duża) — przedstawiciel zwierząt.

Do sporządzania rozcieńczeń wyciągu ziem używano w przypadku rzęsy drobnej pożywkę mineralną przygotowaną według metodyki Solskiego [9], a rozwieltki dużej — wody akwaryjnej o pH 7,8, i twardości ogólnej 11,4°n (woda o średniej twardości).

Testy biotoksykologiczne wykonano zgodnie z metodyką Solskiego [9].

Wpływ toksyczny badanych wyciągów glebowych na rozwieltkę określano na podstawie śmierci badanych osobników notowanej po 48 godzinach. W tym celu sporządzano szeregi rozcieńczeń składające się z 8 prób w 3 powtórzeniach. Doświadczenie prowadzono w probówkach o pojemności 30 ml napełnionych 25 ml roztworów badanych rozcieńczeń wyciągów z ziem. Do każdej próbówki wprowadzano po około 10 rozwielitek w wieku 3 dni.

Wyniki opracowano statystycznie według Weber [11].

Wpływ toksyczny badanych wyciągów na rzęsę określano na podstawie oceny jej stanu fizjologicznego po 8-miu dniach hodowli prowadzonej pod światłem jarzeniowym o natężeniu 3 tys. luksów, z zachowaniem dobowego rytmu dnia i nocy w temperaturze 20°C.

Hodowle prowadzono w kolbach stożkowych o pojemności 300 ml, napełnionych 100 ml badanych roztworów wyciągów z ziem. Do każdej kolby wkładano po 5 roślin (5x3 człony). Każda kombinacja była powtarzana trzy razy.

Po 8-miu dniach doświadczenia sporządzano próby średnie przez zlanie zawartości 3 kolb, następnie liczono zdrowe człony, określano ich ciężar i oznaczano zawartość chlorofilu dokonując pomiaru absorpcji ekstraktów acetonowych na Spekolu.

Badane próby ziem poddano analizie chemicznej według metod opracowanych przez Nowosielskiego [7], określając pH, zawartość N—NO<sub>3</sub>, P—PO<sub>4</sub>, formy ogólne i rozpuszczalne Pb, Cd, Zn, Ni, Co, Cu, Mn, Cr i Hg.

## **Wyniki badań i ich omówienie**

### **Wyniki analizy składu chemicznego skażonych ziem odpadami**

Z danych zawartych w tabeli 1 wynika, że ziemie zanieczyszczone odpadami są bardzo ubogie w azotany i fosforany, natomiast zawierają

duże ilości metali ciężkich. Odczyn ich jest obojętny, co dla większości metali stanowi środowisko najmniej sprzyjające ich rozpuszczalności a więc i toksycznemu oddziaływaniu [3].

Na uwagę zasługuje bardzo wysokie stężenie ołowiu, przekraczające przeciętne stężenie tego pierwiastka w naszych glebach uprawnych przeszło 100 razy [1, 4], który jest przy tym dobrze rozpuszczalny w 2,5%  $\text{CH}_3\text{COOH}$ , stanowiącym stosunkowo słaby roztwór ekstrahujący metale.

Stężenia rozpuszczalnych w 2n  $\text{HNO}_3$  kadmu, cynku i miedzi są w stosunku do gleb niezanieczyszczonych wyższe o około 10 razy, przy

Tabela 1

WŁAŚCIWOŚCI CHEMICZNE SKAŻONYCH ZIEM  
ZAWARTOŚĆ SKŁADNIKÓW WYRAŻONO W  $\text{mg/kg}$  s.m.

Rodzaj właściwości — składnik	Forma	Próbka nr		
		1	2	3
pH		6,9	7,0	7,1
N— $\text{NO}_3$		3,4	0,12	0,27
P— $\text{PO}_4$		0,06	0,02	0,04
Ołów	og. rozp.	1,725 632	1,850 925	1,075 90
Kadm	og. rozp.	1,20 0,12	9,25 2,94	1,33 0,12
Cynk	og. rozp.	534 257	550 275	542 261
Nikiel	og. rozp.	32,0 1,5	47,0 3,0	64,5 5,5
Kobalt	og. rozp.	11,1 1,5	39,9 3,0	48,8 5,5
Miedź	og. rozp.	89,7 2,1	427,5 50,7	169,8 15,9
Mangan	og. rozp.	293 70,3	472 95,1	505 130,0
Chrom	og.	40	470	10
Rtęć	og.	poniżej 1	poniżej 1	poniżej 1

U w a g a: Og. — forma rozpuszczalna na gorąco w 2 n  $\text{HNO}_3$

Rozp. — forma rozpuszczalna w 2,5 %  $\text{CH}_3\text{COOH}$

czym poszczególne próby wykazują pod tym względem znaczne różnice między sobą.

Podobnie jak w przypadku ołowiu rozpuszczalność Cd, Zn i Cu jest duża, co stwarza niebezpieczeństwo ich toksycznego wpływu na organizmy żywe.

Podwyższona zawartość chromu wystąpiła jedynie w próbie nr 2 (470 ppm). Gleby o takiej ilości chromu mogą być toksyczne dla roślin przy pH poniżej 6, natomiast przy wyższym pH są przez szereg roślin tolerowane [4].

Kobalt i nikiel występują także w podwyższonej ilości, przeciętnie ich stężenie jest wyższe od niezanieczyszczonych gleb od 2 do 5 razy [2, 4].

Zawartość rtęci nie przekroczyła stężeń przeciętnych dla gleb.

Z przytoczonych danych wynika, że analizowane próby ziemi zawierają metale ciężkie w stężeniach uznanych za toksyczne dla roślin i zwierząt, przy czym największe zagrożenie ze względu na duże ilości i łatwą rozpuszczalność stanowi ołów. Również kadm, cynk, miedź, chrom kobalt i nikiel mogą w niektórych warunkach działać toksycznie, zwłaszcza w przypadku wystąpienia zjawiska synergizmu i przy pH sprzyjającym ich rozpuszczalności [6].

Do składowania tego rodzaju odpadów, zaliczanych do III klasy toksyczności trzeba urządzać specjalne składowiska odpadów przemysłowych, gwarantujących ich izolację od podłoża i otaczających gleb [9].

### Toksyczny wpływ substancji wylugowanych z ziem skażonych odpadami przemysłowymi

Wpływ toksyczny na rzęsę oceniano na podstawie reprodukcji, biomasy i zawartości w niej chlorofilu (tabela 2).

W doświadczeniu użyto wyciągi o stężeniach od 50 g/dm<sup>3</sup> do 100 g/dm<sup>3</sup>.

Najwyższe stężenia wyciągów 100 g/dm<sup>3</sup> hamowały rozwój rzęsy wyrażony trzema wskaźnikami w sposób następujący:

Nr próby	Reprodukcja %	Przyrost biomasy %	Zawartość chlorofilu %
1	61,2	57,8	68,5
2	55,3	46,9	60,5
3	53,1	57,5	62,7

Tabela 2

WPLYW SUBSTANCJI WYŁUGOWANYCH Z TRZECH PRÓB ZIEMI  
NA LEMNA MINOR L

## Próba 1

L.p.	Stężenie wyciągu g/dm <sup>3</sup>	Ilość roślin		Ciężar roślin		Chlorofil	
		szt.	%*	mg	%	mg/dm <sup>3</sup>	%
1	100,0	103	39,8	46	42,2	0,58	31,5
2	87,0	136	52,5	67	61,8	0,80	43,5
3	75,6	143	55,2	70	64,2	0,98	53,3
4	65,8	175	67,6	80	73,4	1,01	54,9
5	57,2	194	74,9	87	79,8	1,31	71,2
6	47,9	210	81,1	99	90,9	1,46	79,3
7	0,0	259	100,0	109	100,0	1,84	100,0

## Próba 2

L.p.	Stężenie wyciągu g/dm <sup>3</sup>	Ilość roślin		Ciężar roślin		Chlorofil	
		szt.	%	mg	%	mg/dm <sup>3</sup>	%
1	100,0	114	44,7	68	53,1	0,83	39,5
2	87,0	140	54,9	93	72,7	0,95	45,2
3	75,6	169	66,3	109	85,2	1,25	59,5
4	65,8	188	73,7	120	93,8	1,54	73,3
5	57,2	202	79,2	124	96,9	1,69	80,5
6	49,7	230	90,2	127	99,2	1,99	94,8
7	0,0	255	100,0	128	100,0	2,10	100,0

## Próba 3

L.p.	Stężenie wyciągu g/dm <sup>3</sup>	Ilość roślin		Ciężar roślin		Chlorofil	
		szt.	%	mg	%	mg/dm <sup>3</sup>	%
1	100,0	119	46,9	54	42,5	0,84	37,3
2	87,0	159	62,6	82	64,6	1,06	46,7
3	75,6	191	75,2	111	87,4	1,69	74,4
4	65,8	213	83,9	116	91,3	1,91	84,1
5	57,2	217	85,4	118	92,9	1,98	87,2
6	49,7	248	97,6	125	98,4	2,24	98,7
7	0,0	254	100,0	127	100,0	2,27	100,0

\* w odniesieniu do próby kontrolnej

Z kolei stężenia wyciągów o połowę niższe (49,7 g/dm<sup>3</sup>) hamowały rozwój tej rośliny w znacznie mniejszym stopniu, co przedstawia niżej zestawienie:

Nr próby	Reprodukcja %	Przyrost biomasy %	Zawartość chlorofilu %
1	18,9	9,1	20,7
2	9,8	0,8	5,2
3	2,4	1,6	1,4

Z powyższych danych wynika, że wrażliwość rzęsy na substancje wylugowane z próbek ziem zależała od prób i przyjętego kryterium oceny. Za najbardziej toksyczną dla rzęsy należy uznać próbę ziemi nr 3.

Wpływ toksyczny na rozwielitkę oceniano na podstawie śmierci organizmów testowych rejestrowanej po 48 godzinach ekspozycji (tabela 3) i wyznaczonego LC 50.

LC 50/48 dla rozwielitek w badaniach przedstawia się następująco:

**WPŁYW SUBSTANCJI WYLUGOWANYCH Z TRZECH PRÓB ZIEMI NA  
DAPHNIA MAGNA STRAUS**

Lp.	Stężenie wyciągu g/dm <sup>3</sup>	Ilość zwierząt w doświadczeniu szt.	Ilość zwierząt martwych		Logarytm stężenia $x^2$	Probit $y$
			szt.	%		
1	100,0	34	21	61,8	2,000	5,3002
2	67,0	33	18	54,5	1,826	5,1130
3	45,0	31	12	38,7	1,653	4,7129
4	30,0	31	6	19,4	1,477	4,1367
5	20,0	31	3	9,7	1,301	3,7012
6	13,0	35	3	9,6	1,114	3,6342
7	9,0	34	1	2,9	0,954	3,1013
8	0,0	32	0	0,0	—	—

LC 50/48 = 63,1 g/dm<sup>3</sup>, liczba stopni swobody = 5 dla  $x^2 = 1,648$ , P = 90%

## Próba 2

1	100,0	36	23	63,9	2,000	5,3558
2	67,0	35	21	60,0	1,826	5,2533
3	45,0	35	16	45,7	1,653	4,8920
4	30,0	34	12	35,3	1,477	4,6228
5	20,0	40	9	22,5	1,301	4,2446
6	13,0	41	8	19,5	1,114	4,1404
7	0,0	41	0	0,0	—	—

LC 50/48 = 53,7 g/dm<sup>3</sup>, liczba stopni swobody = 4, dla  $\chi^2 = 0,606$ , P = 95%

## Próba 3

1	100,0	34	21	61,8	2,000	5,3002
2	67,0	36	18	50,0	1,826	5,000
3	45,0	34	13	38,2	1,653	4,6998
4	30,0	31	10	32,3	1,477	4,5407
5	20,0	41	8	19,5	1,301	4,1404
6	13,0	41	7	17,1	1,114	4,0498
7	9,0	34	3	8,8	0,954	3,6468
8	0,0	38	0	0,0	—	—

LC 50/48 = 63,1 g/dm<sup>3</sup>, liczba stopni swobody = 5, dla  $\chi^2 = 2,483$ , P = 80%

Nr próby	LC 50/48, g/dm <sup>3</sup>
1	63,1
2	53,7
3	63,1

Dla rozwielitek najbardziej toksycznym był wyciąg z próbki ziemi nr 2, zaś pozostałe dwie próbki wykazały podobny stopień szkodliwości.

## Wnioski

1. Sporządzone wyciągi ze skażonych ziem oddziaływały ujemnie na przedstawicieli organizmów wodnych — Lemna minor L. i Daphnia magna Straus.
2. Wysokie zawartości metali ciężkich w badanych ziemiach stanowią zagrożenie zanieczyszczenia gleby i wód. Składowanie ziem wymaga zachowania dużej ostrożności.

## LITERATURA

- [1] Fiedler H. J., Richter B. — *Gehalt bodenbildender Gesteine an Spurenelementen mit Schadstoffcharakter*. Wiss. Z. Techn. Univ. Dresden 1977, t. 26, nr 6, s. 1231—1237.
- [2] Greinert H. — *Kobalt w niektórych glebach mineralnych Pomorza Zachodniego*. Roczn. Glebozn. 1968 t 188, nr 2, s. 467—486.
- [3] Herms U., Brümmer G. — *Einfluss der Bodenreaktion auf Löslichkeit und tolerierbare Gesamtgehalte an Nickel, Kupfer, Zink, Cadmium und Blei im Boden und Kompostieren Seidlungsabfällen*. Landwirtsch. Forsch. 1980, t 33, nr 4, s. 408—423.
- [4] Kabata-Pendias A., Pendias H. — *Pierwiastki śladowe w środowisku biologicznym*. Wyd. Geolog. Warszawa 1979.
- [5] Kick H., Braun B. — *Wirkung von chromhaltigen Gerbereischlämmen auf Wachstum und Chromaufnahme bei verschiedenen Nutzpflanzen*. Landwirtsch. Forsch. 1977, t 30, s. 160—173.
- [6] Lityński T., Jurkowska H. — *Żyzność gleby i odżywianie się roślin*. PWN Warszawa 1982.
- [7] Nowosielski O. — *Metody oznaczania potrzeb nawożenia*. PWRiL Warszawa 1974.
- [8] Polkowski J., Wiśniewski R., Swierzevska A., Piegat B. — *Koncepcja generalna gospodarowania odpadami niebezpiecznymi w Polsce*. IKS, Warszawa 1978.
- [9] Solski A. — *Metodyka badań biotoksykologicznych w środowisku wodnym*. IMGW, Wrocław 1977, s. 1—49.
- [10] Weber E. *Grundriss der biologischen Statistik für Naturwissenschaftler Landwirte und Mediziner*, Jena 1972.