

ANDRZEJ MOCEK<sup>1</sup>, AGNIESZKA MOCEK-PŁÓCINIAK<sup>2</sup>

<sup>1</sup>Katedra Gleboznawstwa i Ochrony Gruntów  
Uniwersytet Przyrodniczy w Poznaniu

<sup>2</sup>Katedra Mikrobiologii Ogólnej i Środowiskowej  
Uniwersytet Przyrodniczy w Poznaniu

## KSENOBIOTYKI W ŚRODOWISKU GLEBOWYM POLSKI

**Streszczenie.** W pracy przedstawiono stopień zanieczyszczenia gleb Polski metalami ciężkimi i wielopierścieniowymi węglowodorami aromatycznymi (WWA). Zaprezentowane wyniki pochodzą głównie z opracowań naukowców IUNG – PIB w Puławach, którzy kierowali monitoringiem chemizmu gleb ornych Polski bądź go koordynowali. Zanieczyszczenie pokrywy glebowej Polski zarówno metalami ciężkimi (około 3% gleb wykazuje zanieczyszczenie), jak i WWA jest niewielkie i od wielu lat utrzymuje się na zbliżonym poziomie.

**Słowa kluczowe:** ksenobiotyki, gleba, metale ciężkie, WWA

### Wstęp

Pomiędzy fazami glebowymi (stałą, ciekłą i gazową) ustala się pewien stan dynamicznej równowagi, zapewniający prawidłowe funkcjonowanie gleby. Jego wyraźne naruszenie, wywołane działalnością człowieka, określa się terminem: degradacja gleby. Wyróżnia się degradację fizyczną, chemiczną i biologiczną, przy czym szczególne znaczenie mają dwie pierwsze formy. Na degradację fizyczną gleby składają się następujące procesy antropogeniczne lub naturalne modyfikowane przez człowieka:

- przekształcenia geomechaniczne,
- przekształcenia hydrologiczne,
- zagęszczenie gleby,
- erozja wodna i wietrzna.

Przejawami degradacji chemicznej są:

- zakwaszenie gleby,
- malejąca ilość materii organicznej (decesja),
- zanieczyszczenia gleby różnego rodzaju ksenobiotykami mineralnymi i organicznymi.

## Metale ciężkie

Zanieczyszczenia chemiczne gleb przejawiają się m.in. ponadnormatywną akumulacją toksycznych pierwiastków bądź związków chemicznych w pokrywie glebowej. Klasycznym przykładem degradacji chemicznej gleb są przekształcenia w funkcjonowaniu procesów glebowych wywołane nadmierną akumulacją metali ciężkich (MOCEK i MOCEK 2003, SZYCZEWSKI i IN. 2009). Terminem tym określa się wszystkie pierwiastki metaliczne o liczbie atomowej powyżej 20. Spotyka się także inną definicję, że do metali ciężkich zalicza się pierwiastki metaliczne o gęstości mieszczącej się w zakresie 4,5-22,4 Mg·m<sup>-3</sup> (g·cm<sup>-3</sup>).

Metale ciężkie są akumulowane przede wszystkim w poziomach wierzchnich pedonów glebowych, skąd poprzez rośliny łatwo trafiają do łańcucha troficznego, wywołując często różne procesy muta- i kancerogenne w organizmach żywych, bowiem pierwiastki te gromadzą się w wielu tkankach miękkich i twardych zwierząt oraz człowieka. Miejsca nadmiernego gromadzenia się kilku metali ciężkich, najczęściej spotykanych w organizmach ssaków w większych stężeniach, przedstawiono w tabeli 1.

Tabela 1. Tkanki i narządy ssaków akumulujące pierwiastki śladowe (KABATA-PENDIAS i PENDIAS 1979, 1993)

Table 1. Mammalian tissues and organs accumulating trace elements (KABATA-PENDIAS and PENDIAS 1979, 1993)

Pierwiastek	Tkanki, narządy
Cd	Kora nerkowa, wątroba, kości
Cr	Nerki, wątroba, mózg, rdzeń pacierzowy
Cu	Wątroba, nerki, serce, mózg, jądra
Ni	Gruzoły limfatyczne, nerki, kości
Pb	Kości, aorta, nerki, wątroba, mózg
Zn	Nerki, wątroba, gruczoł krokowy, włosy, paznokcie

Badania nad zawartością metali ciężkich w glebach Polski rozpoczęto na przełomie lat sześćdziesiątych i siedemdziesiątych ubiegłego stulecia. Analizowano głównie koncentracje tych metali w pokrywie glebowej wokół zakładów przemysłowych, emitujących znaczne ilości tych ksenobiotyków. Prowadzono także pomiary stężenia wspomnianych metali w glebach uprawnych w różnych rejonach kraju. Stosunkowo mała ilość wyników analitycznych (brak drogiej aparatury) oraz stosowanie różnych metod roztwarzania próbek glebowych uniemożliwiały szczegółową ocenę stopnia zanieczyszczenia gleb Polski w układzie administracyjnym (MOCEK 2002, MOCEK i DRZYMAŁA 2010). Wiadomo jednak było, że stopień skażenia większości gleb uprawnych jest zdecydowanie niższy od wartości przyjmowanych w Polsce i innych krajach Unii Europejskiej, stąd ogromne zaskoczenie w kręgach naukowych wywołała, opracowana przez ISRIC (Międzynarodowe Centrum Informacji o Zasobach Glebowych) i UNEP (Program Narodów Zjednoczonych ds. Ochrony Środowiska), mapa degradacji gleb central-

nej i wschodniej Europy (WORLD MAP... 1990). Według niej około 70-80% gleb Polski miałyby wykazywać silną bądź bardzo silną degradację chemiczną, spowodowaną głównie dużą koncentracją metali ciężkich. Wydawało się to mało prawdopodobne, gdyż wyniki badań wielu metali ciężkich w glebach Wielkopolski, które posiadała wówczas Katedra Gleboznawstwa Akademii Rolniczej w Poznaniu, nie wskazywały na ich zanieczyszczenie (tab. 2).

Tabela 2. Zawartości metali ciężkich w glebach Wielkopolski w latach 1980-1990 (mg·kg<sup>-1</sup>)  
Table 2. Concentrations of heavy metals in soils from the Wielkopolska region in years 1980-1990 (mg·kg<sup>-1</sup>)

Metal	Minimum–maksimum	Średnio
Cd	0,02-1,98	0,64
Cr	2,07-43,51	15,12
Cu	2,77-36,78	12,49
Ni	0,08-49,06	90,7
Pb	2,48-37,87	10,96
Zn	22,44-138,81	63,67

Zarówno średnie zawartości metali ciężkich, jak i ilości maksymalne określone w kilkuset próbkach z poziomów wierzchnich gleb regionu Wielkopolski były zdecydowanie mniejsze niż wartości norm ustalonych dla gleb Polski, obowiązujące w tamtych latach. Zatem pod wpływem wielu opinii krytykujących wysoki stopień zanieczyszczenia gleb przedstawiony przez znaczące organizacje europejskie Ministerstwo Rolnictwa i Gospodarki Żywnościowej (obecnie Ministerstwo Rolnictwa i Rozwoju Wsi) zleciło Instytutowi Uprawy, Nawożenia i Gleboznawstwa (IUNG) w Puławach opracowanie programu badań ilości metali ciężkich w glebach użytków rolnych kraju. Stronę analityczną realizowały okręgowe stacje chemiczno-rolnicze (OSCh-R).

Teren Polski podzielono na odpowiednio gęstą sieć punktów badań, przyjmując zasadę, iż jeden punkt będzie reprezentował obszar około 400 ha (2 × 2 km). W latach 1992-1997 pobrano i przeanalizowano około 48 500 próbek glebowych z terenu całego kraju. Około 1-2% punktów badań zlokalizowano również w większych kompleksach leśnych, głównie na użytkach rolnych polan śródleśnych. Próbkę pobierano z powierzchni 1 ara (10 × 10 m) jako próbki średnie (mieszane) z poziomu orno-próchniczego gruntów ornych (0-20 cm) i odpowiednio z głębokości 0-10 cm użytków zielonych.

W próbkach tych, po odpowiednim ich przygotowaniu, oznaczono skład granulometryczny, zawartość materii organicznej i odczyn podstawowymi metodami stosowanymi w gleboznawstwie (MOCEK i DRZYMAŁA 2010).

Zawartość metali ciężkich określono metodą absorpcyjnej spektrometrii atomowej (AAS) po roztworzeniu próbek w wodzie królewskiej (HCl:HNO<sub>3</sub> 3:1) (BOLIBRZUCH i IN. 1978).

Opracowano graniczne zawartości poszczególnych metali według sześciostopniowej skali, w zależności od uziarnienia próbek, pH i zawartości materii organicznej (tab. 3).

Tabela 3. Graniczne zawartości metali ciężkich w powierzchniowej warstwie gleb (0-20 cm) ( $\text{mg}\cdot\text{kg}^{-1}$ ) (KABATA-PENDIAS i IN. 1995)Table 3. Limiting contents of heavy metals in the topsoil (0-20 cm) ( $\text{mg}\cdot\text{kg}^{-1}$ ) (KABATA-PENDIAS et AL. 1995)

Metal	Grupa gleb	Stopień zanieczyszczenia gleb					
		0	I	II	III	IV	V
Pb	a	30	70	100	500	2 500	> 2 500
	b	50	100	250	1 000	5 000	> 5 000
	c	70	200	500	2 000	7 000	> 7 000
Zn	a	50	100	300	700	3 000	> 3 000
	b	70	200	500	1 500	5 000	> 5 000
	c	100	300	1 000	3 000	8 000	> 8 000
Cu	a	15	30	50	80	300	> 300
	b	25	50	80	100	500	> 500
	c	40	70	100	150	750	> 750
Ni	a	10	30	50	100	400	> 400
	b	25	50	75	150	600	> 600
	c	50	75	100	300	1 000	> 1 000
Cd	a	0,3	1	2	3	5	> 5
	b	0,5	1,5	3	5	10	> 10
	c	1,0	3	5	10	20	> 20

## Grupa a:

- gleby bardzo lekkie zawierające do 10% frakcji < 0,02 mm, niezależnie od pH,
- gleby lekkie zawierające 11-20% frakcji < 0,02 mm, bardzo kwaśne ( $\text{pH} \leq 4,5$ ), kwaśne ( $\text{pH} 4,5-5,5$ ) i słabo kwaśne ( $\text{pH} 5,6-6,5$ ).

## Grupa b:

- gleby lekkie zawierające 11-20% frakcji < 0,02 mm, odczyn obojętny ( $\text{pH} > 6,5$ ),
- gleby średnie zawierające 21-35% frakcji < 0,02 mm, bardzo kwaśne ( $\text{pH} \leq 4,5$ ) i kwaśne ( $\text{pH} 4,6-5,5$ ),
- gleby ciężkie zawierające > 35% frakcji < 0,02 mm, bardzo kwaśne ( $\text{pH} \leq 4,5$ ) i kwaśne ( $\text{pH} 4,6-5,5$ ),
- gleby mineralno-organiczne zawierające 6-10% substancji organicznej, bez względu na pH.

## Grupa c:

- gleby średnie zawierające 21-35% frakcji < 0,02 mm i ciężkie zawierające > 35% frakcji < 0,02 mm, słabo kwaśne ( $\text{pH} 5,5-6,5$ ) i obojętne ( $\text{pH} > 6,5$ ),
- gleby mineralno-organiczne i organiczne zawierające > 10% substancji organicznej, bez względu na pH.

Pracownicy IUNG zaproponowali także następujące sposoby (możliwości) wykorzystania gleb o poszczególnych stopniach zanieczyszczenia metalami ciężkimi (KABATA-PENDIAS i IN. 1993, MONITORING... 1999):

- 0° – gleby niezanieczyszczone – mogą być wykorzystane pod uprawę wszystkich roślin ogrodniczych i rolniczych, szczególnie przeznaczonych do konsumpcji przez dzieci i niemowlęta,

- I° – gleby o zwiększonej zawartości metali – można na nich uprawiać wszystkie rośliny uprawy polowej z ograniczeniem warzyw przeznaczonych na przetwory i do bezpośredniej konsumpcji dla dzieci,
- II° – gleby słabo zanieczyszczone – rośliny na nich uprawiane mogą być chemicznie zanieczyszczone, zatem należy tam wykluczyć z uprawy niektóre warzywa, takie jak: kalafior, szpinak, sałata itp., dozwolona jest natomiast uprawa zbóż, roślin okopowych i pastewnych oraz użytkowanie kośne i pastwiskowe,
- III° – gleby średnio zanieczyszczone – rośliny na nich uprawiane są narażone na skażenie metalami ciężkimi, zaleca się tu więc uprawę roślin zbożowych, okopowych i pastewnych, z okresową kontrolą zawartości metali w konsumpcyjnych i paszowych częściach roślin, zaleca się tu również uprawę roślin przemysłowych oraz roślin do produkcji materiału nasiennego,
- IV° – gleby silnie zanieczyszczone – powinny być one, szczególnie gleby lekkie, wyłączone z produkcji rolniczej, na lepszych odmianach gleb (cięższych) zaleca się uprawiać rośliny przemysłowe (konopie, len), wiklinę, zboża i trawy (materiał siewny), ziemniaki i zboża z przeznaczeniem na produkcję spirytusu, rzepak na olej techniczny, sadzonki drzew i krzewów itp., natomiast wykorzystanie na użytki zielone należy ograniczyć,
- V° – gleby bardzo silnie zanieczyszczone – powinny być one całkowicie wyłączone z produkcji rolniczej i zalesione, ze względu na przenoszenie zanieczyszczeń z pyłami glebowymi, jedynie najlepsze odmiany tych gleb można przeznaczyć pod uprawę roślin przemysłowych, podobnie jak gleby wykazujące IV stopień zanieczyszczenia.

Na podstawie wyników analiz glebowych opracowano w IUNG w Puławach podział gleb Polski pod względem stopnia skażenia poszczególnymi metalami ciężkimi oraz mapy zanieczyszczenia nimi dla poszczególnych województw kraju (tab. 4).

Tabela 4. Zanieczyszczenie powierzchniowej warstwy gleb (0-20 cm) użytków rolnych wszystkimi metalami ciężkimi łącznie (%) (KABATA-PENDIAS i IN. 1995)

Table 4. Contamination of topsoil (0-20 cm) of arable land with all heavy metals together (KABATA-PENDIAS et AL. 1995)

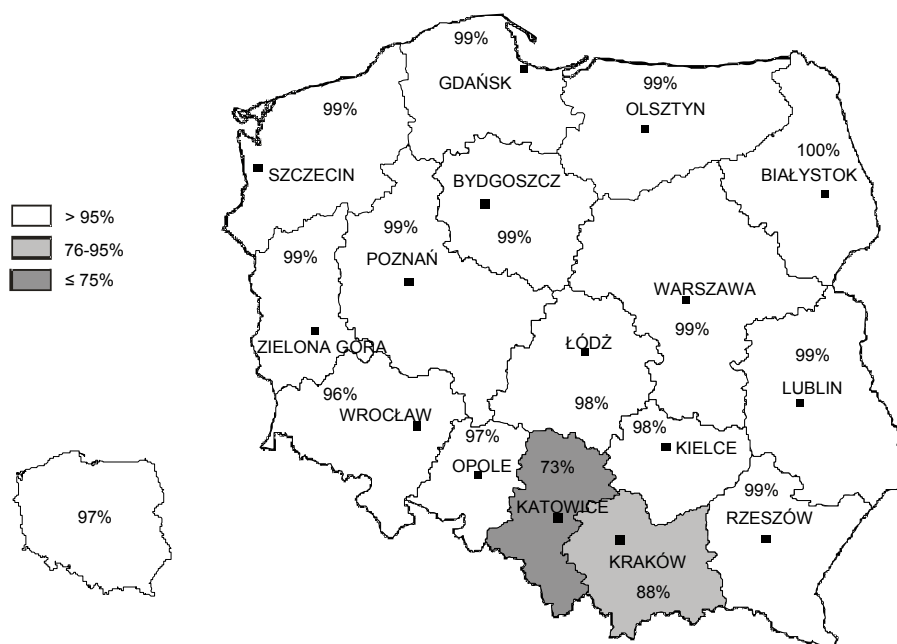
Lp.	Województwo	Liczba próbek	Stopień zanieczyszczenia gleb							
			0	I	II	III	IV	V	0+I	II-V
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
1	Dolnośląskie	3 319	61,9	33,9	2,9	0,5	0,7	0,0	95,8	4,2
2	Kujawsko-pomorskie	3 042	94,7	4,8	0,5	0,0	0,0	0,0	99,4	0,6
3	Lubelskie	4 148	92,5	6,4	0,8	0,2	0,1	0,0	98,8	1,2
4	Lubuskie	1 424	85,5	14,0	0,6	0,0	0,0	0,0	99,4	0,6
5	Łódzkie	3 426	86,2	12,1	0,9	0,3	0,3	0,0	98,4	1,6
6	Małopolskie	2 593	36,8	51,5	9,1	1,9	0,6	0,2	88,3	11,7

Tabela 4 – cd. / Table 4 – cont.

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
7	Mazowieckie	5 971	91,7	7,4	0,7	0,1	0,0	0,0	99,2	0,8
8	Opolskie	1 746	73,7	23,1	2,1	0,5	0,4	0,2	96,3	3,1
9	Podkarpackie	2 598	75,4	23,2	1,1	0,3	0,0	0,0	98,6	1,4
10	Podlaskie	3 075	96,9	3,1	0,0	0,0	0,0	0,0	99,9	0,0
11	Pomorskie	2 383	81,1	17,8	0,8	0,1	0,0	0,0	99,0	1,0
12	Śląskie	2 187	20,3	52,8	17,0	5,6	3,0	1,3	73,1	26,9
13	Świętokrzyskie	2 133	68,5	29,2	2,2	0,0	0,0	0,1	97,7	2,3
14	Warmińsko-mazurskie	3 337	91,5	8,0	0,4	0,1	0,1	0,0	99,5	0,5
15	Wielkopolskie	4 463	89,9	9,1	0,8	0,1	0,1	0,0	99,0	1,0
16	Zachodniopomorskie	2 795	74,3	24,3	1,3	0,0	0,0	0,0	98,7	1,3
	Polska	48 590	79,3	17,6	2,2	0,5	0,3	0,1	97,0	3,0

Z danych zawartych w tabeli 4 jednoznacznie wynika, że zdecydowana większość gleb uprawnych Polski (około 80%) wykazuje 0° zanieczyszczenia, czyli naturalną zawartość metali ciężkich. Charakteryzują się więc te gleby ilością metali odziedziczoną po zasobności w nie ich skał macierzystych. Około 17% gleb to gleby charakteryzujące się zwiększoną zawartością analizowanych metali ciężkich. Wyższe stopnie skażenia (II°-V°) stwierdzono na powierzchni zaledwie około 3% gleb, przy czym około 2% stanowią gleby zaliczone do II°, a więc słabo zanieczyszczone. Obszary gleb wykazujące wyższe stopnie zanieczyszczenia występują punktowo, głównie w województwach południowych i południowo-zachodnich. Procentowy udział gleb Polski wykazujących różne stopnie zanieczyszczenia przedstawiono na rysunku 1 (KABATA-PENDIAS i IN. 1993).

W 2002 roku Ministerstwo Środowiska ustaliło (ROZPORZĄDZENIE... 2002) dopuszczalne zawartości metali ciężkich (i innych związków zanieczyszczających środowisko) na terenach chronionych, rolniczych i przemysłowych (tab. 5, 8). Za podstawę przyjęto propozycje przedstawione w tzw. liście holenderskiej (VAN DER BERG i IN. 1993) oraz liście berlińskiej (WSKAŹNIKI METODYCZNE... 1994). Budzi to wiele wątpliwości, ponieważ wartości dopuszczalnych stężeń metali ciężkich przyjęte przez Holendrów dotyczą „gleby standardowej”, tj. zawierającej 10% materii organicznej oraz 25% iłu. Dla gleb o innej zawartości koloidów mineralnych i organicznych zaproponowano w Holandii odpowiednie przeliczniki (KARCZEWSKA 2008). Obowiązujące aktualnie w Polsce standardy zupełnie nie uwzględniają ilości materii organicznej bądź kategorii agronomicznej gleb, powinny zatem w możliwie najbliższym czasie zostać zmodyfikowane.



Rys. 1. Udział gleb o naturalnej ( $0^\circ$ ) i zwiększonej ( $1^\circ$ ) zawartości metali ciężkich w powierzchni użytków rolnych województw i Polski

Fig. 1. Share of soils with natural ( $0^\circ$ ) and increased ( $1^\circ$ ) heavy metal contents in the area of arable land of provinces and of Poland

Tabela 5. Dopuszczalne wartości stężeń metali ciężkich w glebie lub ziemi ( $\text{mg}\cdot\text{kg}^{-1}$ ) (ROZPORZĄDZENIE... 2002)

Table 5. Acceptable values of concentrations of heavy metals in soil or land ( $\text{mg}\cdot\text{g}^{-1}$ ) (ROZPORZĄDZENIE... 2002)

Metal	Grupa A, obszary chronione	Grupa B, użytki rolne i leśne		Grupa C, tereny przemysłowe, użytki kopalne, tereny komunikacyjne
		0-0,3 m	0,3-15,0 m	
Cd	1	4	5	15
Cr	50	150	150	500
Cu	30	150	100	600
Hg	0,5	2	3	30
Ni	35	100	50	300
Pb	50	100	100	600
Zn	100	300	350	1 000

## Ksenobiotyki organiczne

Obok przedstawionych wyżej ksenobiotyków mineralnych w ostatnich latach analizuje się degradację chemiczną gleb wywołaną również nagromadzeniem szkodliwych związków (ksenobiotyków) organicznych, do których należą wielopierścieniowe węglowodory aromatyczne (WWA), polichlorowane bifenyle (PCB), dioksyny, pestycydy itp. Najbardziej rozpoznane jest zanieczyszczenie gleb Polski wielopierścieniowymi węglodonorami aromatycznymi, czyli związkami zawierającymi od 2 do 13 pierścieni aromatycznych (najczęściej 2-6) w cząsteczce, do których przyłączone są mniejsze bądź większe ilości podstawników alkilowych. Są to związki muta- i rakotwórcze.

Pierwszym wyizolowanym WWA był benzo(a)piren, który w latach 1933-1973 uważano za podstawowy wskaźnik określający zanieczyszczenie poszczególnych elementów środowiska. W 1973 roku Międzynarodowa Agencja Badań nad Rakiem (IARC) przedstawiła wykaz 48 związków z grupy WWA, które oddziałują rakotwórczo na co najmniej dziewięć gatunków zwierząt, w tym także na człowieka (MALISZEWSKA-KORDYBACH i MARDAROWICZ 1994). Aktualnie stopień zanieczyszczenia gleb WWA określa się jako sumę 16 wielopierścieniowych węglowodorów aromatycznych (tab. 6).

Tabela 6. Wykaz 16 najważniejszych WWA w glebie  
Table 6. List of major PAHs in soil

Lp.	WWA		Struktura
	nazwa	skrót	
1	Naftalen	Nf	Trójpierścieniowa
2	Acenaften	Ace	
3	Acenaftylen	Acf	
4	Fluoren	Fl	
5	Fenantren	Fen	
6	Antracen	Ant	
7	Fluoranten	Flu	Czteropierścieniowa
8	Piren	Pir	
9	Benzo(a)antracen	BaA	
10	Chryzen	Ch	
11	Benzo(b)fluoranten	BbF	Pięciopierścieniowa
12	Benzo(k)fluoranten	BkF	
13	Benzo(a)piren	BaP	
14	Dibenzo(a,h)antracen	DahA	Sześciopierścieniowa
15	Benzo(ghi)perylene	Bper	
16	Indeno(1,2,3-cd)piren	IndP	



Źródłem WWA mogą być zarówno procesy naturalne, jak i antropogeniczne. Powstają one w wyniku wysokotemperaturowego spalania różnego rodzaju biolitów. Im wyższa jest temperatura spalania ( $> 2000^{\circ}\text{C}$ ), tym mniej toksyczne są powstające WWA. Przykładem naturalnego tworzenia się WWA mogą być pożary lasów, łąk czy prerii oraz działalność wulkaniczna. Do czynników antropogenicznych zalicza się procesy przemysłowe, związane szczególnie ze spalaniem ropy naftowej i węgla, spaliny samochodowe, spalanie odpadów, ścieranie opon samochodowych oraz dym papierosowy (MALISZEWSKA-KORDYBACH i MARDAROWICZ 1994).

Na podstawie zawartości WWA w wierzchniej warstwie gleby, w której są one najbardziej akumulowane, w IUNG w Puławach określono orientacyjne zawartości graniczne dla poszczególnych stopni zanieczyszczenia gleb WWA (tab. 7). Dopuszczalne wartości WWA w glebie są zawarte w Rozporządzeniu Ministra Ochrony Środowiska z 2002 roku (ROZPORZĄDZENIE... 2002, tab. 8).

Tabela 7. Graniczne zawartości WWA w powierzchniowej warstwie gleb (0-20 cm); wartości odnoszą się do gleby „średniej”, zawierającej do 2% materii organicznej ( $\text{mg}\cdot\text{kg}^{-1}$ ) (KABATA-PENDIAS i IN. 1995)

Table 7. Limiting contents of PAHs in the topsoil (0-20 cm); the values apply to “mean” soil, containing up to 2% of organic matter ( $\text{mg}\cdot\text{kg}^{-1}$ ) (KABATA-PENDIAS et AL. 1995)

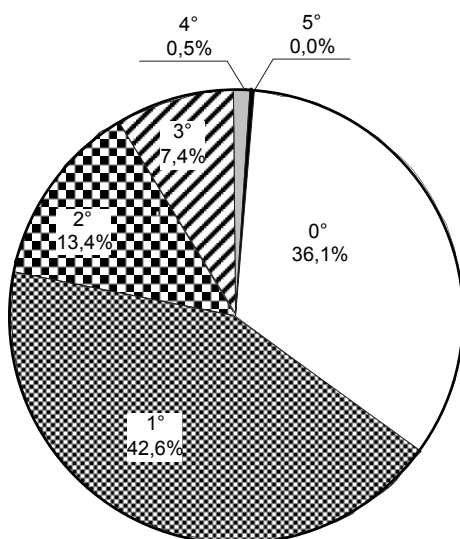
Suma zawartości WWA*	Stopień zanieczyszczenia	Ocena gleb
< 0,2	0	Niezanieczyszczone – zawartość naturalna
0,2-0,6	1	Niezanieczyszczone – zawartość zwiększona
> 0,6-1,0	2	Mało zanieczyszczone
> 1,0-5,0	3	Zanieczyszczone
> 5,0-10,0	4	Silnie zanieczyszczone
> 10,0	5	Bardzo silnie zanieczyszczone

\*Suma 16 związków WWA według tabeli 6.

Wyniki badań WWA przeprowadzonych na terenie Polski w ramach monitoringu chemizmu gleb ornych przedstawiono na rysunku 2 (MONITORING... 1999, MOCEK i DRZYMAŁA 2010). Z zestawienia wynika, iż około 80% gleb nie wykazuje zanieczyszczenia WWA. Silne i bardzo silne zanieczyszczenie tymi ksenobiotykami organicznymi stwierdzono zaledwie mniej więcej w 0,5% analizowanych próbek glebowych. Należy zatem stwierdzić, że gleby Polski aktualnie nie zakumulowały groźnych ilości WWA, a ze względu na stosunkowo szybki rozkład tych związków w środowisku glebowym pod wpływem działalności drobnoustrojów (do kilkunastu miesięcy) nie stanowią one istotnego problemu, niemniej wymagają stałego monitorowania, które jest już prowadzone przez Inspekcję Ochrony Środowiska (MONITORING... 2008).

Tabela 8. Dopuszczalne wartości WWA w glebie ( $\text{mg}\cdot\text{kg}^{-1}$ ) (ROZPORZĄDZENIE... 2002)  
 Table 8. Acceptable values of PAHs in soil ( $\text{mg}\cdot\text{kg}^{-1}$ ) (ROZPORZĄDZENIE... 2002)

WWA	Grupa A, obszary chronione	Grupa B, użytki rolne i leśne		Grupa C, tereny przemysłowe, użytki kopalne, tereny komunikacyjne
		0-0,3 m	0,3-15,0 m	
Nf	0,1	0,1	5	10
Fen	0,1	0,1	5	10
Ant	0,1	0,1	5	10
Flu	0,1	0,1	5	10
Ch	0,1	0,1	5	10
BaA	0,1	0,1	5	10
BaP	0,02	0,03	5	5
BbF	0,1	0,1	5	5
Bper	0,1	0,1	10	5
Suma WWA	1	1	20	20



Rys. 2. Udział gleb o różnym stopniu zanieczyszczenia WWA w powierzchni użytków rolnych Polski

Fig. 2. Share of soils with various degree of contamination with PAHs in the area of arable land of Poland

## Podsumowanie

Monitoring chemizmu gleb ornych w Polsce przeprowadzono dotychczas trzykrotnie: w latach 1995, 2000 i 2005. Analizą objęto 216 punktów kontrolno-pomiarowych zlokalizowanych na terenie całego kraju (od 6 do 20 punktów w poszczególnych województwach). Uzyskane wyniki wskazują generalnie, iż stopień zanieczyszczenia gleb Polski zarówno metalami ciężkimi, jak i WWA nie uległ zasadniczej zmianie (MONITORING... 2008).

## Literatura

- BOLIBRZUCH E., GALCZYŃSKA B., KABATA-PENDIAS A., PIOTROWSKA M., TARŁOWSKI P., WIĄCEK K., 1978. Oznaczanie zawartości pierwiastków śladowych oraz siarki w glebach i roślinach metodami kolorymetrycznymi i spektrometrii atomowej. IUNG, Puławy.
- KABATA-PENDIAS A., MOTOWICKA-TERELAK T., PIOTROWSKA M., TERELAK H., WITEK T., 1993. Ocena stopnia zanieczyszczenia gleb i roślin metalami ciężkimi i siarką. Ramowe wytyczne dla rolnictwa. IUNG, Ser. P 53.
- KABATA-PENDIAS A., PENDIAS H., 1979. Pierwiastki śladowe w środowisku biologicznym. Wyd. Geologiczne, Warszawa.
- KABATA-PENDIAS A., PENDIAS H., 1993. Biogeochemia pierwiastków śladowych. PWN, Warszawa.
- KABATA-PENDIAS A., PIOTROWSKA M., MOTOWICKA-TERELAK T., MALISZEWSKA-KORDYBACH B., FILIPIAK K., KRAKOWIAK A., PIETRUCH CZ., 1995. Podstawy oceny chemicznego zanieczyszczenia gleb. Metale ciężkie, siarka i WWA. Bibl. Monit. Środ. PIOŚ, Warszawa.
- KARCZEWSKA A., 2008. Ochrona gleb i rekultywacja terenów zdegradowanych. UWP, Wrocław.
- MALISZEWSKA-KORDYBACH B., MARDAROWICZ M., 1994. Problemy zanieczyszczenia środowiska glebowego wielopierścieniowymi węglowodorami aromatycznymi i metody ich analizy. W: Związki organiczne w środowisku i metody ich oznaczania. PIOŚ, UW, Warszawa: 123-139.
- MOCEK A., 2002. Stopnie skażenia gleb Polski metalami ciężkimi. *J. Res. Appl. Agric. Eng.* 47, 1: 29-34.
- MOCEK A., DRZYMAŁA S., 2010. Geneza, analiza i klasyfikacja gleb. Wyd. UP, Poznań.
- MOCEK A., MOCEK A., 2003. Podstawowe problemy chemicznej degradacji gleb Polski. *Ekon. Środ.* 24, 2: 186-198.
- MONITORING chemizmu gleb ornych Polski. 1999. Bibl. Monit. Środ. IOŚ, Warszawa.
- MONITORING chemizmu gleb ornych Polski w latach 2005-2007. 2008. Bibl. Monit. Środ. IOŚ, Warszawa.
- ROZPORZĄDZENIE Ministra Środowiska z dnia 9 września 2002 roku w sprawie standardów jakości gleb oraz standardów jakości ziem. 2002. *Dz.U.* 165, poz. 1359.
- SZYCZEWSKI P., SIEPAK J., NIEDZIELSKI P., SOBCZYŃSKI T., 2009. Research on heavy metals in Poland. *Pol. J. Environ. Stud.* 18, 5: 755-768.
- TERELAK H., MOTOWICKA-TERELAK T., STUCZYŃSKI T., PIETRUCH CZ., 2000. Pierwiastki śladowe (Cd, Cu, Ni, Pb, Zn) w glebach użytków rolnych Polski. *Bibl. Monit. Środ. IOŚ, Warszawa.*
- VAN DER BERG R., DENNEMAN C.A.J., ROELS J.M., 1993. Risk assessment of contaminated soils: proposals for adjusted, toxicologically based Dutch soil clean-up criteria. W: *Contaminated soil '93*. Red. F. Arendt i in. Kluwer, Dordrecht: 349-364.
- WORLD MAP on the status of human-induced soil degradation. 1990. ISRIC, UNEP, Wageningen.
- WSKAZÓWKI METODYCZNE do oceny stopnia zanieczyszczenia gruntów i wód podziemnych produktami ropopochodnymi i innymi substancjami chemicznymi w procesach rekultywacji. 1994. *Bibl. Monit. Środ. PIOŚ, Warszawa.*

## XENOBIOTICS IN POLISH SOIL ENVIRONMENT

**Summary.** The study presents the degree of soil contamination in Poland with heavy metals and polycyclic aromatic hydrocarbons (PAHs). The presented results derive, primarily, from the research papers of Institute of Soil Science and Plant Cultivation – National Research Institute scientists from Puławy who either coordinated or supervised the monitoring program of chemism of arable lands in Poland. According to these studies, the degree of the soil cover contamination in Poland, both with heavy metals (about 3% of soils show contamination) and PAHs, is low and has remained on a similar level for many years now.

**Key words:** xenobiotics, soil, heavy metals, PAHs

*Adres do korespondencji – Corresponding address:*

*Andrzej Mocek, Katedra Gleboznawstwa i Ochrony Gruntów, Uniwersytet Przyrodniczy w Poznaniu, ul. Szydlowska 50, 60-656 Poznań, Poland, e-mail: moceka@up.poznan.pl*

*Zaakceptowano do druku – Accepted for print:*

*18.10.2010*

*Do cytowania – For citation:*

*Mocek A., Mocek-Płóćiniak A., 2010. Ksenobiotyki w środowisku glebowym Polski. *Nauka Przyr. Technol.* 4, 6, #84.*