

# Bioakumulacja Cd, Pb i Hg w tkankach zwierząt\*)

Katedra Higieny Zwierząt i Środowiska Hodowlanego Wydziału Zootechnicznego AR ul. Dicksteina 3, 51-617 Wrocław

Badania monitoringowe tkanek zwierząt gospodarskich oraz produktów pochodzenia zwierzęcego (mleko, jaja, miód) wskazują na znaczne zróżnicowanie stężeń Cd, Hg i Pb i innych metali ciężkich w tym materiale, od śladowych do wielokrotnie przekraczających wartości fizjologiczne, zależnie od gatunku zwierząt, fazy ich życia, systemu chowu oraz lokalizacji obiektu hodowlanego. Zmienne są również zawartości pierwiastków metalicznych w organizmach zwierząt zamieszkujących ekosystemy naturalne.

## Bydło mleczne i mięsne

Tkanki bydła mlecznego powinny stanowić dobry bioindykator skażenia środowiska, z uwagi na stosunkowo długi okres życia tych zwierząt (7-8 lat), jak również preferowany w Polsce system chowu (alkierzowo-pastwiskowy) oraz żywienia, najczęściej w oparciu o pasze objętościowe i soczyste (30, 31, 37). Z badań Żmudzkiego i wsp. (74), nie wynika jednak, aby gatunek ten cechował się szczególną zdolnością kumulacji metali ciężkich. Zawartość Pb, Cd, As i Hg w nerkach, wątrobie i mięśniach krów i bydła opasowego (średni wiek 4-8 lat) nie przekraczała dopuszczalnych stężeń (tab. 1 i 2). Nawet w tkankach bydła pochodzącego z Górnego Śląska oraz z rejonu zgorzelecko-bogatyńskiego, nie wykazano przekroczenia wartości granicznych dla Pb, Cd, Hg, Zn, Cu i As (69).

Mleko krowie zawiera w swoim składzie szereg pierwiastków śladowych (19, 25, 52), jednak jego wartość jako bioindykatora środowiska jest niska, gdyż gruczoł mlekowy tworzy naturalną barierę biologiczną ograniczającą przechodzenie toksycznych pierwiastków z organizmu matki do pokarmu; ponadto mleko może ulegać wtórnemu zanieczyszczeniu w procesach technologicznych. Z uwagi na znaczenie mleka jako podstawowego produktu w żywieniu dzieci, w wielu krajach świata, również i w Polsce obowiązują normy zawartości metali ciężkich, zarówno w odniesieniu do mleka surowego (skup) (50), jak i spożywczego (62). Normy dla mleka surowego przewidują następujące dopuszczalne za-

wartości metali ciężkich: Pb – 0,15 mg/kg, Cu – 0,5, As – 0,2, Zn – 5,0 i Sn – 0,20. Zwraca uwagę brak norm dla Cd i Hg w mleku surowym, natomiast są one obowiązujące dla mleka spożywczego (tab. 2).

Z analiz prowadzonych w ostatnich latach wynika, że w zbiorczych próbach mleka (ze zlewni) zawartości metali toksycznych nie przekraczają dopuszczalnych stężeń (33, 39). Nawet w regionie zgorzelecko-bogatyńskim stwierdzano w mleku ze zlewni stosunkowo niską zawartość Pb, wynoszącą średnio 0,054 mg/kg (69), przy czym w 50% prób zawartość Pb była poniżej progu wykrywalności (0,01 mg/kg). Z drugiej jednak strony, w niektórych gospodarstwach położonych w bezpośrednim sąsiedztwie elektrowni „Turów” wykrywano w mleku wysokie stężenia Pb, osiągające nawet 1,865 mg/kg (69). Również w mleku pobieranym bezpośrednio od krów z gospodarstw drobnotowarowych na Dolnym Śląsku (OEZ) zawartość Pb w 22,6% prób była, w porównaniu

Tab. 1. Maksymalne dopuszczalne stężenie pierwiastków toksycznych w tkankach zwierząt wg Wytycznych Ministerstwa Rolnictwa i Gospodarki Żywnościowej z 17 lipca 1984 r.

Pierwiastek	Tkanka	Wartości stężenia dopuszczalnego w mg/kg	Gatunek zwierząt
Arsen (As)	mięśnie	0,5	bydło
	wątroba		świnie
	nerki		konie
Rtęć (Hg)	mięśnie	0,04	bydło, świnie
		0,01	konie
	wątroba	0,05	bydło, świnie
			konie
	nerki	0,1	bydło, świnie
		0,2	konie
Kadm (Cd)	mięśnie	0,1	bydło, świnie
		1,0	konie
	wątroba	2,0	bydło, świnie
		40,0	konie*
	nerki	4,0	bydło, świnie
		150,0	konie*
Ołów (Pb)	mięśnie	0,3	bydło, świnie
		0,2	konie
	wątroba, nerki	1,0	bydło, świnie konie

Objaśnienie: \* wątroby i nerki nie nadają się do spożycia dla ludzi i na pasze dla zwierząt.

\*) Praca wykonana w ramach projektu celowego nr 7767194C/1983 współfinansowanego przez KBN

Tab. 2. Dopuszczalne zawartości metali ciężkich w środkach spożywczych wg Zarz. Min. Zdrowia i Opieki Społecznej z dnia 31 marca 1993 r. (Monitor Polski Nr 22/93 poz. 233).

Artykuły spożywcze	Zawartość dopuszczalna (mg/kg)					
	Pb	Cu	Cd	As	Zn	Hg
Mleko płynne*	0,15	0,50	0,01	0,1	5,0	0,01
Tłuszcz zwierzęcy	0,10	0,40	0,02	0,10	—	0,01
Inne artykuły spożywcze:						
Zawierające do 20% suchej masy	0,03	4,0	0,03	0,2	10,0	0,01
Zawierające od 20% do 50% suchej masy	0,5	10,0	0,05	0,2	20,0	0,02
Zawierające powyżej 50% suchej masy	1,0	20,0	0,10	0,5	50,0	0,03

Objaśnienie: \* w mg/l.

do normy krajowej (0,15 mg/l), znacznie zwiększona (>0,01-0,69 mg/l), Cd w 29,4% prób przekraczał normę 0,01 mg/l i występował w stężeniu >0,001-0,037 mg/l, a Hg w 50% prób przekraczała dopuszczalne stężenie 0,01 mg/l i występowała w stężeniu >0,01-0,036 mg/l (27, 29). Występowanie wysokich stężeń metali ciężkich w jednostkowych próbach mleka, przy jednoczesnym niskim stężeniu tych metali w mleku zbiorczym (zlewnie) autorzy tłumaczą dużym zróżnicowaniem zawartości tych metali u krów z poszczególnych gospodarstw. Warunki lokalne determinuje nie tylko opad pyłów przemysłowych, ale także tzw. niska emisja (paleniska domowe) oraz skażenie komunikacyjne. Według Jarosz (21) na terenie GOP zawartość kadmu w trawach porastających pobocza dróg, stanowiących częste miejsce wypasu, wynosiła od 0,31 do 1,68 mg/kg s.m. i była przekroczona, w porównaniu do naturalnej zawartości (0,2 mg/kg s.m.) aż 8 razy. Zawartość ołowiu w tych trawach oznaczono na poziomie od 7,3 do 26,4 mg/kg, przy normie wynoszącej dla paszy 10,0 mg/kg. Pewne zależności między zawartością metali ciężkich w paszach dla bydła a ich stężeniem we krwi i mleku stwierdzili też i inni autorzy (6, 47).

Fakt, iż mleko ze zlewni posiada dość niską zawartość metali ciężkich nie oznacza odpowiednio niskiej zawartości tych metali w produktach wytworzonych z mleka, gdyż w procesach przetwórczych dochodzi do zagęszczania suchej masy. Buliński i wsp. (3) wykazali w polskich serach zawartość Pb w granicach 0,028-0,122 mg/kg s.m., a Cd 0,04-0,028. W Hiszpanii, w świeżym mleku będącym materiałem wyjściowym do produkcji sera Machengo (mleko kozie 22%, mleko krowie 78%) wykazano zawartość Pb wynoszącą 210 ug/kg, w mleku pasteryzowanym 370, w twarogu 230, a w serwatce 260-320. W produkcie końcowym zawartość Pb była istotnie wyższa w powierzchniowych warstwach sera, a ołów był związany głównie z koagulującymi frakcjami mleka (64). W Egipcie stwierdzono w mleku pasteryzowanym zawartość Pb, Cd i Hg –

1,501, 0,038 i 0,086; w sterylizowanym 1,087, 0,060 i 0,091; w kefirach 4,694, 0,218 i 0,0; w mleku skondensowanym 11,07, 0,438 i 0,0 oraz w mleku w proszku 8,133, 0,04 i 0,556 (2). Jak widać problem skażenia chemicznego u bydła dotyczyć może jedynie mleka pobieranego bezpośrednio od krów utrzymywanych w rejonach zanieczyszczeń przemysłowych i blisko ruchliwych dróg a także przetworów mleczarskich.

### Trzoda chlewna

Tucznie żyją przeciętnie 6 miesięcy a lochy i knury mogą osiągać wiek kilku lat. Przy stosowanym najczęściej zamkniętym systemie chowu (alkierzowym) należy spodziewać się, że kumulacja metali ciężkich będzie u tych zwierząt niska. Głównym źródłem ewentualnego skażenia tkanek świń jest pasza, która na skutek stosowania różnych dodatków może podnosić koncentrację metali ciężkich (53). Nie można oczywiście wykluczyć wpływu pyłowych i gazowych emisji przemysłowych osiagających budynki w wyniku intensywnej wymiany powietrza. Tym też należy tłumaczyć, że w rejonach OEZ poziom Pb, Cd, Hg i As w tkankach tuczników jest wyższy niż w rejonach ekologicznie czystych i typowo rolniczych (44, 70).

Preś i Kwiatkowski (53) podają, że średnia zawartość Pb w tkance mięśniowej tuczników wynosi 0,05-0,58 mg/kg s.m. W wątrobie kumulacja Pb jest wyższa (0,20 mg/kg św.m.). Stężenie Cd w mięśniach kształtuje się w granicach 0,02-0,04 mg/kg św.m. w wątrobie 0,16, a w nerkach 0,10-0,27. Krajowe wytyczne w tym zakresie dopuszczają obecność Pb w mięśniach, wątrobie i nerkach nie wyższą niż 0,3, 1,0 i 1,0 mg/kg św.m., a w przypadku Cd odpowiednio 0,1, 2,0 i 4,0 mg/kg św.m. (tab. 2).

Mazurek i wsp. (44) wykazali w wątrobie świń z Dolnego Śląska (OEZ) zwiększoną zawartość ołowiu (1,59 mg/kg św.m.) i miedzi (12,30) oraz obniżoną zawartość cynku w porównaniu do prób pobranych z terenu Podlasia (Pb – 0,86, Cu – 5,50). Także Kołodziej (33) nie stwierdza przekroczenia norm As, Hg, Pb i Cd w mięśniach trzody chlewnej (także bydła i drobiu) żyjących w promieniu do 30 km od źródła emisji metali ciężkich (kopalnie, huty, osadniki poflotacyjne), chociaż w wątrobach i nerkach tych zwierząt zawartości badanych metali były podwyższone lub przekroczone. Żmudzki i wsp. (70) po przeanalizowaniu 485 prób mięśni, wątrób i nerek świń ubijanych w rzeźniach całego kraju stwierdzili, że średnie zawartości metali ciężkich nie przekraczały norm As, Cd, Hg i Pb, a w przypadku Zn, Cu i Fe wartości fizjologicznych. Stężenia Pb i Cd w nerkach i wątrobach były najwyższe w Polsce południowej, co wiąże się z oddziaływaniem GOP. Także w szynkach wieprzowych, poza nielicznymi przypadkami przekroczenia niskiej normy Hg

przyjętej dla produktów przeznaczonych dla dzieci (10 ug/kg), nie stwierdzono zwiększonych stężeń As, Cd i Pb (72). Można stwierdzić, że problem ewentualnego skażenia świń metalami ciężkimi może jedynie dotyczyć loch i knurów. U tuczników, które stanowią główne źródło zaopatrzenia ludności w mięso i przetwory problem przekroczenia przyjętych w Polsce norm raczej nie występuje. Wskazana jest jednak okresowa kontrola toksykologiczna pasz, a w przypadku utrzymania ekstensywnego (wybiegi, okólniki) również gleby, szczególnie na obszarach ekologicznego zagrożenia.

### Drób

Kury nieśne utrzymuje się w Polsce w większości systemem ekstensywnym (chów przyzagrodowy), rzadziej fermowym. Technologie chowu brojlerów zakładają wyłącznie systemy zamknięte. Drób wodny (kaczki, gęsi) utrzymuje się przeważnie ekstensywnie, a w przypadku utrzymania fermowego ptaki te często mają dostęp do wybiegów. Drób w chowie przyzagrodowym narażony jest na kontakt z wysypiskami śmieci (odpady z gospodarstwa), gnojownikami (odchody zwierzęce), rowami przydrożnymi (spaliny), może zjadać skażoną glebę, rośliny i geohelminy. W tej sytuacji należy spodziewać się, że u ptactwa dłużej żyjącego (ponad 1 rok) może dojść do nadmiernej kumulacji niektórych metali ciężkich. Potwierdzeniem tej tezy są badania Żmudzkiego i Szkioty (73) wskazujące, że średnie stężenie Cd w wątrobach kur przyzagrodowych wynosiło 0,61 mg/kg i było ponad 4-krotnie wyższe, a ołowiu aż 7-krotnie wyższe (0,174 mg/kg), niż u kur fermowych. Podobne tendencje w odniesieniu do analiz mięśni, wątroby i jaj od kur przyzagrodowych i fermowych podają inni autorzy (8). Z badań Kołacza i wsp. (27) wynika, że u kur w chowie przyzagrodowym w OEZ na Dolnym Śląsku w 20% prób wystąpiły przekroczenia Pb w mięśniach kurzych (max. zawartość 1,13 mg/kg św.m.) oraz w jajach kurzych w 14,3% prób (max. 1,62 mg/kg św.m.). W przypadku Cd przekroczenia dotyczyły odpowiednio 14,8% (0,304) i 7,9% (0,071), zaś Hg aż 45,5% (0,132) i 64,5% (0,234). Niepokojącym zjawiskiem jest stosunkowo wysoka kumulacja rtęci w jajach kurzych, ze średnimi często przekraczającymi dopuszczalną w kraju granicę 0,02 mg Hg/kg. Dla mięsa, wątroby i jaj kurzych brak jest w Polsce szczegółowych norm metali ciężkich, dlatego też należy przyjmować tymczasowo wartości proponowane w Zarz. MZiOS nr 233/93 (62). Wg norm obowiązujących w krajach Beneluxu dopuszczalne wartości Pb, Cd i Hg dla mięsa drobiowego wynoszą odpowiednio (mg/kg św.m.): 0,3; 0,05 i 0,05; dla wątrób: 1,0; 0,05 i 0,0; dla jaj kurzych: 0,10; 0,01 i 0,03. Niewiele różnią się one od wartości podanych w ww. zarządzeniu.

Znaczne stężenie rtęci w kościach kur z rejonu strefy ochronnej KM „Huta Katowice” (średnio 0,033 mg/kg św.m.) stwierdził Kołczak (32), konkludując, że z uwagi na wysoką jej rozpuszczalność w wywarze (79%) istnieje niebezpieczeństwo skażenia tym toksycznym metalem żywności w rejonach EZ, tym bardziej, że emisja rtęci w kraju jest stosunkowo wysoka i wynosi minimum 35,9 t rocznie (46). Podobne wnioski sformułował Dobrzański i wsp. (5, 9) wykazując łatwość przyswajania Hg przez organizm kury i jej kumulację w jajach kurzych. Falandysz (12) w Polsce północnej, a więc na terenach ekologicznie czystych, stwierdził w latach 80-tych bardzo niskie stężenia Hg, a także Cd i Pb u ptactwa domowego, przy wyjątkowo wysokim poziomie Cu w mięśniach i wątrobach kaczek i gęsi.

Korol i wsp. (35) stwierdzili u kurcząt brojlerów w okresie 6 tygodni odchowu dość wysoką retencję kadmu i ołowiu w mięśniach (11,9-19,5%), zależną od zawartości energii metabolicznej w paszy. Maksymalna koncentracja Cd w organizmie kurcząt wyniosła 0,056 mg/kg św.m., a Pb – 0,63 mg/kg św.m. Znaczne zawartości Cd, Pb i Hg w tuszkach brojlerów stwierdził też Rudzik (57), gdy metale te były obecne w paszy, wodzie i ściółce kurników, skąd pochodziły ptaki. Wyniki te o tyle zasługują na uwagę, gdyż Preś i Kwiatkowski (53) podają dla brojlerów stosunkowo niskie progi nasycenia tkanek przy wysokich stężeniach Pb w paszy.

Generalnie należy stwierdzić, że chów drobiu w warunkach ekstensywnych stanowi w kraju problem ekologiczny i toksykologiczny, szczególnie w rejonach EZ. Wydaje się, że należałoby w skali kraju podjąć szerokie badania biomonitoringowe dla pełnego rozpoznania tego zjawiska oraz opracować metody ekoprofilaktyki w tym zakresie, tym bardziej, że niektóre badania krajowe (5, 54) oraz zagraniczne (23, 55) wskazują na możliwość przeciwdziałania nadmiernej kumulacji niektórych metali ciężkich u drobiu.

### Owce

Zwierzęta te należą do dobrych bioindykatorów środowiska, gdyż utrzymywane są systemem ekstensywnym i pastwiskowym (poza tuczem jagniąt). Nieliczne są jednak badania nad biokumulacją metali ciężkich u owiec. Z badań zagranicznych (10) wynika, że w rejonie górniczym Włoch najczęściej u tych zwierząt kadmu kumulowały nerki (3,15-5,5 ppm) i wymię (5,2), a ołowiu żebra (97,5-145,5) oraz kości długie (68-98). Dużo Pb stwierdzono w wymieniu macioerek (49,35 ppm) i wątrobie (45,7). Cynku nawięcej zawierały żebra i kości długie, a Cu – nerki, kości i wymię. Nadmierna była z punktu widzenia higieniczno-toksykologicznego zawartość Pb i Cd w mięśniach. Autorzy tłumaczą to zanieczyszczeniem gleb i roślin tymi metalami. Z badań krajowych (21) wynika, że owce wypasane na ob-

rzeżach dróg w GOP pobierały z trawami w ciągu jednego dnia od 2,84 do 10,26 mg ołowiu. Stężenie Pb w wątrobie owiec wynosiło 0,013 mg/kg, a w nerkach 6,0 mg/kg. Inni autorzy (53) podają, że kadm łatwo kumuluje się w nerkach, w których przy zawartości w paszy 5 mg/kg, odkłada się aż 58,9 mg/kg św.m., a w wątrobie 14,9, w mięśniach 0,05 i w tłuszczu 0,01. Z badań Falandysza (12) prowadzonych w województwach północnych Polski wynika (12), że zawartość toksycznych metali (Mn, Cu, Zn, Fe, Cd, Hg i Pb) w mięśniach, wątrobie i nerkach owiec była niska, nie stwarzając żadnych problemów toksykologicznych. Zgoła inne wnioski wysunęli inni autorzy badając krew owiec z rejonów oddziaływania przemysłu metalurgicznego (28).

Dobrym bioindykatorem środowiska jest wełna owcza, która w swojej części przyskórnej zawiera metale ciężkie pochodzące z paszy, a w części zewnętrznej – pierwiastki pochodzące głównie ze środowiska (powietrze, opady, gleba, ściółka). Z badań Patkowskiej-Sokoły i wsp. (49) wynika, że u owiec z rejonu LGOM oraz wrocławskiego OEZ wielokrotnie wyższa jest w wełnie koncentracja Pb, Cd i As w porównaniu z wełną owiec bieszczadzkich. Tak więc zawartość metali ciężkich w wełnie owczej może świadczyć o stopniu zanieczyszczenia nimi środowiska i pasz, a także o ekologiczno-zdrowotnej jakości tej wełny.

### Konie

Z uwagi na długowieczność koni i ich użytkowanie w różnych warunkach środowiskowych należą one do grupy zwierząt potencjalnie narażonych na bioakumulację metali ciężkich, szczególnie w rejonach uprzemysłowionych i zurbanizowanych. Najczęściej analizowanymi narządami u koni jest nerka i wątroba, natomiast rzadziej krew, mleko, róg kopytowy czy sierść (20, 26, 59, 60). Z nielicznych badań (1, 58) wynika, że mięśnie koni nie zawierają nadmiaru As, Cd, Hg i Pb, natomiast nerki niemal zawsze kumulują duże ilości Cd, a wątroba Zn i Cd. Zipser i Kraczkowski (63) stwierdzili, że stężenie Cd w wątrobach koni w rejonie lubelszczyzny (9,1 ppm św.m.) było 60 razy wyższe niż u krów w tym rejonie, zaś w nerkach tych koni zawartość Cd (średnio 38 ppm św.m.) była 100-150 razy wyższa niż u krów. Zmudzki i wsp. (71) wykazali na przestrzeni lat 1980-89 w mięśniach koni w Polsce niskie wartości kadmu (0,62 mg/kg) oraz wysokie w nerkach (62) i wątrobie (11,8), co eliminuje je ze spożycia dla ludzi czy wykorzystania dla celów paszowych. Autorzy ci stwierdzili wyższe stężenia Cd u koni pochodzących z OEZ południowej Polski. Podobne zależności stwierdził Kośla (36), wykazując w nerkach koni z rejonu oddziaływania hut metali kolorowych nawet 1000 mg Cd/kg s.m. (max. 2316), przy czym nie odnotowano widocznych objawów

zatrucia. Również konie z rejonów uprzemysłowionych Niemiec oraz Węgier kumulowały dużo kadmu, niezależnie od rasy, płci i wieku (35). Dopuszczalne zawartości metali ciężkich w tkankach i narządach koni podano w tab. 1.

W podsumowaniu należy stwierdzić, że nerki, a także wątroba koni są dobrym bioindykatorem skażenia środowiska, a w przypadku nadmiernych wartości Cd pojawia się konieczność kontroli poziomu tego metalu także w mięśniach, szczególnie w przypadku eksportu mięsa końskiego.

### Zwierzęta futerkowe

Zwierzęta te są na ogół krótko użytkowane. Utrzymywane są najczęściej w pomieszczeniach zamkniętych lub w obiektach półotwartych, pod zadaszeniami. Są więc częściowo izolowane od gazów toksycznych i pyłów metalonośnych. Otrzymują jednak często odpadowe pasze roślinne (króliki, nutrie) lub pochodzenia zwierzęcego (norki, tchórze, lisy).

Z badań Kopczewskiego i Kopczewskiej (34) wynika, że u lisów z ferm zlokalizowanych w okolicach Gdańska wystąpiły znaczne stężenia Pb i Cd w wątrobach i nerkach, co świadczy o tym, że mięsożerne zwierzęta futerkowe przyjmując z pokarmem nawet niewielkie ilości tych toksycznych metali mogą być „podtruwane” na poziomie subklinicznym. Wykazano w innych badaniach (67), że w tkankach królików koncentracja rtęci wzrastała w zależności od stopnia uprzemysłowienia ich środowiska bytowania i była najwyższa w rejonie Głogowa. Średnia zawartość w wątrobie wyniosła 19,5 mmol/kg, w mięśniach 7,5 a w nerkach 29-43,5.

Z uwagi na konsumpcję w Polsce jedynie mięsa króliczego, tylko ten rodzaj produktu powinien być poddawany ocenie bromatologicznej. Falandysz (12) analizując tkanki królików z chowu przydomowego stwierdził podwyższone zawartości Cd w nerkach (max. 53 mg/kg św.m.) oraz Pb w wątrobach (max. 0,54). Generalnie autor ten uważa iż mięso królicze nie zawiera nadmiaru metali ciężkich, mimo potencjalnej ekspozycji na zanieczyszczenia atmosferyczne (tradycyjny chów w rejonach górniczych) oraz nierzadko karmienia skażoną paszą, zbieraną z nieużytków oraz pod- i śródmiejskich terenów zielonych.

### Ryby

U zwierząt tych kumulacja metali ciężkich w tkankach jest uzależniona głównie od składu chemicznego wody, a następnie rodzaju spożywanego przez poszczególne gatunki ryb pokarmu. U karpia hodowlanego zawartość cynku, miedzi i kadmu była od 1,7-3,3-krotnie niższa niż u karpia na pokarmie naturalnym (40). Z innych badań wynika, że nawet małe stężenia metali ciężkich występujące w ekosystemach stawów hodowlanych powodują przemie-

szczenie się ich w łańcuchu pokarmowym, prowadząc do przekroczenia stężeń dopuszczalnych (42). U leszcza odłowionego w wodach Wisły (III klasa czystości) zawartość rtęci była najwyższa w mięśniach (0,084-0,121 mg/kg św.m.), a następnie w wątrobo-trzustce, jelicie, nerce i skrzelach (66). Nawet u pstrąga występującego na terenie Tatrzańskiego Parku Narodowego stwierdzono w wątrobie zawartość kadmu od 2,06 do 4,56 mg/kg i ołowiu od 2,93 do 3,41 mg/kg, co wskazuje, iż migracja metali ciężkich zachodzi nawet do obszarów chronionych przez samą naturę (41).

Interesujące są wyniki badań ryb z wód południowego Bałtyku, prowadzonych w latach 1985-86. Stwierdzono jedynie podwyższony poziom kadmu w tkance mięśniowej i wątrobach śledzi; ołów stwierdzony był w niewielkich stężeniach u wszystkich badanych gatunków ryb morskich (11). Pozostałe metale, w tym rtęć, nie odbiegały od wartości uznanych za fizjologiczne lub notowanych w latach poprzednich. Generalnie w strefie przybrzeżnej Bałtyku, mimo spływu rzekami wielu zanieczyszczeń, autor nie stwierdził w tkankach tych ryb przekroczenia norm higienicznych. Wyniki te wydają się być dość kontrowersyjne w świetle międzynarodowych danych o stopniu ekologicznego skażenia akwenu morza Bałtyckiego (24).

### Pszczoły

Pszczoły są bardzo dobrym bioindykatorem zawartości metali ciężkich w środowisku, a zawartość tych metali w ich organizmach oraz produktach pszczelarskich świadczy o lokalnym skażeniu najbliższego otoczenia, zarówno roślin, powietrza jak i wody. Jak wiadomo, zasięg penetracji tych owadów jest stosunkowo mały i wynosi 2-3 km. Najczęściej analizowane są nie same pszczoły, lecz produkty pszczele (miód, propolis, mleczko pszczele).

Dobrzański i wsp. (7) w miodach z pasiek utrzymywanych w rejonie LGOM przy niskich stężeniach Cd wykryli przekroczenia zawartości dopuszczalnego stężenia Pb w 75% prób, ale – co interesujące – w próbach kontrolnych pobranych z pasiek śródlęśnych zachodniej Opolszczyzny, przekroczenie granicznej wartości Pb (3-5-krotne) stwierdzono we wszystkich próbach miodu. W podobnych późniejszych badaniach miody z okolic LGOM zawierały podwyższone zawartości obu tych pierwiastków (56).

Z innych badań krajowych (17, 38, 61) wynika, że podstawowy produkt pszczeli jakim jest miód, zawiera bardzo zróżnicowane zawartości makro- i mikroelementów oraz metali toksycznych w zależności od jego pochodzenia i gatunku. Kształtują się one na ogół w granicach: Pb 0,0-0,295; Zn 3,4-47,4; Cu 0,0-1,08; Cd 0,0-0,02; Hg 0,0-0,011 mg/kg. Najwyższe dopuszczalne stężenia tych metali określa Polska Norma (51).

### Zwierzęta wolno żyjące

Zwierzęta żyjące w naturalnym ekosystemie często wykazują wyższy poziom skażenia metalami ciężkimi niż zwierzęta hodowlane. Wynikać to może z migracji toksycznych metali na dalekie odległości w wyniku cyrkulacji mas powietrznych, kwaśnych deszczów oraz infiltracji pierwiastków wraz z wodą do głębszych warstw gleby i ich przemieszczania w systemie wód gruntowych.

Z badań Dańczak i wsp. (4) wynika, że u dzikiej kaczki lodówki (*Cyranula hyemalis*) żyjącej na Wybrzeżu Bałtyckim występuje w nerkach wysoka koncentracja kadmu (4,74 ug/g) oraz cynku (22,70), a w wątrobie miedzi (7,59) i cynku (25,59), ołowiu (0,169). Autorzy twierdzą, że morski pokarm roślinny i zwierzęcy jest przyczyną relatywnie wysokich stężeń metali ciężkich u tych ptaków. Mazurek i wsp. (43) stwierdzili w wątrobach dzików z rejonu LGOM wysoki poziom ołowiu (4,69 ppm s.m.) i kadmu (1,05) oraz cynku (133) i miedzi (16,31), podczas gdy w rejonie Podlasia wartości Cd i Pb były około dwukrotnie niższe. Nie stwierdzono tych zależności w odniesieniu do kadmu u zajęcy i królików, natomiast poziom Pb i Hg był ponad dwukrotnie wyższy w rejonie LGOM niż Podlasia. Poziom miedzi i cynku u tych wszystkich zwierząt był podobny.

Falandysz (13) stwierdził w nerkach jeleni (*Capreolus capreolus* i *Cervus elaphus*) oraz dzika (*Sus scrofa*) z północnej Polski wysokie stężenia Cd, a w tkance mięśniowej tych zwierząt znaczne stężenia Pb. Żarski i wsp. (65, 68) wykazali wysokie stężenie Hg w nerkach saren i zajęcy, szczególnie w rejonach oddziaływania przemysłu metalurgicznego (GOP) i aglomeracji miejskich (Łódź), natomiast Falandysz i Gajda (15) u zwierząt łownych w Polsce północnej. Podwyższoną zawartość rtęci w tkankach tych zwierząt można wiązać z wieloletnim stosowaniem preparatów rtęciowych oraz intensywnym nawożeniem mineralnym użytków rolnych (5, 18, 22). Inni autorzy nie stwierdzili w sadle i tłuszczu jeleni, saren i dzików z rejonów Polski północnej wykrywalnych (powyżej 0,02 mg/kg) stężeń Cd, natomiast w znacznych ilościach występowały Cu, Zn, Mn i Fe (16). U zwierzętej tej w rejonie Wielkopolski także stwierdzono niskie stężenia Cd i Pb w wątrobie i nerkach (niższe niż u bydła i świń w tym rejonie), zaś poziomy Zn, Cu, Fe i Mn mieściły się w granicach fizjologicznych (45). Wtórne skażenia metalami ciężkimi będącymi wynikiem ran postrzałowych często zacierają prawdziwy obraz skażeń środowiskowych i stwarzają poważny problem w ocenie bromatologicznej mięsa i przetworów z dzicyzny (13, 14, 48).

W myśl zaleceń Europejskiego Komitetu Ekspertów FAO/WHO ds. Żywności (JECFA) przekroczenie norm zawartości metali ciężkich w surowcach i produktach zwierzęcego pochodzenia nie dyskwalifikuje ich całkiem pod względem przydatności w

żywieniu człowieka. Ważna jest bowiem wielkość pobierania metali ciężkich z pokarmem w określonym przedziale czasowym. Komitet ten w 1989 r. zaproponował wskaźniki PTWI (Provisional Tolerance Weekly Intake), tj. normy tygodniowego pobrania przez człowieka tych metali z pokarmem. Wynoszą one w mg/kg masy ciała człowieka: dla As – 0,015, Cd – 0,07, Hg – 0,005, Pb – 0,05 (dorośli) i 0,025 (dzieci). Ostatnio Komitet ten obniżył wskaźnik PTWI dla Pb o 50%.

W Polsce został powołany przy MRiGŻ Komitet Doradczy Monitoringu Żywności i Płodów Rolnych, który jest zobowiązany do opracowania raportu o skażeniach użytków rolnych i zanieczyszczeniach surowców żywnościowych i żywności. Komitet ten opracował już pierwszy raport pilotowy i planuje wydawanie corocznych raportów w oparciu o jednolity system monitoringu. Pozwoli to w stosunkowo niedługim czasie na pełną i obiektywną ocenę zarówno stanu środowiska przyrodniczo-rolniczego jak i bromatologiczną ocenę surowców i żywności w naszym kraju.

#### Piśmiennictwo

- Anke M., Kośła T., Groppe B.: Arch. Anim. Nutr., Berlin, 39, 675, 1989.
- Ayoub M. A. A., El-Kader A., Tork M.: Assiut Vet. Med. J. 30, 1139, 1994.
- Buliński R., Błoniarczyk J., Libelt B.: Bromat. 26, 23, 1993.
- Dańczak A., Kalisińska E., Ligoński M.: Mat. VII Symp. Drob. Polanica Zdr. 1993, s. 69.
- Dobrzański Z., Górecka H., Kołacz R.: Agroeko. Biul. AR Wrocław, 23, 13, 1996.
- Dobrzański Z., Górecka H., Kołacz R., Górecki H.: Proc. VIII Int. Congr. Anim. Hyg. St. Paul, USA, 1994, p. 29.
- Dobrzański Z., Kołacz R., Górecka H.: Bromat. 27, 2, 157, 1994.
- Dobrzański Z., Kołacz R., Górecka H., Mazurkiewicz M.: Mat. Konf. Nauk. „Weterynaryjne, żywieniowe i środowiskowe problemy w intensywnej produkcji drobiu”. Wrocław, 1994, s. 83.
- Dobrzański Z., Kołacz R., Górecka H., Nowakowska A.: Mat. Międzyn. Konf. „Perspektywy hodowli zwierząt w Polsce”, Wrocław, 1995, t. II, s. 161.
- Enne G., Leita L., Giardini J., Sequi P.: Medycyna Wet. 45, 565, 1989.
- Falandysz J.: Medycyna Wet. 44, 467, 1988.
- Falandysz J.: Food Add. Cont. 8, 71, 1991.
- Falandysz J.: Sci. Tot. Envir. 141, 59, 1994.
- Falandysz J., Cabañ J.: Medycyna Wet. 46, 427, 1990.
- Falandysz J., Gajda B.: Roczn. PZH 38, 113, 1988.
- Falandysz J., Lorenc-Biala H., Kostecka W.: Medycyna Wet. 44, 669, 1988.
- Gajewska R., Nabrzyski R., Gajek M.: Bromat. 17, 259, 1984.
- Górecki H.: Przem. Chem. 69, 5, 1990.
- Grega T.: Post. Nauk. Rol. 29, 125, 1977.
- Janiszewska J., Bettejewska-Kadela K.: Medycyna Wet. 49, 522, 1993.
- Jarosław W.: Medycyna Wet. 50, 23, 1994.
- Kabata-Pendias A., Pendias H.: Biogeochemia pierwiastków śladowych. PWN, W-wa 1993.
- Kan C. A.: Proc. IX Europ. Symp. Poult. Nutr., WPSA, Jelenia Góra, 1993, p. 182.
- Kapturek G.: Ekopartner, 3, 26, 1995.
- Kirowa M.: Khranist.-Promishl., Sofia 42, 10, 26, 1993.
- Kluczek E.: Zesz. Probl. Post. Nauk Rol. 19, 3, 1977.
- Kołacz R., Dobrzański Z., Górski R.: Mat. Konf. „Oddziaływanie przemysłu miedziowego na produkty żywnościowe pochodzenia zwierzęcego”, Legnica, 1995, s. 44.
- Kołacz R., Dobrzański Z., Nowakowska A.: Mat. Międzyn. Sesji Nauk. „Higienizacja wsi”, Lublin, 1995, s. 63.
- Kołacz R., Górecka H., Dobrzański Z.: Bromat. (w druku).
- Kołacz R., Górski R., Dobrzański Z., Lewiński J.: Mat. Konf. Nauk.-Techn. „Ekologia rolnicza”, Opole-Łosiów, 1993, s. 87.
- Kołacz R., Houszka M., Dobrzański Z.: Medycyna Wet. 50, 488, 1994.
- Kończak T.: Medycyna Wet. 44, 303, 1988.
- Kołodziej P.: Mat. Konf. „Oddziaływanie przemysłu miedziowego na produkty żywnościowe pochodzenia zwierzęcego” Legnica 1995, s. 56.
- Kopczewski A., Kopczewska T.: Medycyna Wet. 51, 544, 1995.
- Korol W., Grabowski G., Matyka S.: Biul. Nauk. Przem. Pasz. 36, 2, 15, 1995.
- Kośła T.: Szkodliwość zanieczyszczeń chemicznych dla człowieka i zwierząt. Ossolineum. Wrocław, 97, 1990.
- Kucharski R., Marchwińska E., Piesak Z., Nikodemka E., Witrata B.: Medycyna Wet. 45, 162, 1984.
- Lipińska J., Zalewski W.: Pszczeln. Zesz. Nauk. 33, 113, 1989.
- Litwińczuk A., Bartłowska J., Zamielska L., Bierut T.: Mat. Międzyn. Sesji Nauk. „Higienizacja wsi”, Lublin, 1995, s. 75.
- Lysak A., Ligaszewski M., Mach-Paluszkiwicz Z.: Mat. I Międzyn. Konf. „Obieg pierwiastków w przyrodzie”, W-wa, 1995, s. 101.
- Lysak A., Mach-Paluszkiwicz Z., Ligaszewski M., Surówka K.: Mat. I Międzyn. Konf. „Obieg pierwiastków w przyrodzie”, W-wa, 1995, s. 99.
- Marek J.: „Metale ciężkie w środowisku wodnym doliny Baryczy ocena zagrożeń gospodarki rybackiej”. Praca hab. AR Wrocław, 1990.
- Mazurek J., Rokicki E., Kryński A., Górski M.: Ann. Warsaw Agric. Univ. SGGW, Ser. Anim. Sci. 26, 15, 1991.
- Mazurek J., Rokicki E., Kryński A., Żarski T. P., Górski M.: Medycyna Wet. 46, 259, 1990.
- Michalska K., Żmudzki J.: Medycyna Wet. 48, 160, 1992.
- Mniszek W., Zielonka U.: Mat. I Międzyn. Konf. „Rola człowieka w przemieszczaniu metali nieżelaznych”, W-wa, 1995, s. 145.
- Monkiewicz J., Geringer H., Nicpoń J.: Medycyna Wet. 50, 162.
- Monkiewicz J., Jaczewski S.: Medycyna Wet. 46, 187, 1990.
- Patkowska-Sokoła B., Górecka H., Dobrzański Z., Popiotek R.: Prace Nauk. ITNiNM PWr. (w druku).
- PN 81/A-86002: Mleko surowe do skupu.
- PN 88/A-77626: Miód pszczeli.
- Popko R., Popko H.: Przegl. Mlecz. 4, 272, 1994.
- Preś J., Kwiatkowski T.: Nowe Rol. 11-2, 33, 1988.
- Radzanowska G.: Zesz. Nauk. AR Wrocław, ser. Zoot. 179, 5, 1989.
- Rambeck W. A., Kollmer W. E.: J. Anim. Physiol. 63, 66, 1990.
- Roman A., Górecka H., Zwarycz A.: Mat. Międzyn. Konf. „Perspektywy hodowli zwierząt w Polsce”, Wrocław, 1995, t. I, s. 273.
- Rudzik F.: Praca dokt., AR Wrocław, 1995.
- Salisbury C., Chan W., Sachenbecker J.: J. Ass. Add. Chem. 74, 4, 1991.
- Świdzińska M., Mróz-Dembińska S.: Roczn. Nauk. Zoot. 14, 21, 1987.
- Wiśniewski E., Krumrych W.: Medycyna Wet. 47, 36, 1991.
- Zalewski W., Syrocka K., Oprządek K., Lipińska J.: Proc. XXXI Int. Congr. Apicult. Warszawa, 1987, s. 454.
- Zarządzenie MZiOŚ z dnia 31.03.1993 w sprawie wykazu substancji dodatkowych dozwolonych i zanieczyszczeń technicznych w środkach spożywczych i używkach.
- Zipser J., Krackowski H.: Medycyna Wet. 49, 225, 1993.
- Zurera-Casasno G., Morenno-Rojas R., Amaro-Lopez M. A.: Food Add. Cont. 11, 91, 1994.
- Żarski T. P., Dębski B., Rokicki E., Piątkowski S., Samek M., Illek F.: Medycyna Wet. 550, 337, 1994.
- Żarski T. P., Rokicki E., Żarska H.: Mat. Międzyn. Sesji Nauk. „Higienizacja wsi”. Lublin, 1995, s. 87.
- Żarski T. P., Samek M., Kryński A., Łacic-Szozda E., Dębski B.: Medycyna Wet. 47, 164, 1991.
- Żarski T. P., Samek M., Kryński A., Rokicki E., Marvan F.: Medycyna Wet. 46, 159, 1990.
- Żmudzki J., Juszkiewicz T., Niewiadomska A., Szkoda J., Semeniuk S., Gołębiowski A., Szyposzyński K.: Medycyna Wet. 48, 213, 1992.
- Żmudzki J., Juszkiewicz T., Szkoda J.: Medycyna Wet. 48, 353, 1992.
- Żmudzki J., Juszkiewicz T., Szkoda J., Szprengier T.: Medycyna Wet. 47, 217, 1991.
- Żmudzki J., Niewiadomska A., Kowalski B., Szkoda J., Semeniuk S.: Medycyna Wet. 50, 623, 1994.
- Żmudzki J., Szkoda J.: Medycyna Wet. 51, 611, 1995.
- Żmudzki J., Szkoda J., Juszkiewicz T.: Medycyna Wet. 47, 413, 1991.

Adres autora: prof. dr hab. Roman Kołacz, ul. Canaletta 87, 51-650 Wrocław