

# Zawartość rtęci w gonadach psów z terenu Warszawy

Bartosz Skibniewski<sup>1</sup>, Marta Kołnierzak<sup>2</sup>,  
Ewa Skibniewska<sup>2</sup>, Iwona Lasocka<sup>2</sup>,  
Agnieszka Tylkowska<sup>2</sup>, Michał Skibniewski<sup>3</sup>

<sup>1</sup>Szkoła Główna Gospodarstwa Wiejskiego,  
Wydział Medycyny Weterynaryjnej,  
Koło Naukowe Medyków Weterynaryjnych

<sup>2</sup>Szkoła Główna Gospodarstwa Wiejskiego,  
Instytut Nauk o Zwierzętach,  
Katedra Biologii Środowiska Zwierząt

<sup>3</sup>Szkoła Główna Gospodarstwa Wiejskiego,  
Instytut Medycyny Weterynaryjnej,  
Katedra Nauk Morfologicznych

## Wprowadzenie

Rtęć jest zaliczana do pierwiastków toksycznych, które zakłócają liczne procesy zachodzące w organizmie. Uwolniona do środowiska ulega częściowo stopniowemu włączeniu do obiegu biologicznego, stwarzając zagrożenie dla zwierząt i ludzi. Toksyczność i transport rtęci w środowisku zależy od jej postaci fizykochemicznej. W środowisku występuje ona w trzech formach: rtęci pierwiastkowej, nieorganicznych związków (głównie chlorku rtęci) oraz organicznych soli rtęci (II). Najbardziej szkodliwe są formy metaloorganiczne, metylortęć oraz związki fenyl-, etylo- i metoksyetylortęci [2, 18, 19, 20, 25].

Zanieczyszczenie rtęcią dotyczy wszystkich elementów środowiska. W powietrzu atmosferycznym występuje ona w postaci pary lub cząsteczek różnych związków, a jej stężenie podlega dużym wahaniom w zależności od temperatury, nasłonecznienia oraz nasilenia czynników antropogenicznych. Im temperatura jest wyższa, tym więcej par rtęci znajduje się w powietrzu. Zależność ta może się też wiązać z procesami tzw. recyrkulującej emisji antropogenicznej [3, 7, 8, 20, 22]. Naturalne zanieczyszczenie środowiska metalami ciężkimi, w tym rtęcią jest skutkiem migracji i obiegu metali w przyrodzie np. w wyniku erupcji wulkanów, procesów wietrzenia skał, pożarów lasów, obiegu wody w środowisku. Główne zagrożenie stanowią źródła antropogeniczne związane z rozwojem cywilizacji. Są to między innymi zakłady wydobywczo-przetwórcze węgla, rud metali, rafinerie oraz spalarnie węgla. Wprowadzenie zanieczyszczeń do atmosfery, hydrosfery, litosfery czy biosfery bezpośrednio lub pośrednio stanowi realne zagrożenie dla środowiska i organizmów je zamieszkujących [8, 10, 17, 18, 20, 24].

Pierwiastek ten nie pełni żadnej fizjologicznej funkcji w organizmie, jednak działa negatywnie na organizmy żywe. Toksyczność i zdolność rtęci do kumulacji generuje wysokie ryzyko zagrożenia dla zdrowia wielu organizmów w szczególności dlatego, że pierwiastek ten długo utrzymuje się w środowisku i ulega biomagnifikacji [11, 12]. Jako typowy metal ciężki, wiąże się selektywnie z grupami sulfhydrylowymi białek wchodzących w skład struktur komórkowych. Praktycznie wszystkie białka zawierają grupy sulfhydrylowe, które reagują z rtęcią, dlatego zatrucie tym pierwiastkiem może zaburzyć wszystkie reakcje enzymatyczne, w tym procesy biosyntezy białek, powodujące patologiczne zmiany w układzie nerwowym, zmiany nefrologiczne, immunologiczne, kardiologiczne, motoryczne, genetyczne i zaburzenia płodności [2, 4, 5, 6, 20, 22] oraz uszkodzić same białka wchodzące w skład struktur komórkowych. W skrajnych przypadkach może to prowadzić do śmierci [7, 19, 29, 31, 32].

Metale ciężkie mogą być wprowadzane do organizmu wraz z pożywieniem drogą alimentarną, przez skórę oraz układ oddechowy. Przechodzenie pierwiastków do kolejnych ogniw łańcucha troficznego, a w konsekwencji do organizmu zwierząt i ludzi jest ograniczone działaniem barier biologicznych, jednak ekspozycja na ich zwiększone stężenie w środowisku hamuje działanie mechanizmów obronnych, co wiąże się ze zwiększonym ryzykiem ich toksycznego działania.

Celem prowadzonych badań była ocena zawartości rtęci w jądrach i jajnikach psów pochodzących z terenu aglomeracji warszawskiej w zależności od płci, wieku i masy ciała zwierząt oraz potwierdzenie hipotezy badawczej dotyczącej wzrostu jej kumulacji w organizmie starszych psów.

Do tej pory brak w literaturze informacji na temat zawartości rtęci w narządach rozrodczych (jajnikach i jądrach) psów, stanowiących materiał łatwy do pozyskania podczas zabiegów kastracji/sterylizacji zwierząt i dający możliwość monitorowania stanu narażenia na ten metal ciężki u samych psów, ale także z możliwością ekstrapolacji na ich właścicieli współdzielących z nimi środowisko.

## Materiał i metody

Materiał badawczy stanowiły wycinki jąder i jajników, które zostały pozyskane w trakcie rutynowych zabiegów kastracji i sterylizacji psów. Zabiegi były przeprowadzane w wybranych lecznicach weterynaryjnych na terenie Warszawy. Łącznie materiał pobrano od 147 psów. Zwierzęta podzielono na trzy grupy wiekowe: psy młode w wieku do 1,5 roku (n = 42), dojrzałe od 1,5 do 7 lat (n = 49) oraz osobniki starsze w wieku powyżej 7 lat (n = 56). W badaniach został uwzględniony także wpływ płci (samce n = 74; samice n = 73) oraz masy ciała zwierząt. Pierwszą grupę stanowiły osobniki o masie ciała do 10 kg (n = 65), drugą psy o masie ciała w przedziale 10-20 kg (n = 40). Do trzeciej grupy zaliczono zwierzęta, których masa ciała wynosiła powyżej 20 kg (n = 42). Do czasu

wykonania analiz, pobrane próby były przechowywane w stanie głębokiego zamrożenia w torebkach polietylenowych w temperaturze  $-20^{\circ}\text{C}$ . Z informacji uzyskanych od II Lokalnej Komisji Etycznej w Warszawie wynika, że niniejsze badania w świetle obowiązujących regulacji prawnych nie wymagają stosownej zgody komisji. Zawartość rtęci całkowitej (THg) w pobranych próbach tkankowych była oznaczana za pomocą absorpcyjnej spektrometrii atomowej (ASA), przy użyciu analizatora rtęci AMA 254 (Altec, Praga, Republika Czeska). Zastosowanie tej metody pozwala na analizę rtęci w materiale biologicznym bez konieczności wcześniejszej mineralizacji prób w kwasach. Do badań pobierano wycinki z jąder i jajników psów o masie ok. 0,5 g, wyniki wyrażono w  $\text{mg}\cdot\text{kg}^{-1}$  mokrej masy tkanki (m.m.). Każda próba była analizowana trzykrotnie, a uzyskany wynik stanowił średnią arytmetyczną uzyskaną z trzech analiz. Szczegółowa metodyka wykorzystana w niniejszych badaniach została przedstawiona w pracy Skibniewska i Skibniewski [28]. Do oceny poprawności i dokładności pomiarów wykorzystano certyfikowany materiał referencyjny NIST SRM 1577c.

### Analiza statystyczna

Analiza statystyczna została opracowana przy użyciu programu Statistica 13.3 (TIBCO Inc<sup>TM</sup>). Normalność rozkładu zmiennych była testowana za pomocą testu *W* Shapiro-Wilka. Dane nie miały rozkładu normalnego, dlatego do porównania różnic między grupami użyto testu *U* Mann-Whitneya na poziomie istotności  $p \leq 0,05$  oraz  $p \leq 0,01$ .

### Wyniki i dyskusja

Działanie toksyczne rtęci wiąże się z zaburzeniami ze strony funkcjonowania aparatu enzymatycznego i zmian zachodzących w wiązaniach fosforanowych DNA, co skutkuje późniejszym działaniem mutagennym, embriotoksycznym i teratogennym. Uważa się, że dla ssaków jednym z największych niebezpieczeństw jest ekspozycja na ten metal w czasie wczesnej ciąży [11, 12]. Rtęć jest czynnikiem wpływającym na bezpłodność, poronienia oraz powstawanie zmian nowotworowych między innymi układu rozrodczego, oraz moczowego [1, 21]. Nadmierna ekspozycja na ten pierwiastek ma związek z występowaniem przerostu endometrium [9, 26, 30]. Badania prowadzone z wykorzystaniem zwierząt wykazały, że zarówno rtęć organiczna, jak i nieorganiczna wywiera toksyczny wpływ na narządy płciowe samców. Podobne zmiany zaobserwowano też u ludzi narażonych na działanie par rtęci. Stwierdzono, że długotrwała ekspozycja na rtęć, wpływa na obniżenie poziomu białek odpowiedzialnych za wiązanie hormonów płciowych zawartych w surowicy [4, 23, 27]. Podobną zależność stwierdzono u gryzoni, u których zarówno metylortęć, jak i rtęć nieorganiczna kumulowała się w jądrach. Ekspozycja na działanie rtęci wykazała niekorzystny wpływ na spermatogenezę, morfologię jąder oraz płodność. Stwierdzono, że metylortęć i rtęć nieorganiczna spowalniają syntezę DNA w spermatogoniach [4, 27]. U szczurów powoduje spadek zawartości testosteronu oraz ob-

niżoną liczbę plemników w jądrach. Zaobserwowano też odwrotną korelację między płodnością a zawartością rtęci w jądrach [14-16]. U wielu gatunków zwierząt laboratoryjnych rtęć nieorganiczna przyjmowana w dużych ilościach przez zaledwie miesiąc, powoduje m.in. degradację jąder, deformacje komórek kanalików nasiennych [13, 15, 27].

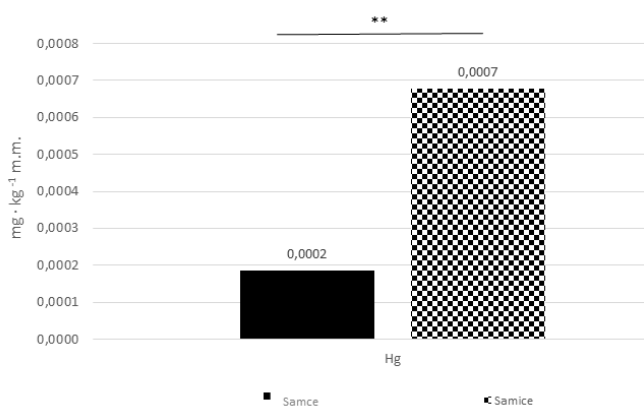
W badaniach własnych dokonano oceny zawartości rtęci w gonadach psów pochodzących z terenu Warszawy. Uwzględniono zależność od płci, wieku oraz masy ciała badanych osobników. Na podstawie uzyskanych wyników stwierdzono, że zawartość rtęci w gonadach badanych osobników utrzymywała się na bardzo niskim poziomie. Średnia jej wartość wynosiła  $0,0004 \text{ mg}\cdot\text{kg}^{-1}$  mokrej masy. Jajniki cechowały się 3,5-krotnie wyższą zawartością rtęci w porównaniu do jej wartości odnotowanej w jądrach. Analizując wpływ płci badanych psów, stwierdzono wysoko istotne różnice statystyczne przy  $p \leq 0,01$  w zawartości tego metalu między badanymi grupami zwierząt. Szczegółowe dane przedstawiono w tabeli nr 1 i na wykresie nr 1.

Tabela 1

Zawartość rtęci w gonadach psów w zależności od płci zwierząt ( $\text{mg}\cdot\text{kg}^{-1}$  m.m.)

Płeć	N	Min.	Max.	Mediana	Q25	Q75
Samice	73	0,0000	0,0079	0,0005	0,0000	0,0009
Samce	74	0,0000	0,0020	0,0000	0,0000	0,0002
Ogółem	147	0,0000	0,0079	0,0001	0,0000	0,0007

N – liczba osobników; Min. – wartość minimalna; Max. – wartość maksymalna; Q25 – kwartył dolny; Q75 – kwartył górny



Wykres 1. Średnia zawartość ( $\pm\text{SD}$ ) rtęci w gonadach psów w zależności od płci badanych osobników, \* – istotne różnice przy  $p \leq 0,05$ ; \*\* – wysoko istotne różnice przy  $p \leq 0,01$

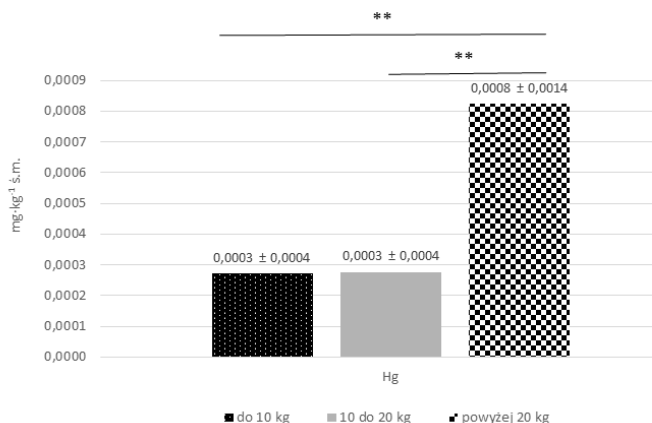
Najwyższą zawartość tego metalu stwierdzono u osobników najcięższych, których masa ciała wynosiła powyżej 20 kg. Jej mediana przyjmowała wartość  $0,0006 \text{ mg}\cdot\text{kg}^{-1}$ . W przypadku osobników o masie ciała poniżej 20 kg średnia zawartość rtęci była dwukrotnie niższa. W tabeli nr 2 zamieszczono szczegółowe dane odnośnie tego parametru. Na podstawie przeprowadzonej analizy statystycznej stwierdzono wysoko istotne różnice

Tabela 2

Zawartość rtęci w gonadach badanych osobników w zależności od masy ciała zwierząt ( $\text{mg}\cdot\text{kg}^{-1}$  mokrej masy)

Masa ciała zwierząt	N	Min.	Max.	Q25	Q75
Do 10 kg	65	0,0000	0,0020	0,0000	0,0004
10 do 20 kg	40	0,0000	0,0013	0,0000	0,0006
Powyżej 20 kg	42	0,0000	0,0079	0,0000	0,0010

N – liczba osobników; Min. – wartość minimalna; Max. – wartość maksymalna; Q25 – kwartył dolny; Q75 – kwartył górny



Wykres 2. Średnia zawartości ( $\pm$ SD) rtęci w gonadach w zależności od masy ciała badanych osobników; \* – istotne różnice przy  $p \leq 0,05$ ; \*\* – wysoko istotne różnice przy  $p \leq 0,01$

( $p \leq 0,01$ ) w zawartości rtęci między osobnikami najcięższymi zakwalifikowanymi do grupy trzeciej a zwierzętami o niższej masie ciała z grupy pierwszej i drugiej (wykres. 2).

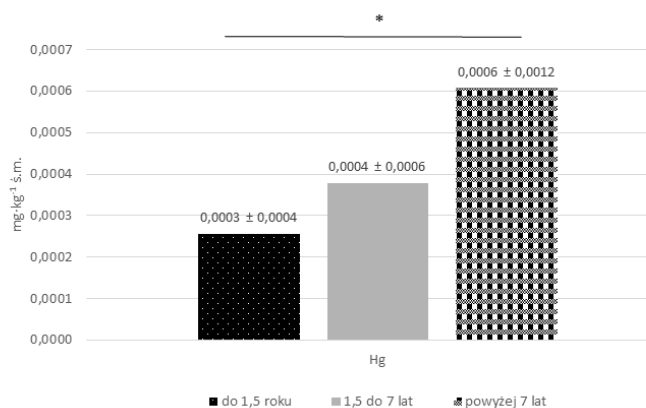
Zawartość rtęci w gonadach psów wykazuje tendencję wzrostową wraz z wiekiem badanych osobników (tabela 3). W gonadach psów dojrzałych w wieku od 1,5 roku do 7 lat oraz u osobników najstarszych w wieku powyżej 7 lat, mediana zawartości rtęci wynosiła  $0,0002 \text{ mg}\cdot\text{kg}^{-1}$  mokrej masy. Stwierdzono istotne różnice ( $p \leq 0,05$ ) między osobnikami najstarszymi i zwierzętami najmłodszymi w wieku do 1,5 roku z grupy pierwszej (wykres 3).

Tabela 3

Zawartość rtęci w gonadach psów w zależności od wieku badanych zwierząt ( $\text{mg}\cdot\text{kg}^{-1}$  mokrej masy)

Grupy zwierząt	N	Min.	Max.	Q25	Q75
Psy młode (do 1,5 roku)	42	0,0000	0,0015	0,0000	0,0004
Psydojrzałe (od 1,5 do 7 lat)	49	0,0000	0,0031	0,0000	0,0006
Psy starsze (powyżej 7 lat)	56	0,0000	0,0079	0,0000	0,0007

N – liczba osobników; Min. – wartość minimalna; Max. – wartość maksymalna; Q25 – kwartył dolny; Q75 – kwartył górny



Wykres 3. Średnia zawartość ( $\pm$ SD) rtęci w gonadach psów w zależności od wieku badanych osobników \* – istotne różnice przy  $p \leq 0,05$

Niestety w dostępnej literaturze nie znaleziono wyników badań dotyczących zawartości rtęci w jajnikach i jądrach psów, dlatego nie ma możliwości odniesienia do wyników badań innych autorów.

## Wnioski

Analiza wpływu wieku potwierdziła opisywane w literaturze zjawisko kumulacji rtęci. Gonady pobrane od starszych zwierząt cechowały się istotnie wyższą średnią zawartością tego metalu w porównaniu do osobników młodocianych. Potwierdzono, że wraz z wiekiem badanych psów wzrasta ryzyko wystąpienia objawów toksycznego działania rtęci na ich organizm. Wykazano, że samice są w większym stopniu podatne na kumulację tego metalu, zarejestrowano bowiem 3,5-krotnie wyższą zawartość rtęci w jajnikach w porównaniu do wartości odnotowanych w jądrach. Należy jednak podkreślić, że stwierdzona w badaniach zawartość rtęci zarówno w jajnikach, jak i w jądrach była na niskim poziomie, co świadczy o niewielkiej środowiskowej ekspozycji psów na ten pierwiastek.

**Literatura: 1. Ajayi O.O., Charles-Davies M.A., Arinola O.G., 2012** – Progesterone, selected heavymetals and micronutrients in pregnant Nigerian women with a history of recurrent spontaneous abortion. *African Health Sciences* 12, 153-159. **2. Backer L.C., Grindem C.B., Corbett W.T., Cullins L., Hunter J.L., 2001** – Pet dogs as sentinels for environmental contamination. *The Science of the Total Environment* 274, 161-169. **3. Bergan T., Gallardo L. Rodhe H., 1999** – Mercury in the global atmosphere; A three dimensional model study. *Atmospheric Environment* 33, 1575-1585. **4. Bridges C.C., Zalups R., 2010** – Transport of inorganic mercury and methylmercury in target tissues and organs. *Journal of Toxicology and Environmental Health. Part B, Critical reviews* 13, 385-410. **5. Carrier G., Bouchard M., Brunet R.C., Caza M., 2001a** – A toxicokinetic model for predicting the tissue distribution and elimination of organic and inorganic mercury following exposure to methyl mercury in animals and humans. II. Application and validation of the model in humans. *Toxicology and Applied Pharmacology* 171, 50-60. **6. Carrier G., Brunet R.C., Caza M., Bouchard**

- M., 2001b. – A toxicokinetic model for predicting the tissue distribution and elimination of organic and inorganic mercury following exposure to methyl mercury in animals and humans. I. Development and validation of the model using experimental data in rats. *Toxicology and Applied Pharmacology* 171, 38-49.
7. **Clarkson T.W., Magos L.**, 2006. The toxicology of mercury and its chemical compounds. *Critical reviews in toxicology* 36, 609-662.
8. **Clarkson T.W., Vyas J.B., Ballatori N.**, 2007 – Mechanisms of mercury disposition in the body. *American Journal of Industrial Medicine* 50, 757-764.
9. **Cunzhi H., Jiexian J., Xianwen Z., Jingang G., Shumin Z., Lili D.**, 2003 – Serum and tissue levels of six trace elements and copper/zinc ratio in patients with cervical cancer and uterine myoma. *Biological Trace Element Research* 94, 113-122.
10. **Dreher G.B., Folmer L.R.**, 2004 – Mercury content of Illinois soils. *Water, Air, and Soil Pollution* 156, 299-315.
11. **Eisler R.**, 2006. Mercury hazards to living organisms. Boca Raton, FL: Taylor and Francis Group. pp. 312.
12. **Eisler E.**, 2004 – Mercury Hazards from Gold Mining to Humans, Plants, and Animals. *Reviews of Environmental Contamination and Toxicology* 181, 139-198.
13. **Farrar W.P., Edwards J.F., Willard M.D.**, 1994 – Pathology in a dog associated with elevated tissue Mercury concentration. *Journal of Veterinary Diagnostic Investigation* 6, 511-514.
14. **Farris F.F., Dedrick R.L., Allen P.V., Smith J.C.**, 1993a – Physiological model for the pharmacokinetics of methyl mercury in the growing rat. *Toxicology and Applied Pharmacology* 119, 74-90.
15. **Farris F.F., Derick R.L.**, 1993b – Absorption of methylmercury from hair ingested by rats. *Life Sciences* 53, 1023-1029.
16. **Friedmann A.S., Chen H.L., Rabuck L.D., Zirkin B.R.**, 1998 – Accumulation of dietary methylmercury in the testes of the adult brown Norway rat: impaired testicular and epididymal function. *Environmental Toxicology and Chemistry* 17, 867-871.
17. **Hamelin S., Amyot M., Barkay T., Wang Y., Planas D.**, 2011 – Methanogens: Principal methylators of mercury in lake periphyton. *Environmental Science and Technology* 45, 7693-7700.
18. **Jędruch A., Falkowska L., Saniewska D., Durkalec M., Nawrocka A., Kalisińska E., Kowalski A., Pacyna J.M.**, 2021 – Status and trends of mercury pollution of the atmosphere and terrestrial ecosystems in Poland. *Ambio* 50, 1698-1717.
19. **Kabata-Pendias A., Pendias H.**, 1999 – Biogeochemia pierwiastków śladowych. PWN, Warszawa.
20. **Kalisińska E., Łanocha-Arendarczyk N., Podlasińska J.**, 2021 – Current and historical nephric and hepatic mercury concentrations in terrestrial mammals in Poland and other European countries. *The Science of the Total Environment* 775, 145808.
21. **Kim D., Bloom M.S., Parsons P.J., Fitzgerald E.F., Bell E.M., Steuerwald A.J., Fujimoto V.Y.**, 2013 – A pilot study of seafood consumption and exposure to mercury, lead, cadmium and arsenic among infertile couples undergoing in vitro fertilization (IVF). *Environmental toxicology and pharmacology* 36, 30-34.
22. **Mason H.J., Hindell P., Williams N.R.**, 2001 – Biological monitoring and exposure to mercury. *Occupational Medicine* 51, 2-11.
23. **McGregor A.J., Mason H.J.**, 1991 – Occupational mercury vapour exposure and testicular, pituitary and thyroid endocrine function. *Human and Experimental Toxicology* 10, 199-203.
24. **Pacyna E.G., Pacyna J.M., Steenhuisen F., Wilson S.**, 2006 – Global anthropogenic mercury emission inventory for 2000. *Atmospheric Environment* 40, 4048-4063.
25. **Pastorinho M.R., Sousa A.C.A.**, 2020 – Pets as sentinels of human exposure to neurotoxic metals in: pets as sentinels, forecasters and promoters of human health; Springer International Publishing: Cham, Switzerland, 83-106.
26. **Pollack A.Z., Louis G.M., Chen Z., Peterson C.M., Sundaram R., Croughan M.S., Sun L., Hediger M.L., Stanford J.B., Varner M.W., Palmer C.D., Steuerwald A.J., Parsons P.J.**, 2013 – Trace elements and endometriosis: the ENDO study. *Reproductive Toxicology* 42, 41-48.
27. **Sengupta P.**, 2013 – Environmental and occupational exposure of metals and their role in male reproductive functions. *Drug and Chemical Toxicology* 36(3): 353-368.
28. **Skibniewska E.M., Skibniewski M.**, 2023 – Mercury contents in the liver, kidneys and hair of domestic cats from the Warsaw Metropolitan Area. *Applied Sciences* 13, 269.
29. **Sleeman M.J., Cristol D.A., White A.E., Evers D.C., Gerhold R.W., Keel M.K.**, 2010 – Mercury poisoning in a free-living northern river otter (*Lontra canadensis*). *Journal of Wildlife Diseases* 46, 1035-1039.
30. **Tanrikut E., Karaer A., Celik O., Celik E., Otlu B., Yilmaz E., Ozgul O.**, 2014 – Role of endometrial concentrations of heavy metals (cadmium, lead, mercury and arsenic) in the aetiology of unexplained infertility. *European Journal of Obstetrics, Gynecology, and Reproductive Biology* 179, 187-190.
31. **UNEP.**, 2013 – Global Mercury Assessment 2013. Sources, Emissions, Releases and Environmental Transport. UNEP Chemicals Branch, Geneva, Switzerland, 33 pp. 2013. Available online: <https://wedocs.unep.org/20.500.11822/7984> (accessed on 1 August 2019).
32. **UNEP.**, 2019 – Global Mercury Assessment 2019. Chemicals and Health Branch: Geneva, Switzerland.

## Mercury content in the gonads of dogs in Warsaw

Bartosz Skibniewski, Marta Kołnierzak, Ewa Skibniewska,  
Iwona Lasocka, Agnieszka Tylkowska, Michał Skibniewski

### Summary

The study aimed to measure the mercury levels in the gonads of dogs in Warsaw using atomic absorption spectrometry (ASA). The average mercury content in the ovaries of females was 0.0007 mg·kg<sup>-1</sup> wet weight, while the level in the testes was 0.0002 mg·kg<sup>-1</sup>. Statistical analysis revealed significant differences in mercury levels depending on the sex, age, and body weight of the dogs. Gonads taken from animals weighing more than 20 kg had significantly higher mean mercury content than in other dogs. It was also confirmed that the mercury content in the gonads increased with the age of the animals.

**KEY WORDS:** age, dogs, mercury, ovaries, sex, testes