Rtęć w środowisku
Identyfikacja zagrożeń dla zdrowia człowieka

pod redakcją: Lucyny Falkowskiej

Fundacja Rozwoju Uniwersytetu Gdańskiego, Gdańsk 2010

Redakcja:
Lucyna Falkowska

Projekt okładki:
Gabriela Gic-Grusza

Skład systemem LaTeX:
Broker-Innowacji

Recenzenci:
Prof. dr hab. Jerzy Bolałek, Prof. dr hab. Lucyna Falkowska, Prof. dr hab. Janusz Gołaś, Prof. dr hab. Stanisław Hławiczka, Prof. dr hab. Alina Kabata- Pendias, Prof. dr hab. Jerzy Kwapuliński, Prof. dr hab. Kazimierz Pasternak, Prof. dr hab. Jerzy Siepak, Prof. dr hab. Piotr Szefer, Prof. dr hab. inż. Waldemar Wardencki

Publikacja dofinansowana prze Dziekana Wydziału Oceanografii i Geografii

© Copyright by Fundacja Rozwoju Uniwersytetu Gdańskiego

ISBN 978-83-7531-004-7
Fundacja Rozwoju Uniwersytetu Gdańskiego

Druk:
Zakład Poligrafii Fundacji Rozwoju Uniwersytetu Gdańskiego
81-824 Sopot, ul. Armii Krajowej 119/121, tel./fax (058) 551 05 32, tel. (058) 550 93 75
e-mail: poligraf@panda.bg.univ.gda.pl

Rtęć w mewach srebrzystych *(Larus argentatus)* zimujących nad Zatoką Gdańską

Mercury in the herring gull (*Larus argentatus*) wintering in the Gulf of Gdańsk region

Emilia Szumiło[1], Grzegorz Fila[1], Marta Szubska[1], Włodzimierz Meissner[2], Magdalena Bełdowska[1], Lucyna Falkowska[1]

[1]Pracownia Chemii Morza i Atmosfery, Zakład Chemii Morza i Ochrony Środowiska Morskiego
Instytut Oceanografii Uniwersytetu Gdańskiego

[2]Pracownia Ekofizjologii Ptaków
Katedra Ekologii i Zoologii Kręgowców Uniwersytetu Gdańskiego

Streszczenie

Praca przedstawia wyniki badań stężenia rtęci całkowitej (Hg_T) w wybranych tkankach i narządach (krew, mięśnie, mózg, wątroba, nerki, pióra oraz pazury) mewy srebrzystej *(Larus argentatus)*. Martwe, zamarznięte ptaki zostały znalezione w okolicach Władysławowa zimą od grudnia 2009r. do lutego 2010r. Było to siedem mew, w tym pięć dorosłych (wiek>4 lat) oraz dwie młode (wiek<1 roku). We wszystkich badanych próbkach stwierdzono obecność rtęci. Najniższe średnie stężenie, 0,088 μg Hg·g^{-1} masy mokrej (m.m.), odnotowano w mięśniach mewy dorosłej, a najwyższe, 9,84 μg Hg·g^{-1} masy mokrej, w piórach okrywowych mewy młodej. Uzyskane wyniki wykazały duży rozrzut wartości między różnymi narządami pochodzącymi od jednego osobnika jak i tymi samymi pochodzącymi od różnych ptaków. Maksymalna wartość, jaką uzyskano w wątrobie mewy dorosłej wynosi 0,667 μg Hg·g^{-1} m.m., natomiast minimalna 0,071 μg Hg·g^{-1} m.m. Wykazano również istotną zależność liniową między stężeniem rtęci we krwi oraz w nerkach i wątrobie z wartościami współczynnika determinacji R^2 wynoszącymi odpowiednio 0,95 oraz 0,75[4].

Słowa kluczowe: mewa srebrzysta, rtęć, Zatoka Gdańska.

Abstract

The results of total mercury concentration (Hg_T) in tissues and organs (blood, muscles, brain, liver, kidneys, feathers and claws) of the herring gull (Larus argentatus) have been presented in this study. Seven dead and frozen birds were found in the vicinity of Władysławowo in winter (December 2009 – February 2010): five adult (>4 years) and two young specimens (<1 year). In all the examined samples mercury was detected. The lowest wet-weight concentration (0.088 μgHg·g^{-1}) was found in muscles of adult herring gull and the highest (9,84 μgHg·g^{-1}) – in feathers of the young bird. High dispersion was typical for both: the results of concentration in different organs of the same specimen and the results of concentration in different specimens but in the same organ. The maximum value of Hg concentration measured in liver of the adult was 0.667 μgHg·g^{-1} w.w. and the minimum value – 0.071 μgH g·g^{-1} w.w. The significant linear dependence between mercury concentration in blood and both kidneys and liver was observed. The ceofficient of determination was 0.95 (blood – kidneys) and 0.75 (blood – liver).

Key words: herring gull, mercury, Gulf of Gdańsk.

1. Wprowadzenie

Metale ciężkie, między innymi ołów, kadm czy rtęć zawsze były naturalnymi składnikami środowiska naturalnego, jednak występowały w nim w stężeniach niezagrażających funkcjonowaniu organizmów żywych. Wzrost wartości stężeń metali ciężkich w środowisku morskim oraz zaburzenia ich naturalnych cyklów geochemicznych przypisuje się aktywności człowieka (Haarich 1994). Sytuacja ta skłania do ciągłego monitorowania środowiska morskiego. Szczególną uwagę powinno zwrócić się na te metale, które mają zdolność transferu wzdłuż łańcucha troficznego jak np. rtęć, jako że ich toksyczne oddziaływanie może być również niebezpieczne dla ludzi. Wśród kręgowców idealnymi bioindykatorami zanieczyszczonego środowiska są ptaki (Furness i Camphuysen 1997). Gatunki morskie zajmując w łańcuchu troficznym wysoką pozycję kumulują w swoich organizmach rtęć. W celu obserwacji zmian poziomu zanieczyszczenia środowiska rtęcią często używa się jaj oraz piór, które dają możliwość stosunkowo nieinwazyjnego pobierania próbki. Od kilku lat przyjmuje się, że tkanką umożliwiającą systematyczny, całoroczny monitoring zanieczyszczeń w środowisku jest krew (Kahle i Becker 1999).

[4]Praca była finansowana z środków MNiSW w ramach projektu nr 1616/P01/2009/37

Analiza piór, jaj oraz krwi nie jest jednak wystarczająca do określenia wpływu rtęci na fizjologię ptaków oraz ich behawior. Rtęć jest pierwiastkiem wysoko toksycznym mającym zdolność przenikania przez bariery wewnątrzustrojowe a wielkość jej kumulacji jest zależna od pokarmu. Najwyższe wartości stężenia tego metalu obserwuję się w wątrobie oraz nerkach jako organach odpowiadających za detoksykację organizmu. Niezwykle ważny jest również stopień kumulacji rtęci w mózgu. Kalisińska i Dziubak (2007) sugerują, iż jej wysoki poziom w ośrodkowym układzie nerwowym może zaburzyć koordynację wzrokowo-ruchową, jak i orientację przestrzenną ptaków. Nie bez znaczenia w ocenie ryzyka negatywnego oddziaływania rtęci na organizmy ptaków jest ich wiek, który określa czas ekspozycji ptaków na działanie szkodliwych związków, może również determinować możliwość migracji a w konsekwencji rodzaj spożywanego pokarmu (Burger i Gochfeld 1997). Jest to zarówno pokarm typowo morski jak mięczaki, skorupiaki i ryby oraz typowo antropogeniczny znajdowany w portach rybackich, na małych śmietnikach, jak i dużych wysypiskach. Celem przeprowadzonych badań było oznaczenie koncentracji rtęci w wybranych organach i tkankach mew srebrzystych zimujących w strefie brzegowej Zatoki Gdańskiej.

2. Charakterystyka badanych ptaków i siedliska

Badaniom poddano mewę srebrzystą Larus argentatus (rys. 1). Gatunek ten jest szeroko rozpowszechniony w północnej Europie. Ptaki zamieszkują głównie obszary nadmorskie oraz tereny w pobliżu śródlądowych zbiorników wodnych m.in., środkowy odcinek Wisły. Po osiągnięciu wieku 4 lat ptaki są zdolne do rozrodu, jednak najczęściej rozmnażają się dopiero po osiągnięciu 5–7 lat. Okres rozrodczy mewy srebrzystej rozpoczyna się od połowy kwietnia i trwa do końca czerwca (Cramp i Simmons 1983).

Rysunek 1
Mewa srebrzysta *(Larus argentatus)*(Gloser 2000)

Mewa srebrzysta żywi się organizmami z różnych ogniw łańcucha troficznego oraz w dużym stopniu także pokarmem pochodzenia antropogenicznego (Kihlman i Larsson 1974, Cramp i Simmons 1983) W skład diety, w zależności od dostępności, wchodzą: morskie ryby i bezkręgowce, drobne płazy, pierścienice, jaja i pisklęta innych gatunków ptaków morskich, padlina oraz odpady znajdowane w środowisku zurbanizowanym. Mewa srebrzysta jest jednym z największym a jednocześnie najliczniejszym gatunkiem mewy w rejonie północnej Polski w okresie zimowym (Meissner i Betleja 2007, Meissner i Rydzkowski 2007). O tej porze roku, jak i również w okresie lęgowym, odpady komunalne stanowią dla mew niezwykle ważne źródło pokarmu (Vidal 1981, Meissner i Betleja 2007). Mewy zimujące nad Zatoką Gdańską w celu zdobycia pokarmu regularnie udają się na trzy składowiska odpadów, w Gdańsku Szadółkach, w Łężycach koło Gdyni i koło Władysławowa. Łączna ich liczebność w tych miejscach waha się w granicach od kilku do ponad 20 tysięcy (Meissner i Rydzkowski 2007). Innym miejscem licznego ich występowania są okolice portów w Helu i Władysławowie (Meissner i Nitecki 1989). Mewy srebrzyste korzystają również z zasobów naturalnych morza towarzysząc kutrom w czasie połowu ryb. Z takiego sposobu zdobywania pokarmu korzystają głównie osobniki dorosłe (Meissner i Nitecki 1989, Garthe i Scherp 2003).

3. Materiały i metody

Badaniom poddano martwe ptaki znalezione na plaży i na terenie portu rybackiego we Władysławowie w grudniu 2009 roku oraz w styczniu 2010 roku. Przyczyny śmierci ptaków nie badano. Podczas sekcji pobrano mięśnie oraz krew. Po ostrożnym odjęciu mostka, z jamy brzusznej zostały wyizolowane wątroba i nerki. Do oznaczenia stężenia rtęci wybrano również pióra: lotki pierwszorzędowe, sterówki oraz pazury. Pobrany materiał umieszczono oddzielnie w polietylenowych workach strunowych i do czasu analizy przechowywano w mroźni w temperaturze <20°C. Oznaczenie stężenia rtęci całkowitej było przeprowadzone metodą spektroskopii absorpcji atomowej z wykorzystaniem analizatora rtęci AMA-254. A badanego materiału biologicznego przygotowano następujące odważki: 0,1 g mięśni, krwi i mózgu; 0,01 g wątroby i nerek; 0,02 g piór. Pióra i pazury przed analizą dokładnie umyto w 50% acetonie a następnie pięciokrotnie przepłukano wodą dejonizowaną, milliQ i zostawiono na 24 h w temp. pokojowej do wyschnięcia. Zważony i przygotowany materiał umieszczano na wcześniej wyprażonych łódeczkach niklowych, które automatycznie były wprowadzane do komory spaleń. Tkanki suszono w temperaturze 120°C przez 300 s i mineralizowano w 550°C w ciągu 180 s. Produkty rozkładu za pomocą tlenu, jako gazu nośnego, były transportowane i absorbowane przez złotą pułapkę. Następnie po desorpcji w 60 s cyklu pomiarowym nastąpił pomiar absorbancji przy długości fali 253,65 nm. Pomiar precyzyjności metody został przeprowadzony za pomocą certyfikowanych materiałach referencyjnych QTM057 i QTM055BT, dla których zmienność powtórzeń wynosiła 5%. Limit detekcji wyrażono

jako trzykrotną wartość odchylania standardowego ślepej próby i wynosiła ona 0,06 ng·g^{-1} m.m. Wartości stężenia rtęci całkowitej (Hg_T) wyrażono w μg·g^{-1} masy mokrej. Średnie stężenie dla każdej próbki wyliczono na podstawie trzech analiz.

4. Wyniki

W każdej pobranej próbce krwi, tkance mięśniowej oraz w wątrobie, nerkach, piórach i pazurach ptaków stwierdzono obecność rtęci. Średnie wartości oraz maksymalne i minimalne w poszczególnych próbkach z uwzględnieniem wieku przedstawiono w tab. 1 i 2.

Otrzymane wyniki wskazują na dużą zmienność w stężeniu rtęci w poszczególnych tkankach i narządach. Najwyższe średnie wartości uzyskano w piórach oraz wątrobie zarówno w przypadku osobników dorosłych (>4 lat) jak i młodych (poniżej pierwszego roku życia) i wynosiły kolejno: 1,586; 2,919 μg·g^{-1}m.m. w piórach i 0,426; 0,252 μg·g^{-1}m.m. w wątrobie. Najniższe natomiast oznaczono w mięśniach mew młodych i dorosłych 0,088 μg·g^{-1}m.m. oraz 0,263 μg·g^{-1}m.m. Otrzymane wartości stężeń rtęci wskazują na znaczące różnice wewnątrz gatunkowe między osobnikami dorosłymi a młodymi. Wartości średnie stężenia Hg_T we krwi, mięśniach oraz nerkach osobników młodych były trzykrotnie wyższe.

Tabela 1

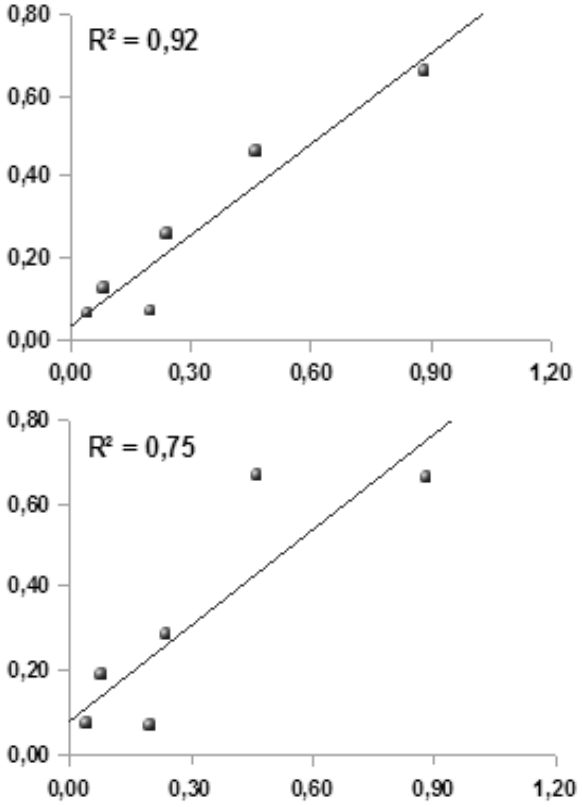
Stężenia rtęci całkowitej [μg·g^{-1}m.m] w tkankach mew i rybitw pochodzących z różnych regionów (mewy znad Zatoki Gdańskiej były martwe, w pozostałych regionach ptaki upolowano)

Gatunek	Krew	Mięśnie	Wątroba	Nerki	Hg_w/Hg_m	Region	Literatura
Mewa srebrzysta *Larus argentatus* >4 lat(5)	0,161 0,044 0,463	0,088 0,063–0,149	0,252 0,071–0,667	0,131 0,061–0,462	2,86	Zatoka Gdańska	badania własne
Mewa srebrzysta *Larus argentatus* <1 rok(2)	0,484 0,083–0,884	0,263 0,069–0,456	0,426 0,189–0,661	0,392	1,61	Zatoka Gdańska	badania własne
Mewa srebrzysta *Larus argentatus* (4w/3m)	-	0,240	1,110	-	4,65	Morze Barentsa (Rosja, Norwegia)	Savinov i in. 2003
Mewa srebrzysta *Larus argentatus* (6)	-	0,720	4,010	3,020	5,57	Morze Syberyjskie (Rosja)	Kim i in. 1996
Mewa blada *Larus hyperboreus* (15)	-	2,500	8,720	-	3,48	Grenlandia	Nielsen, Dietz 1989
Mewa blada *Larus hyperboreus* (5)	-	0,420	1,210	-	2,88	Morze Barentsa (Rosja, Norwegia)	Savinov i in. 2003
Mewa blada *Larus hyperboreus* (8)	-	0,665	2,670	2,050	4,01	Zachodnia, Wschodnia Grenlandia	Dietz, Johansen 1996
Mewa blada *Larus hyperboreus* (1)	-	0,500	3,280	2,650	6,56	Morze Syberyjskie (Rosja)	Kim i in. 1996
Mewa trójpalczasta *Rissa tridactyla* (15)	-	0,540	2,100	-	3,88	Grenlandia	Nielsen, Dietz 1989
Mewa trójpalczasta *Rissa tridactyla* (22w/27m)	-	0,580	2,850	-	4,91	Norwegia	Wenzel, Gabrielsen 1995
Mewa trójpalczasta *Rissa tridactyla* (5)	-	0,200	0,800	-	4,40	Morze Barentsa (Rosja, Norwegia)	Savinov i in. 2003
Rybitwa popielata *Sterna paradisaea* (5)	-	0,280	1,080	-	3,85	Morze Barentsa (Rosja, Norwegia)	Savinov i in. 2003
Rybitwa popielata *Sterna paradisea*	-	1,300	4,840	6,190	3,72	Morze Syberyjskie (Rosja)	Kim i in. 1996

W nawiasach podano liczbę przebadanych tkanek a symbole oznaczają: w – wątroba, m – mięśnie

5. Dyskusja

Koncentracja rtęci w tkankach i narządach ptaków jest ściśle związana z dietą, gdyż główną drogą wnikania rtęci do organizmu jest pokarm. Rtęć z powietrza i z wody jest absorbowana w niewielkim stopniu. W środowisku rtęć występuje głownie w postaci związków nieorganicznych a tylko 1% stanową związki organiczne, w tym 89% to metylortęć, jako najbardziej toksyczna i biologicznie aktywna forma (Weiner i in. 2003). W większości publikacji naukowych stężenie rtęci u młodych mew, również u mew srebrzystych, jest niższe niż u osobników dorosłych. Z wiekiem ptaki kumulują coraz więcej rtęci, która jak wiele innych toksyn magazynuje się w tkankach (kości, mięśnie) (Wenzel i Gabrielsen 1995, Stewart i in. 1997). U dwóch młodych mew srebrzystych (<1 rok) zimujących nad Zatoką Gdańską stwierdzono o wiele wyższe stężenia rtęci niż u osobników dorosłych. Mewę, u której znaleziono dużo tkanki tłuszczowej charakteryzowały niższe stężenia Hg: w mięśniach 0,069 ng·g^{-1}, w wątrobie 0,189 ng·g^{-1}, a w nerkach 0,123 ng·g^{-1} w odniesieniu do mewy, u której nie stwierdzono obecności podskórnej warstwy tłuszczu. Miała ona w mięśniach 0,456 ngHg·g^{-1}, w wątrobie 0,661 ngHg·g^{-1}, w nerkach 0,660 ng·g^{-1}. Przypadki, gdy tak jak nad Zatoką Gdańską, z wiekiem ptaków nie występował wzrost stężenia rtęci w tkankach są znane w literaturze (Nelson i Dietz 1989, Dietz i in. 1996). Wśród ptaków morskich Grenlandii badacze nie stwierdzili kumulacji rtęci z wiekiem. Wystąpić mogły tam różnice geograficzne, które sprzężone są najczęściej z odmienną dietą zarówno, co do ilości jak i proporcji spożywanego pokarmu. Osobniki mniejsze czy słabsze w wyniku konkurencji mogą korzystać z innych, mniej zasobnych niszy pokarmowych (Burger 1987, Witt 1995). Podobna sytuacja może mieć miejsce w przypadku ptaków zimujących w rejonie Zatoki Gdańskiej. Spotykają się tu ptaki z lokalnej populacji lęgowej oraz z terenów lęgowych położonych w Skandynawii i północno-zachodniej Rosji (niepublikowane dane własne). Mewy srebrzyste z różnych populacji mogą korzystać ze źródeł pokarmu o różnej zawartości rtęci, co przekłada się na stężenie tego pierwiastka w ich tkankach. Ptaki są złożonymi organizmami i na ich obciążenie rtęcią będą się składały zarówno środowiskowe jak i fizjologiczne czynniki. Nieorganiczne formy rtęci u ptaków są wchłaniane w nieznacznym stopniu, a za ich metabolizm odpowiedzialna jest wątroba i nerki (Bond i Diamond 2009a, b). Proporcja związków organicznych i nieorganicznych rtęci, w jakich występują one w organizmie jest zależna od dróg wchłaniania i od diety. Wyniki przedstawione w niniejszej pracy potwierdziły, sugerowaną w wielu publikacjach (Burger 1993, Kahla i Becker, 1999), liniową zależność między stężeniem Hg_T we krwi a organami wewnętrznymi (rys. 2).



Rysunek 2
Liniowa, wprost proporcjonalna zależność między stężeniem rtęci całkowitej we krwi (a) a nerkami oraz (b) wątrobą wyrażona w μg·g^{-1} mokrej masy.

Procesy toksykodynamiczne wewnątrz organizmu, zapewniają transfer metali z pokarmu do jelit, skąd przez ściany jelita organiczne formy przedostają się dalej do krwi i do innych tkanek, jak również do piór i jaj, aż do uzyskania stanu równowagi (Burger i Gochfeld 1997). Krew ptaków odzwierciedla, zatem stopień skażenia środowiska metalami ciężkimi w tym rtęcią organiczną. Jak dowiedli Kasper i współpracownicy (2009) biomagnifikacji ulegają tylko organiczne formy rtęci. Zatem ptaki żywiące się między innymi rybami w wyniku tego procesu kumulują o wiele więcej metylortęci niż organizmy absorbujące ją bezpośrednio z wody lub żywiące się pokarmem pochodzenia roślinnego. Im wyższy będzie poziom troficzny tym bardziej wzrasta stężenie rtęci we wszystkich tkankach Wysokie stężenia rtęci w wątrobie mew srebrzystych będą wskaźnikiem obecności rtęci w pożywieniu a tym samym zanieczyszczenia środowiska zewnętrznego. Stosunek Hg w wątrobie do Hg w mięśniach u mew srebrzystych jak i u innych ptaków wodnych jest wysoki i wynosi zawsze powyżej jedności, co świadczy o zdolności do detoksyfikacji organizmu (tab. 1). Wątroba ptaków ma zdolność do gromadzenia metylortęci a także do jej demetylacji, składowania nieorganicznej formy i metabolizowania. Zdolność przekazywania toksyn do piór wyróżnia ptaki i prawdopodobnie dlatego z wątroby do mięśni ptaków dociera mniejsza część metylortęci. Dystrybucja rtęci

w narządach ptaków zimujących nad Zatoką Gdańską przyjmuje następujący schemat:

$$pióra > wątroba > nerki > mięśnie$$

U innych ptaków wodnych jest podobnie. Pióra wyróżniają się zawsze najwyższymi stężeniami, gdzie znajdować się może nawet 90% całej rtęci zgromadzonej w organizmie ptaka (Honda i in. 1986, Burger, Gochfeld 1997, Agusa i in. 2005). W Zalewie Szczecińskim u gągoła Kalisińska i Dziubak (2007) stwierdziły następujące zależności

$$pióra > nerki = wątroba > mięśnie$$

Przypisywana ptakom zdolność do demetylacji organicznych związków rtęci w znacznie mniej toksyczne formy, jest jednak ściśle zależna od gatunku (Thomson i Furness 1989, Kim i in. 1996). Te, które cechuje niska zdolność do przeprowadzania tego typu transformacji i następnie przemian metabolicznych eliminują metylortęć z organizmu kumulując ją w piórach, które gubią w okresach pierzenia. Jest to alternatywna, ale wydajna metoda oczyszczania organizmu (Bond i Diamond 2009a). Taki mechanizm detoksyfikacji może być główną, lecz nie jedyną przyczyną wysokiej koncentracji rtęci w piórach. Inną przyczyną tego zjawiska może być wysokie powinowactwo rtęci do kreatyny, które uwidacznia się w wysokich stężeniach Hg w piórach i pazurach ptasich (tab. 2)

Tabela 2

Rtęć w piórach i pazurach morskich mew i rybitw [$\mu g \cdot g^{-1}$] z różnych regionów

Gatunek	Lotki	Sterówka	Pióra okrywowe	Pazury	Region	Literatura
Mewa srebrzysta *Larus argentatus* >4 lat(5)	1,272 0,550–2,172	1,074 0,470–1,766	2,330 0,576–4,316	1,846 0,422–4,660	Zatoka Gdańska	badania własne
Mewa srebrzysta *Larus argentatus* <1 rok(2)	2,759 2,172–3,345	1,924 0,849–2,998	7,075 4,316–9,834	5,980 2,961–8,999	Zatoka Gdańska	badania własne
Mewa blada *Larus hyperboreus* (1)	5,960	-	-	-	Morze Syberyjskie (Rosja)	Kim i in. 1996
Rybitwa popielata *Sterna paradisea*	0,890	-	-	-	Morze Syberyjskie (Rosja)	Kim i in. 1996
Mewa srebrzysta *Larus argentatus* (6)	6,060	-	-	-	Morze Syberyjskie (Rosja)	Kim i in. 1996
Mewa pospolita *Larus canus L.* (13k/11p)	6,060	-	-	-	Zatoka Jade (Niemcy)	Kahle, Becker 1999
Mewa pospolita *Larus canus L.* (10k/12p)	2,235	-	-	-	Rzeka Łaba (Niemcy)	Kahle, Becker 1999
Rybitwa rzeczna *Sterna hirundo* (22)	2,000	-	-	-	Północny Atlantyk (Rosja)	Thompson i in. 1998
Rybitwa rzeczna *Sterna hirundo* dorosła(24k/28p)	1,623	-	-	-	Zatoka Fundy (Kanada)	Bond, Diamond 2009
Rybitwa rzeczna *Sterna hirundo* młoda (2k/3p)	1,159	-	-	-	Zatoka Fundy (Kanada)	Bond, Diamond 2009

W nawiasach podano liczbę przebadanych tkanek a symbole oznaczają: w – wątroba, m – mięśnie

5. Podsumowanie

Geograficzne różnice warunków życia, siedlisk oraz diety skutkują dużą zmiennością stężeń rtęci wśród ptaków wodnych. Mewy srebrzyste zimujące w strefie brzegowej Zatoki Gdańskiej charakteryzują niskie stężenia rtęci w tkankach i narządach w stosunku do ptaków z innych regionów półkuli północnej. W stosunku do mew srebrzystych i mew bladych z północnych krańców Europy (Norwegia, Morze Barentsa) mewy znad Zatoki Gdańskiej cechuje podobieństwo w zawartości rtęci w mięśniach i wątrobie. Dobrym wskaźnikiem zanieczyszczenia środowiska morskiego jest krew ptaków, która w zadowalający sposób odzwierciedla poziom skumulowanej rtęci w organach wewnętrznych. Dodatkową zaletą wykorzystania tej tkanki w celu monitorowania poziomu zanieczyszczeń jest fakt, iż krew można pobrać stosunkowo bezinwazyjnie bez potrzeby zabijania ptaków a tym samym bez szkody

dla badanej populacji (wyłączając okres lęgowy). Detoksyfikacja mew srebrzystych poprzez odprowadzanie rtęci do piór, ze względu na wysokie wartości stężenia rtęci w porównaniu do innych organów i tkanek wewnętrznych, wydaje się być wysoko skuteczna w eliminowaniu toksyn z organizmu.

Literatura

Agusa T., Matsumoto T., Ikemoto T., Anan Y., Kubota R., Yasunaga G., Kunito T., Tanabe S., Ogi H, Shibata Y. (2005): Body distribution of trace elements in black-tailed gulls from Rishiri lsland, Japan: age-dependet accumulation and transfer to feathers and eggs. *Environ. Toxicol. Chem., Vol. 24*, pp. 2107–2120

BirdLife International (2009): Species factsheet: *Larus argentatus*. Downloaded from http://www.birdlife.org on 2/3/2010.

Bond A.L., Diamond A. W. (2009a): Mercury concentrations in seabird tissues from Machias Seal Island. *Sci. Total Environ., Vol. 407*, pp. 4340—4347

Bond A.L., Diamond A. W. (2009b): Total and methyl mercury concentrations in seabird feathers and eggs. *Arch. Environ. Tocicol., Vol. 56*, pp. 286–291

Bryan G. W. (1979): Bioaccumulation of marine pollutants. *Phil. Trans. Roy. Soc. London B 268*, pp. 483–505

Burger J. (1987): Foraging efficiency in gulls: a congeneric comparision of age differences in efficiency and age of maturity. *Studies in Avian Biology, Vol 10*, pp. 83–90.

Burger J. (1993): Metals in avian feathers: Bioindicators of environmental pollution. *Rev. Environ. Toxicol., Vol. 5,* pp. 203–311

Burger J., Gochfeld M. (1997): Age differences in metal in the blood of herring *(Larus argegentatus)* and Franklin's (Larus pipixcan) gulls. *Arch. Environ. Contam. Toxicol., Vol. 33*, pp. 436–440

Burger J., Gochfeld M. (2009): Mercury and other metals in eggs and feathers of glaucons-winged gulla *(Larus argentatus)* in the Aleutians. *Environ. Monit. Assess., Vol. 152*, pp. 179–194

Chabrzyk G., Coulson J. C. (1976): Survival and Recruitment in the Herring Gull *Larus argentatus. Journal of Animal Ecology, Vol. 45*, pp. 187–203

Coulson J. C., Duncan N., Thomas C. (1982): Changes in the Breeding Biology of the Herring Gull (*Larus argentatus)* Induced by Reduction in the Size and Density of the Colony. *J.Anim. Ecol., Vol. 51*, pp. 739–756

Cramp, S., Simmons K. E. L. (red.). (1983): The Birds of Western Palearctic. Vol. III. Oxford University Press, Oxford. Garthe S., Scherp B. (2003). Utilization of discards and offal from commercial fisheries by seabirds in the Baltic Sea. ICES *J. Mar. Sci., Vol.60*, pp.980—989

Dietz R., Riget F., Johansen P. (1996): Lead, cadmium, mercury and selenium in Greenland marine animals.*Sci. .Total Environ., Vol.186*, pp. 67–93

Furnes R.W., Camphuysen K. (1997): Seabirds as monitors of the mqarine environment. ICES *J. Mar. Sci., Vol. 54*, pp. 726–737

Gosler Andrew (2000): Atlas Ptaków Świata. MULTICO Oficyna Wydawnicza

Haarich M., Lozán J. L., Rachor E., Reise K., Von Westernhagen H., Lenz W. (1994): Schwermetalle in Wasser und Sediment. Warnsignale aus dem Wattenmeer. Wissenschaftlichen Fakten. Blackwell Wissenschafts – Verlag Berlin, pp.30–34

Honda K., Min B. Y., Tatsukawa R. (1986): Distribution of heavy metals andtheir age-related changes in the eastern great white egret, Egretta alba modesta, in Korea. *Arch. Environ. Contim. Toxicol., Vol. 15*, pp.185–197

Kahle S., Becker P. H., (1999): Bird blood as bioindicator for mercury in the environment. *Chemosphere, Vol. 39*, pp. 2451–2457

Kalisińska E., Dziubak K. (2007): Rtęć u gągoła *Bucephala Clangula* z Zalewu Szczecińskiego, *Ochr. Środ. Zas. Nat., Vol. 31* pp. 404–409

Kihlman J., Larsson L. (1974): On the importance of refuse dumps as a food source for wintering Herring Gulls *Larus argentatus Pont. Ornis Scand., Vol. 5*, pp.63–70

Kim E., Ichishashi H., Saeki K., Atrashkevich G., Tanabe S., Tatsukawa R. (1996): Metal accumulation in tissues of seabirds from Chaun, northeast Siberia, Russia. *Environ. Pollut., Vol. 92*, pp. 247–252.

Meissner W., Nitecki C. (1989): The species composition and age structure of gulls wintering in Władysławowo. *Seevögel, Vol. 10*, pp. 10–16

Meissner W., Batleja J. (2007): Skład gatunkowy, liczebność i struktura wiekowa mew Laridea zimujących na składowiskach odpadów komunalnych w Polsce. *Notatki Ornitologiczne Vol. 48*, pp. 11–27

Meissner W., Rydzkowski P. (2007): Zimowanie ptaków wodnych na Zatoce Gdańskiej w sezonie 2005/2006. *Notatki Ornitologiczne Vol. 48* ,pp. 143–147

Nielsen C. O, Dietz R. (1989): Heavy metals in Greenland seabirds. *Meddr Greenland Biosci., Vol. 29*, pp.3—26

Spalding M.G., Frederick P.C., McGill H. C., Bouton S. N., McDowell L. R. (2000): Methylmercury accumulation in tissues and its effects on growth and appetite in captive grest egrets. *J. Wildl Dis, Vol. 36*, pp. 411–422

Stewart F. M., Philips R.A , Carty P., Furness R.W. (1997): Influence of species, age, and diet on mercury concentrations in Shetland seabirds. *Mar. Ecol. Prog. Ser., Vol. 151*, pp. 237–244

Thompson D. R, Furness R. W., Monteiro L. R.(1998): Seabirds as biomonitors of mercury inputs to epipelagic and mesopelagic marine food chains. *Sci. Total Environ., Vol. 213*, pp. 299–305

Vidal A. (1981): Die Üerwinetrung der Lachmwen Larus ridibundus im Stadgebit von Regensburg.*Anz. Orn. Ges. Bayern., Vol. 20*, pp. 127–137

Vladimir D., Savinov M., Geir Gabrielsen, Tatiana W., Savinova N. (2003): Cadmium, zinc, copper, arsenic, selenium and mercury in seabirds from the Barents Sea: levels, inter-specific and geographical differences. it Sci. Total Environ., Vol. 306, pp. 133–158

Wenzel C., Gabrielsen G. W. (1995): Trace element accumulation inthree seabird species from Hornoya, Norway. *Arch Environ Contam Toxicol., Vol. 29* pp.198–206

Weiner J. G., Krabbemhofy D. P., Heinz G. H., Scheuhammer A.M. (2003): Ecotoxicology of mercury. In Hoffman D. J., Rattner B. A., Burtun G. A., Carins J Jr (eds) Handbook of ecotoxicology. 2nd edn CRS Press. New York. pp. 409-463

— Witt K. (1995): Räumlich-zeitliche Verteilungsmuster erstjähriger Lachmöwen Larus ridibundus auf städtischen Gewässern Berlin. *Vogelwelt, Vol. 116*, pp. 91–98