

MAREK KONDRAS, DANUTA CZĘPIŃSKA-KAMIŃSKA
AGNIESZKA CHODKOWSKA, AGNIESZKA CHRZANOWSKA

OCENA EKOTOKSYKOLOGICZNA GLEB W SĄSIEDZTWIE SKŁADOWISKA ODPADÓW W ŁUBNEJ

THE ECOTOXICOLOGICAL ASSESSMENT OF THE SOIL IN THE AREA OF ŁUBNA WASTE LANDFILL

Zakład Gleboznawstwa, Katedra Nauk o Środowisku Glebowym, SGGW w Warszawie

Abstract: The aim of the paper was the analysis of the influence of the Łubna waste landfill on the toxicity of the nearby soil. Evaluation of sewage sludges included the analysis of the physicochemical properties, such as: pH, total organic C, total N, cation-exchange capacity, total exchangeable bases, and available heavy metal content (lead, zinc, copper, cadmium). The obtained results were compared and supplemented with the microbiotest Ostracodtoxkit conducted on the crustaceans *Heterocypris incongruens*. Microbiotests are becoming a more popular form of analyzing the influence of chemical substances, evaluated on the basis of bioindicator reaction tests. The achieved results confirmed that the Łubna waste landfill has a very harmful influence on the environment of the nearby area.

Słowa kluczowe: składowisko odpadów, właściwości chemiczne, antropopresja, biotesty.

Key words: waste landfill, chemical properties, anthropopressure, biotests.

WSTĘP

Wśród wielu sposobów zagospodarowania odpadów najbardziej rozpowszechnione do niedawna było składowanie ich na wysypiskach [Baran, Turski 1999; Koda 1998]. Jednym z największych składowisk odpadów w Polsce jest obiekt w Łubnej przyjmujący od 1978 roku aż do chwili obecnej odpady komunalne z terenu Warszawy. W latach 1995–1996 składowano tu również osady z oczyszczalni ścieków „Czajka”. Ze względu na dużą różnorodność składu morfologicznego i chemicznego odpadów deponowanych na tego typu obiekcie dochodzi do biochemicznych przemian masy odpadowej [Kempa 1995]. Uwzględniając czas, przez który funkcjonuje składowisko, rozkład praktycznie każdej substancji jest nieunikniony. Wynikiem tego procesu jest uwalnianie niebezpiecznych substancji chemicznych do środowiska [Błaszczyk, Górski 1996]. Produkty ciekłe, powstałe głównie w wyniku przemian biochemicznych, zagrażają środowisku wodno-gruntowemu, natomiast lotne powodują zanieczyszczenie atmosfery. W ramach niniejszej pracy przeprowadzono badania stanu ekotoksykologicznego gleb z otoczenia obiektu Łubna z użyciem biotestów.

MATERIAŁ I METODY BADAŃ

Wysypisko odpadów „Łubna” zlokalizowane jest na północny wschód od szosy Warszawa-Góra Kalwaria (droga krajowa nr 723), w odległości ok. 1 km od zabudowań wsi Baniocha i Łubna oraz 1,8 km na południowy zachód od wsi Brzeście i Kawęczyn. Badano wierzchnie warstwy gleby w bezpośrednim sąsiedztwie wysypiska, obejmującym kilkusetmetrowy pas terenu od strony południowej i wschodniej. Próbkę glebową pobrano w marcu 2009 roku z bezpośredniego sąsiedztwa zbocza skarpy obiektu na powierzchni przesłony przeciwfiltracyjnej – odległość 0 m, a następnie w odległości 5, 10, 15 i 20 m – z głębokości 0–10 cm oraz w odległościach: 50, 75, 100, 150, 200 i 250 m – z dwóch warstw: 0–10 cm i 10–30 cm, w linii prostej od strony południowej obiektu. Dodatkowo pobrano dwie próbki (nr 12 i 13) z dwóch głębokości (0–10 i 10–30 cm) z odległości 100 m od składowiska w kierunku wschodnim, w bliskim sąsiedztwie drogi dojazdowej (5 m od krawędzi drogi). W pobranych próbkach glebowych oznaczono: skład granulometryczny metodą Bouyoucosa w modyfikacji Casagrande'a i Prószyńskiego (podział na frakcje i grupy wg PTG 2009), pH w H₂O oraz 1 mol KCl · dm⁻³ metodą potencjometryczną; zawartość azotu ogółem metodą Kjeldahla; zawartość węgla organicznego na aparacie TOC firmy Shimadzu; kwasowość hydrolityczną metodą Kappena; zawartość zasadowych kationów wymiennych w roztworze octanu amonu – K i Na metodą fotometrii płomieniowej, Ca i Mg metodą ASA z obliczeniem stopnia wysycenia gleb kationami o charakterze zasadowym (V_s); zawartość metali ciężkich (Pb, Cd, Zn, Cu) w wyciągu 20% HCl (zawartość zbliżona do całkowitej) – metodą atomowej spektrometrii absorpcyjnej (ASA). Do przeprowadzenia testu toksyczności chronicznej wykorzystano zestaw Ostracodtoxkit. Procedura tego testu polega na wystawieniu młodych skorupiaków (małżoraczków) *Heterocypris incongruens* na sześciodniowe działanie gleb pobranych do badań. Badania były wykonywane w trzech powtórzeniach. Po upływie okresu testowego określona została śmiertelność, która była wyliczana jako średnia arytmetyczna z trzech powtórzeń. Wyniki były porównywane z danymi uzyskanymi w równoległym prowadzonym teście kontrolnym z glebą niezanieczyszczoną [Chial, Persoone 2003]. W kontroli wykonanej przez autorów śmiertelność organizmów testowych wyniosła 0%.

WYNIKI I DYSKUSJA

Kilkusetmetrowy obszar wokół składowiska odpadów komunalnych uważany jest za obszar bezpośredniego sąsiedztwa, które może być narażone na wpływ tego obiektu [Borzyszkowski i in. 2003]. Wysypisko zostało ułożone na podłożu gleb zaklasyfikowanych według Systematyki gleb Polski [1989] do typu gleb rdzawych (podtypy: właściwe i bielcowane). Próbkę glebową pobierane z głębokości 0–10 cm obejmują poziom próchniczny A, przejściowy ABv lub AEes, natomiast próbki z głębokości 10–30 cm reprezentują poziom rdzawienia (sideric) – Bv.

Badane gleby były dość jednorodne pod względem uziarnienia, zaliczono je do piasków słabo gliniastych i piasków gliniastych (tab. 1). Według wytycznych IUNG zaszeregowano je do grupy b–g, jako gleby lekkie o odczynie obojętnym [Kabata-Pendias i in. 1995].

W badanych glebach w bliskim sąsiedztwie składowiska nastąpiło wyraźnie podwyższenie wartości pH, co świadczy o jego wpływie na środowisko glebowe. W próbach glebowych do odległości 50 m od krawędzi składowiska stwierdzono odczyn zasadowy, natomiast w dalszych odległościach badane gleby miały odczyn słabo kwaśny

TABELA 1. Zawartość metali ciężkich i skład granulometryczny badanych gleb
 TABLE 1. Content of heavy metals and texture of investigated soils

Odległość Distance	Głębok. Depth	Zawartość metali ciężkich Content of heavy metals [mg·kg ⁻¹]				Procentowy udział frakcji o średnicy [mm] Percent of fraction with diameter [mm]						
		Pb	Zn	Cu	Cd	>2	2,0-0,05	0,02-0,05	0,005-0,02	0,002-0,005	<0,002	Grupa (2)
0	0-10	4	39	2,5	0,9	0	77	7	6	0	10	pg
5	0-10	17	70	9,8	1,3	1,46	73	20	1	0	6	pg
10	0-10	3	33	1,7	1,2	0,68	90	3	0	0	7	pg
15	0-10	9	79	4,7	0,8	0,68	89	1	1	1	8	ps
20	0-10	10	32	1,3	1,1	0,32	90	0	1	0	9	ps
50	0-10	18	113	14,9	1,2	1,01	92	1	1	0	6	ps
50	10-30	4	19	1,1	1,2	2,53	91	1	2	0	6	ps
75	0-10	10	29	3,8	1,3	1,42	86	6	1	1	6	ps
75	10-30	9	17	1,2	1,2	0	84	8	0	0	8	ps
100	0-10	9	48	2,1	0,9	0	88	4	1	1	6	ps
100	10-30	5	13	0,4	0,8	0,37	85	1	6	0	8	ps
100 (1)	0-10	44	136	77,8	1,6	3,06	86	5	2	1	6	ps
100 (1)	10-30	59	134	58,5	1,7	1,32	87	6	0	1	6	ps
150	0-10	10	24	2,1	0,9	0	90	2	1	2	5	pg
150	10-30	6	41	1,3	1,1	0,26	90	4	0	0	6	pg
200	0-10	9	12	1,5	1,5	0,18	93	1	1	0	5	ps
200	10-30	5	24	1,1	1	0	92	1	0	0	7	ps
250	0-10	6	10	0,2	0,9	0,18	93	1	0	0	6	ps
250	10-30	6	16	1,2	2	0	93	1	0	0	6	ps

(1) – próbki z odległości 100 m na wschód od składowisk – samples from the distance 100 m east from landfill

(2) – grupy granulometryczne wg PTG [2009] – texture acc. PTG [2009]: ps – piasek słabogliniasty – sand, pg – piasek gliniasty – loamy sand

bądź obojętny, a w najdalszych – kwaśny i silnie kwaśny. Poziomy A i Bv w glebach rdzawych naturalnych charakteryzują się najczęściej odczynem kwaśnym i silnie kwaśnym [Konecka-Betley i in. 1994; Brożek 2003]. Wartości pH zbliżone do występujących w glebach nienarażonych na antropopresję stwierdzono dopiero w odległości 200 i 250 m od krawędzi wysypiska.

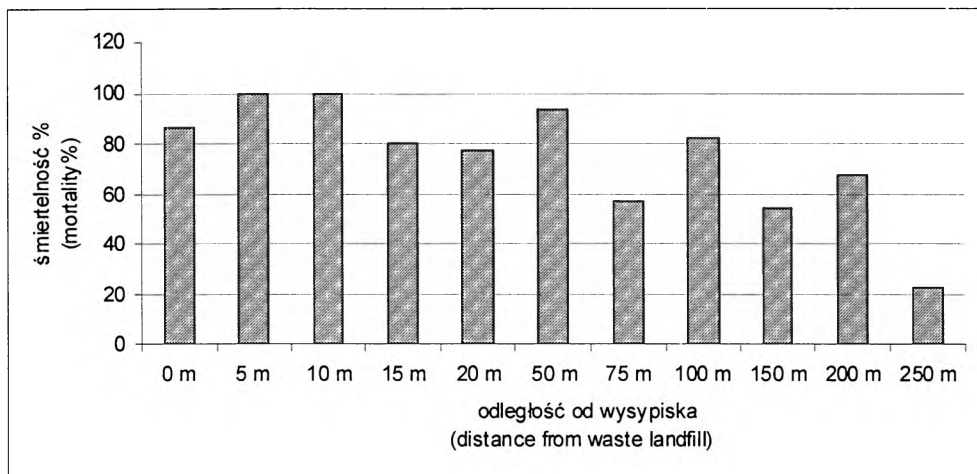
Charakterystyczna jest zmiana właściwości sorpcyjnych. Badane gleby mają nienaturalnie wysoką zawartość kationów wymiennych o charakterze zasadowym w badanych poziomach w porównaniu z odpowiednimi poziomami genetycznymi w glebach rdzawych z siedlisk naturalnych [Konecka-Betley i in. 1994; Brożek 2003]. Dopiero w odległości 250 metrów od krawędzi składowiska można mówić o niezmiennych zawartościach kationów wymiennych. Powoduje to zachwianie naturalnej równowagi jonowej, wysycenie kationami o charakterze zasadowym osiąga niespotykane w glebach rdzawych wartości i waha się w przedziale od 61,45% do nawet 99,35%. W glebach rdzawych, nieprzekształconych antropogenicznie Vs przyjmuje wartości kilku bądź kilkunastu procent w porównywalnych poziomach genetycznych [Konecka-Betley 1994; Brożek 2003].

Zawartość węgla organicznego w badanych glebach można uznać za typową dla tego rodzaju gleb. Zauważa się natomiast podwyższoną zawartość azotu ogółem, co powoduje nietypowe wartości stosunku C:N w porównaniu z glebami rdzawymi niepodlegającymi silnej antropopresji. Mediana wartości stosunku węgla do azotu w badanych glebach wyniosła 2, a dla tego typu gleb najczęściej waha się w przedziale 10 do 20 [Brożek 2003], co również świadczy o wpływie składowiska odpadów w Łubnej na właściwości chemiczne środowiska glebowego.

Zawartości metali ciężkich w badanych próbkach gleb były niezbyt duże i wynosiły w $\text{mg}\cdot\text{kg}^{-1}$ dla ołowiu od 3 do 59, dla cynku od 10 do 136, dla miedzi od 0,2 do 77,8 oraz dla kadmu od 0,8 do 1,7. Oceniając uzyskane ilości metali ciężkich w badanych glebach na podstawie rozporządzenia Ministra Środowiska z dnia 9 września 2002 roku w sprawie standardów jakości gleby oraz standardów jakości ziemi [Dz.U. 02.165.1359], stwierdzono, że w żadnej z badanych próbek glebowych nie została przekroczona dopuszczalna zawartość badanych pierwiastków. Natomiast według klasyfikacji zaproponowanej przez IUNG [Kabata-Pendias i in. 1995], kilka badanych próbek glebowych można zakwalifikować do grupy o podwyższonej zawartości metali ciężkich (tab. 1). Zauważono jednak tendencję obniżania się zawartości metali ciężkich wraz z rosnącą odległością od krawędzi wysypiska. Zaznaczył się także wyraźny wpływ drogi dojazdowej do obiektu na zawartość metali ciężkich w próbkach numer 12 i 13. W tych punktach badawczych odnotowano największe zawartości metali ciężkich kształtowane prawdopodobnie w większej mierze pod wpływem ruchu samochodowego a nie bezpośredniego oddziaływania składowiska odpadów. Zaobserwowane tendencje pozwalają wnioskować o występującym wpływie wysypiska na właściwości przylegających gleb. Uzyskane wartości są, co prawda spotykane w naturalnych glebach w Polsce [Borzyszkowski i in. 2003], jednak widać zmniejszanie się zawartości metali ciężkich w glebach wraz z rosnącą odległością od składowiska.

Badania z zastosowaniem małzorczków *Heterocypris incongruens* wykazały ich dużą wrażliwość, a co za tym idzie znaczną śmiertelność organizmów, która wahała się w przedziale 17–100% (tab. 1).

Dostępne w literaturze informacje wskazują, że skorupiaki, np. *Daphnia magna* czy *Heterocypris incongruens*, mogą stanowić dobry wskaźnik zanieczyszczenia środowiska przez różne związki chemiczne [Oleszczuk, Baran 2006; Wik, Dave 2005]. W badaniach przeprowadzonych przez autorów zaobserwowano dość wyraźną tendencję spadku



RYSUNEK 1. Śmiertelność *Heterocypris incongruens* po 6 dniach inkubacji w badanych glebach z poziomu 0–10 cm

FIGURE 1. The mortality of *Heterocypris incongruens* after 6 days of incubation in studied soils from 0–10 cm layer

śmiertelności skorupiaków *H. incongruens* w kierunku mniejszej antropopresji składowiska odpadów na gleby położone w dalszych odległościach (rys. 1). Największą, 100% śmiertelność skorupiaków zaobserwowano w próbkach glebowych pobranych z odległości 5 i 10 m (tab. 1). Gleba z tych stanowisk charakteryzowała się bardzo wysoką zawartością kationów o charakterze zasadowym, zasadowym odczynem oraz podwyższoną zawartością metali ciężkich (tab. 1 i 2). Także w próbce glebowej w odległości 100 m od składowiska w kierunku wschodnim, w bliskim sąsiedztwie drogi dojazdowej (5 m od krawędzi drogi) stwierdzono 100% śmiertelność małżoraczków na obu badanych głębokościach. Właściwości fizykochemiczne tych próbek glebowych były bardzo zbliżone do tych z najbliższego sąsiedztwa składowiska (tab. 1 i 2). Ponad 50% śmiertelność *Heterocypris incongruens* na obu badanych głębokościach zaobserwowano nawet w odległości 200 m od badanego obiektu (tab. 1). Badania prowadzone przez Banaszkiwicza i Szarek [2009] w pobliżu mogilnika pestycydowego, zlokalizowanego w miejscowości Warlity Wielkie około Ostródy wykazały również wysoką śmiertelność wynoszącą 75% w odległości 125 m od mogilnika.

Nie można stwierdzić, jakie konkretne stężenie danej substancji powoduje większe skutki toksykologiczne. Jest to spowodowane tym, że na *H. incongruens* działało wiele substancji chemicznych, także tych, które w pracy nie były analizowane, takich jak np. WWA czy PCB, a z pewnością mogą się znajdować w podwyższonych ilościach w badanych glebach. Obowiązujący w Polsce system prawny określa rodzaje oraz stężenia substancji, które powodują, że badane gleby są uznawane za zanieczyszczone bądź wolne od zanieczyszczeń [Dz. U. 02.1.65.1359]. Ponadto przepisy te mówią, że gleby uważane są za zanieczyszczone, gdy stężenie co najmniej jednej substancji osiągnęło wartość wyszczególnioną w rozporządzeniu. Zgodnie z tym przepisem prawnym klasyfikację gleb pod kątem zanieczyszczenia opiera się na określeniu w próbkach różnych zanieczyszczeń, między innymi metali ciężkich. Według uzyskanych zawartości metali ciężkich

TABELA 2. Wybrane właściwości badanych gleb – TABLE 2. Some properties of investigated soils

Nr No	Odległość Distance	Głębok. Depth	pH w – in		Hh	Ca	Mg	K	Na	S TEB	T CEC	Vs BS	Corg Org C	Nog N tot	C:N	(2) Śmiertelność Death rate
	m	cm	H ₂ O	KCl	cmol(+) \cdot kg ⁻¹						%			%		
1	0	0-10	8,14	7,64	0,48	7,29	1,20	7,62	7,32	23,44	23,92	97,99	1,5	0,79	1,9	86,6
2	5	0-10	8,60	7,83	0,28	6,24	0,48	3,95	7,64	18,31	18,59	98,49	1,42	0,71	2,0	100
3	10	0-10	8,51	8,16	0,16	4,99	1,08	6,11	2,94	15,12	15,28	98,95	1,67	0,7	2,4	100
4	15	0-10	8,80	8,16	0,10	4,69	0,36	4,97	4,54	14,56	14,66	99,32	1,42	0,66	2,2	80
5	20	0-10	8,81	8,48	0,08	3,99	0,36	1,15	6,78	12,28	12,36	99,35	1,48	0,7	2,1	76,6
6	50	0-10	7,92	7,68	0,36	6,19	0,48	4,33	3,85	14,85	15,21	97,63	2,11	0,51	4,1	93,3
7	50	10-30	6,91	6,01	1,04	1,95	0,72	1,02	1,28	4,97	6,01	82,70	0,37	0,52	0,7	96
8	75	0-10	6,30	5,28	2,87	3,64	0,48	2,30	2,34	8,76	11,63	75,31	1,93	0,56	3,4	56,6
9	75	10-30	5,53	4,36	2,45	2,45	0,12	2,17	1,36	6,09	8,54	71,32	0,22	0,62	0,4	83
10	100	0-10	5,20	4,09	2,19	3,29	0,60	1,53	0,91	6,34	8,53	74,31	1,68	0,5	3,4	82
11	100	10-30	5,74	4,72	1,10	0,45	0,00	1,02	0,83	2,30	3,40	67,69	0,13	0,47	0,3	79
12	100 (1)	0-10	7,99	7,52	0,66	8,73	1,44	2,17	8,34	20,69	21,35	96,91	1,63	0,12	13,6	100
13	100 (1)	10-30	7,66	7,21	0,70	6,79	0,84	4,84	6,55	19,01	19,71	96,45	0,1	0,05	2,0	100
14	150	0-10	5,73	5,22	1,80	1,50	0,12	1,66	1,21	4,48	6,28	71,36	1,9	0,33	5,8	54
15	150	10-30	6,56	7,14	0,90	1,15	0,00	1,02	1,13	3,30	4,20	78,58	0,15	0,31	0,5	43
16	200	0-10	5,48	4,42	2,23	2,35	0,48	2,42	1,21	6,46	8,69	74,33	1,45	0,11	13,2	67
17	200	10-30	6,06	5,76	1,64	1,05	0,36	1,28	1,13	3,82	5,46	69,96	0,12	0,06	2,0	55
18	250	0-10	5,85	4,63	1,74	0,65	0,12	1,02	0,98	2,77	4,51	61,45	1,82	0,2	9,1	23
19	250	10-30	5,38	4,50	0,68	0,20	0,12	0,89	0,68	1,90	2,58	73,63	0,11	0,19	0,6	17

(1) – próbki z odległości 100 m na wschód od składowisk – samples from the distance 100 m east from landfill

(2) Śmiertelność małżoraczków – death rate of Ostracods

badane tereny można uznać za niezanieczyszczone, natomiast w przypadku wielu próbek stwierdzono wysoki poziom śmiertelności *H. incongruens*, który może być oceniany jako stwarzający zagrożenie dla środowiska.

Można zatem stwierdzić, że zastosowane w teście organizmy są dobrym wskaźnikiem bioindykacyjnym do badań na terenach podlegających antropopresji, co stanowi cenne uzupełnienie badań chemicznych. Chociaż na podstawie tego typu analiz nie można wnioskować o konkretnym poziomie zanieczyszczenia badanych gleb przez poszczególne substancje toksyczne, to mogą one sygnalizować problem zagrożenia ekotoksykologicznego na danym terenie i mogą wskazywać na potrzebę bardziej szczegółowych badań. Zastosowane w badaniach testy mają jeszcze tę niewątpliwą zaletę, że są dość proste w użyciu i mniej kosztowne niż analizy chemiczne.

WNIOSKI

1. Przeprowadzone badania wykazały duże zmiany w kompleksie sorpcyjnym gleb w najbliższym sąsiedztwie wysypiska odpadów komunalnych. Stwierdzono alkalizację gleb i nienaturalnie wysokie zawartości kationów o charakterze zasadowym w porównaniu z odpowiednimi poziomami genetycznymi gleb z siedlisk nieprzekształconych antropogenicznie.
2. W najbliższym sąsiedztwie składowiska zawartość metali ciężkich była podwyższona, jednak w żadnej z badanych próbek nie zostały przekroczone dopuszczalne zawartości przewidziane w obowiązujących przepisach prawnych.
3. Test ze skorupiakiem *Heterocypris incongruens* wykazał dużą przydatność do oceny stanu środowiska wokół składowisk odpadów komunalnych, które charakteryzują się dużą różnorodnością i nieprzewidywalnością w występowaniu związków chemicznych zagrażających organizmom żywym.
4. Przeprowadzone badania uświadamiają potrzebę rozwijania systemu ekotoksykologicznego klasyfikacji gleb opartej na badaniach z organizmami testowymi.

LITERATURA

- BANASZKIEWICZ T., SZAREK J. 2009: Ocena skażenia gleby w pobliżu nieczynnego mogiłnika pestycydowego przy użyciu biotestu *Ostracodtoxkit F*. Materiały III Konferencji Naukowej „Kształtowanie i ochrona środowiska”. Olsztyn, 23–25.06.2009.
- BARAN S., TURSKI R. 1999: Wybrane zagadnienia z utylizacji i unieszkodliwiania odpadów. Wydawnictwo Akademii Rolniczej w Lublinie: 65 ss.
- BŁASZCZYK T., GÓRSKI J. 1996: Odpady a problemy zagrożenia i ochrony wód podziemnych. *Biblioteka Monitoringu Środowiska* PIOŚ, Warszawa: 95 ss.
- BORZYSZKOWSKI J., OFICJALSKA H., KUŚMIERZ A., RZESZOT U., KRAWCZYŃSKA B. 2003: Opracowanie ekofizjograficzne dla gminy Konstancin-Jeziorna. IOŚ, Warszawa: 1–24.
- BROŻEK S., ZWYDAK M. 2003: Atlas gleb leśnych Polski. Centrum Informacyjne Lasów Państwowych, Warszawa: 466 ss.
- CHIAL B., PERSOONE G. 2003: Cyst-based toxicity tests XV. Application of the ostracod solid-phase microbioassay for toxicity monitoring of contaminated soils. *Environ. Toxicol.* **18**: 347–352.
- Dz. U. 02.1.65.1359. Rozporządzenie Ministra Środowiska z dnia 9 września 2002 r.
- KABATA-PENDIAS A., PIOTROWSKA M., MOTWICKA-TERELAK T., MALISZEWSKA-KORDYBACH B., FILIPIAK K., KRAKOWIAK A., PIETRUCHOWICZ C. 1995: Podstawy oceny chemicznego zanieczyszczenia gleb. Metale ciężkie, siarka i WWA. *Biblioteka Monitoringu Środowiska*, PIOŚ, Warszawa: 1–27.
- KEMPA E.S. 1995: Ryzyko w procesach i obiektach inżynierii sanitarnej. *Ochrona Środowiska* **2(57)**: 43–48.

- KODA E. 1998: Dokumentacja hydrologiczna i geologiczno-inżynierska dla zakładu unieszkodliwiania odpadów Łubna II. Warszawa: 15–30.
- KONECKA-BETLEY K., CZEPIŃSKA-KAMIŃSKA D., JANOWSKA E. 1994: Właściwości fizykochemiczne i chemiczne gleb w Kampinoskim Parku Narodowym (stan na rok 1991). Prognozowanie przemian właściwości gleb Kampinoskiego Parku Narodowego na tle innych komponentów środowiska przyrodniczego. Fundacja „Rozwój SGGW”, Warszawa: 17–70.
- OLESZCZUK P., BARAN S. 2006: Zastosowanie biotestów do oceny zanieczyszczenia gleb przez WWA. *Rocz. Glebozn.* 57(3/4): 80–89.
- PTG 2009: Klasyfikacja uziarnienia gleb i utworów mineralnych – PTG 2008. *Rocz. Glebozn.* 60, 2: 5–16.
- SYSTEMATYKA GLEB POLSKI 1989: Wydanie czwarte, *Rocz. Glebozn.* 40, 3–4: 56 ss.
- WIK A., DAVE G. 2005: Environmental labeling of car tires-toxicity to *Daphna magna* can be used as a screening method. *Chemosphere* 58: 645–651.

Dr inż. Marek Kondras
Katedra Nauk o Środowisku Glebowym SGGW
02-776 Warszawa, Nowoursynowska 159/37
E-mail: marek_kondras@sggw.pl