

Justyna Rybak

Zastosowanie sieci pajęczych do oceny zawartości wybranych metali ciężkich w powietrzu na przykładzie Wrocławia

Powietrze atmosferyczne stanowi doskonały nośnik, w którym bardzo szybko rozprzestrzeniają się zwłaszcza zanieczyszczenia gazowe i pyłowe, a także aerozole zawierające mikroorganizmy [1,2]. Zjawiska te powodują niekorzystne zmiany jakości powietrza, które są źródłem wielu uciążliwości, zwłaszcza dla mieszkańców aglomeracji miejskich i miejsko-przemysłowych. Skład fizyczno-chemiczny powietrza stale podlega dynamicznym zmianom, co szczególnie stwierdza się w miastach, głównie z powodu obecności zanieczyszczeń komunikacyjnych. Badania przeprowadzone w tunelach, na wielopoziomowych parkingach samochodowych, pod mostami i w okolicach stacji benzynowych wykazały, że zanieczyszczeń było w tych miejscach 4-40-krotnie więcej niż wartość średnia na całym obszarze miejskim. Szacuje się, że 15 mln ha powierzchni Polski, czyli niemal połowa terytorium kraju, pozostaje bezpośrednio pod działaniem emisji pochodzących z motoryzacji [3,4]. Wykrywanie zanieczyszczeń komunikacyjnych powinno zatem stać się głównym celem polityki zdrowotnej. Spaliny silnikowe zawierają wiele substancji określanych jako kancerogenne, przy czym najgroźniejsze z nich są wielopierścieniowe węglowodory aromatyczne, pyły i metale ciężkie [3,5].

Ponieważ sieci pajęczce chłoną wszelkie zanieczyszczenia powietrza, mogą być one użytecznym wskaźnikiem służącym do oceny jakości środowiska. Zalety wykorzystania sieci pajęczych do tego celu to m.in. niewielki koszt poboru próbek, powszechna dostępność materiału badawczego, ustronna lokalizacja sieci uniemożliwiająca jej zniszczenie poprzez działanie warunków atmosferycznych (opady, wiatr itp.), nieinwazyjność badań (nie ma potrzeby zabijania zwierząt), łatwy pobór próbek itp. Z przeprowadzonych dotychczas badań [6] wynika ponadto, iż dodatkową zaletą, w stosunku do konwencjonalnych metod, jest zdolność pajęczyny do kumulacji toksyn w długim czasie, będąca pochodną jej budowy chemicznej, co umożliwia szerszą i długoterminową ocenę stopnia zanieczyszczenia atmosfery w danym miejscu, w przeciwieństwie do pomiarów standardowych, które dostarczają jedynie informacji o chwilowym stanie środowiska. Co więcej, do pomiaru stanu zanieczyszczenia powietrza zazwyczaj używa się drogiego i niewygodnego sprzętu (duże rozmiary i głośna praca aparatury pomiarowej). Z kolei pobranie sieci pajęczych, np. ze ścian tunelu, nie stwarza prawie żadnych trudności, jest szybkie i umożliwia jednorazowe zbadanie długotrwałego oddziaływania zanieczyszczeń (np. 7-dobowego) [4].

Tym samym sieci pajęczce mają wiele cech idealnego bioindykatora [7]. W Polsce biomonitoring i metody bioindykacyjne (pod pojęciem tym rozumie się także wykorzystanie wytworów organizmów żywych, takich jak pióra, włosy czy sierść, a nie tylko samych żywych zwierząt i roślin) nie są niestety w pełni doceniane, a tym samym powszechnie stosowane [8,9]. W krajach tzw. starej Unii Europejskiej oraz w Stanach Zjednoczonych ich wykorzystanie jest znacznie większe.

Problematyka biomonitoringu i bioindykacji stanu środowiska jest niezmiernie istotna. Metody te nie stanowią konkurencji w stosunku do metod chemicznych, lecz są ich doskonałym uzupełnieniem i często pełnią samodzielne funkcje, tym samym będąc nie do zastąpienia przez inne techniki. Bioindykacja jest obecnie bardzo szeroko promowana przez programy europejskie i amerykańskie dotyczące ochrony środowiska i jego oceny, a w Polsce poprzez wdrażanie odpowiednich dyrektyw (np. 2000/60/WE), które zalecają wykorzystywanie zarówno wskaźników fizycznych i chemicznych, jak i biologicznych – głównie metod biotycznych opartych na bioindykacji oraz toksykologicznych – do analizy jakości elementów środowiska [10-14].

Celem niniejszej pracy było wykazanie przydatności sieci pajęczce jako skutecznego narzędzia do oceny jakości powietrza atmosferycznego na terenie aglomeracji miejskiej. W badaniach określono przydatność sieci pajęczych rodzin Agelenidae i Pholcidae do indykacji zanieczyszczeń komunikacyjnych występujących w środowisku miejskim. W tym celu porównano zawartość wybranych metali ciężkich (Pb, Zn i Pt) w różnych punktach Wrocławia, oceniono także zależność ich ilości od odległości od źródła emisji. Badano również wpływ wieku pajęczyny na stopień kumulacji metali.

Materiały i metody

Badania przeprowadzono w 2011 r. wiosną, latem i jesienią na 9 stanowiskach badawczych w obrębie Wrocławia, wyłonionych na podstawie analizy przestrzennej obszaru badań. Duża liczba stanowisk badawczych umożliwiła wykorzystanie do badań sieci czterech gatunków pajaków z rodzin Agelenidae i Pholcidae, które nie były jednocześnie obecne na wszystkich wybranych stanowiskach badawczych. W obrębie stanowisk o dużym stopniu zanieczyszczenia zebrano sieci w różnych odległościach (10-20 m i 60-70 m) od źródła spalin, którym była droga o dużym natężeniu ruchu samochodowego. Do badań wykorzystano gatunki pajaków, które nie zjadają własnej sieci (na podstawie obserwacji behawioru konstrukcyjnego).

Stanowiska badawcze

Stanowisko nr 1 – budowla hydrotechniczna na terenach wodonośnych Wrocławia, położonych w południowo-wschodniej części miasta. Ich powierzchnia wynosi 1026 ha. Jest to płaski obszar, przeważnie o charakterze łąki, tylko częściowo zakrzewiony i zadrzewiony, pokryty systemem rowów i kanałów, które doprowadzają wodę do stawów infiltracyjnych. Tereny wodonośne oraz rzeka Oława zasilana wodą z Nysy Kłodzkiej stanowią źródło zaopatrzenia Wrocławia w wodę. Obszar ten jest oddalony od głównych szlaków komunikacyjnych.

Stanowisko nr 2 – Biskupin, osiedle we wschodniej części Wrocławia w dzielnicy Śródmieście, gdzie Odra stanowi południową granicę tego osiedla. Sieci pajęczce pobrano z płotów i murów oddzielających posesje przy ul. A. Kosiby i J. Chełmońskiego. Otoczenie stanowi obszar o zróżnicowanej charakterystyce, obejmujący tereny ogródków działkowych, park, zabudowę wysoką (powojenne kamienie) i zabudowę niską (wille, budynki o zabudowie szeregowej).

Stanowiska nr 3 i 4 – pl. Grunwaldzki (duży parking podziemny), położony w północno-wschodniej części Wrocławia, jedno z centralnych miejsc miasta, główny węzeł komunikacyjny o wysokim natężeniu ruchu samochodowego przez całą dobę. Stanowisko badawcze nr 3 było oddalone o ok. 15 m, stanowisko nr 4 o ok. 70 m od tzw. osi Grunwaldzkiej (w celu dokonania analizy porównawczej zawartości metali ciężkich w zależności od odległości źródła emisji od drogi o dużym natężeniu ruchu).

Stanowisko nr 5 – wiadukt kolejowy przy ul. Słubickiej, umiejscowiony w spokojnym miejscu o bardzo małym natężeniu ruchu ulicznego (droga osiedlowa).

Stanowisko nr 6 – wiadukt pomiędzy ogródkami działkowymi w okolicy ul. Słubickiej, również położony w spokojnym miejscu o bardzo małym natężeniu ruchu (droga osiedlowa).

Stanowiska nr 7 i 8 – płoty i żywopłoty wzdłuż al. Wiśniowej. Jak wykazały analizy przeprowadzone przez WIOŚ [15], ta ważna ulica w układzie transportowym miasta przyczynia się do pogarszania stanu środowiska przez hałas, drgania przenoszone przez samochody, nadmierną emisję spalin oraz częsty brak płynności ruchu, co jest szczególnie uciążliwe dla mieszkańców. Sieci pajęczce oraz pająki były zbierane bezpośrednio z pasa ligustra pospolitego posadzonego obok drogi oraz z płotów. Stanowisko nr 7 było oddalone o ok. 10 m, a stanowisko nr 8 o ok. 60 m od ruchliwej drogi (w celu dokonania analizy porównawczej zawartości metali ciężkich w zależności od odległości źródła emisji od drogi o dużym natężeniu ruchu).

Stanowisko nr 9 – wiadukt kolejowy na ul. Kazimierza Pułaskiego, centrum miasta o dużym natężeniu ruchu.

Aby określić, czy sieci pajęczce mogą być wskaźnikami stanu zanieczyszczenia atmosfery i czy występują różnice między gatunkami, porównano zawartość metali ciężkich w nowo skonstruowanych sieciach pajęczych na dziewięciu stanowiskach badawczych różniących się natężeniem ruchu samochodowego. Aby określić, czy bliskość ruchu ulicznego (tym samym obecność zanieczyszczeń komunikacyjnych) wpływa na kumulację metali porównano sieci pajęczce tego samego gatunku zebrane w różnych odległościach od źródła emisji (stanowiska 3, 4, 7 i 8). Do analiz porównawczych wybrano jedynie nowo skonstruowane sieci danego gatunku na określonym stanowisku badawczym. W tym celu sfotografowano i oznakowano obszar,

na którym znajdowała się wybrana sieć, następnie usuwano istniejącą konstrukcję i codziennie kontrolowano stanowiska, aby odnotować pojawienie się nowej sieci. Następnie wszystkie pajęczyny były zbierane w takim samym odstępie czasu, tj. po 3 i 4 miesiącach.

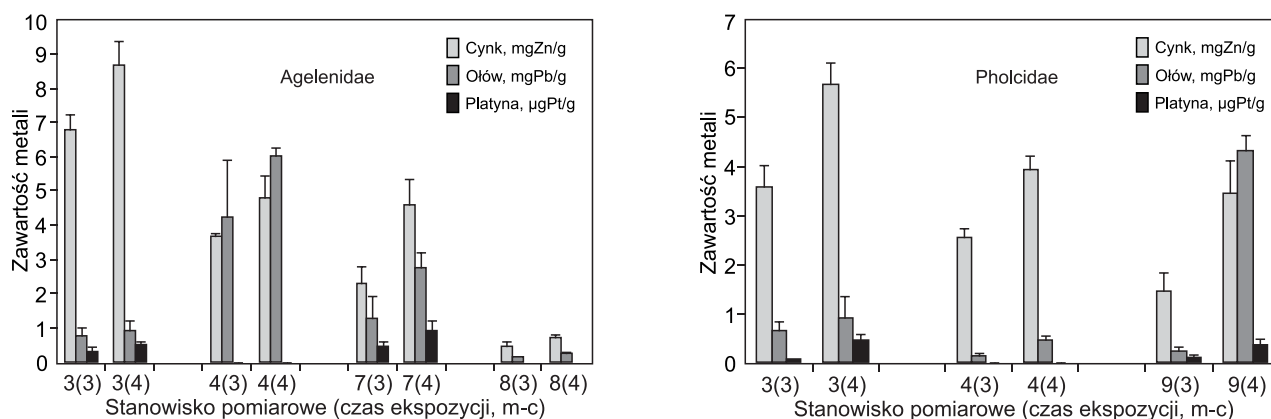
Po poznaniu rozmieszczenia, zagęszczenia oraz wielkości i struktury sieci, pajęczyny zabierano do laboratorium w celu oznaczenia zawartości związków metali ciężkich. Do analiz użyto sieci o podobnych wymiarach. Jedwab zbierano do czystych szklanych fiolek za pomocą szklanych, sterylnych bagietek i zamrażano aż do czasu jego wykorzystania do analiz chemicznych (metodyka wg [16]). W celu mineralizacji próbki rozmrożono i suszono przez 48 h w temperaturze 70 °C oraz ważono z dokładnością do 0,01 mg, a następnie trawiono w kwasie azotowym (70%) oraz ogrzewano aż do wysuszenia. Próbkę ponownie zawieszono w mieszaninie stężonego kwasu solnego i azotowego (3:1) i ogrzewano do temperatury 120 °C aż do całkowitego strawienia. Tak przygotowane próbki poddano analizie na obecność Pb, Zn i Pt. Analizy z wykorzystaniem ICP-MS oraz ICP-OES zostały wykonane w Laboratorium Chemicznym Analiz Elementarnych Uniwersytetu Wrocławskiego. Ze względu na niskie limity detekcji, metody te umożliwiają oznaczanie ultraśladowych ilości pierwiastków (z wykorzystaniem najbardziej czułej techniki ICP-MS), mikroelementów (ICP-OES z rozpylaczem ultradźwiękowym) oraz makroelementów (ICP-OES z rozpylaczem pneumatycznym). Oznaczanie szerokiego zakresu zawartości związków metali, dzięki wykorzystaniu różnych aparatów ICP, umożliwiło dokładną analizę tak delikatnego materiału jak sieci pajęczce. Wyniki poddano analizie statystycznej (test studenta). Poziom istotności statystycznej wszystkich testów wynosił 0,05.

Wyniki badań

Rozmieszczenie związków metali ciężkich było zależne od typu sieci (jej struktury), a tym samym od gatunku pająka (a właściwie rodziny) oraz jego wieku. Analizie poddano dwa typy sieci – pierwszą należącą do pajaków z rodziny Lejkowcowatych Agelenidae (gatunki *Malthonica sylvestris*, *Malthonica ferruginea* i *Tegenaria atrica*), mającą postać lejka rozszerzającego się w płachtę oraz drugą Nasosznikowatych Pholcidae (*Pholcus phalangoides*), która z reguły ma kształt nieregularny, trójkątny o zróżnicowanej gęstości [17]. Analizowane gatunki pajaków występują powszechnie na terenach miejskich, głównie w tunelach, pod mostami i na parkingach wielopoziomowych.

Porównanie średnich zawartości Zn, Pb i Pt na sieciach rodzin Agelenidae i Pholcidae na wybranych stanowiskach, które były zlokalizowane w różnych odległościach od źródła zanieczyszczeń przedstawia rysunek 1. Stanowiska nr 3 i 7 znajdowały się w odległości 10÷20 m od źródła emisji zanieczyszczeń komunikacyjnych (ruchliwa ulica), a stanowiska nr 4 i 8 w odległości 60÷70 m.

Wyniki badań wykazały zależność zawartości poszczególnych metali od stopnia urbanizacji terenu, z którego pobrano próbki sieci pajęczych. Największe wartości w przypadku obu typów sieci odnotowano na pl. Grunwaldzkim (st. 3), przy al. Wiśniowej (st. 7) oraz ul. Pułaskiego (st. 9), czyli przy arteriach komunikacyjnych charakteryzujących się wzmożonym ruchem samochodowym. Stwierdzono różnice w zawartości poszczególnych metali w zależności od odległości od źródła emisji. Im dalej, tym zawartość metali na sieciach obu rodzin pajaków była mniejsza. Pomimo



Rys. 1. Porównanie zawartości metali ciężkich (wartość średnia i odchylenie standardowe) w nowo skonstruowanych sieciach rodzin Agelenidae i Pholcidae zebranych po 3 i 4 miesiącach badań
 Fig. 1. Comparison of heavy metal concentrations (average concentration and standard deviation) in newly constructed webs of Agelenidae and Pholcidae, collected after 3 and 4 months of exposure

stwierdzonych różnic w zawartości poszczególnych metali, jedynie w przypadku stanowisk nr 7 i 8 (al. Wiśniowa) różnice te okazały się istotne statystycznie ($p=0,03$).

Analizując zawartość metali w dwóch przedziałach czasu, tj. po 3 i 4 miesiącach ekspozycji, w przypadku rodziny Agelenidae stwierdzono różnice istotne statystycznie odnośnie zawartości cynku ($p=0,02$), ołowiu ($p=0,04$) i platyny ($p=0,03$) na zebranych sieciach. W przypadku drugiej badanej rodziny tylko zawartość cynku ($p=0,03$) na sieciach zebranych po 3 i 4 miesiącach wykazała różnice istotne statystycznie.

Dyskusja wyników badań

Uzyskane wyniki w przypadku obu rodzin pajęczaków wykazały stosunkowo dużą zawartość metali na większości stanowisk badawczych (z wyjątkiem st. 5 i 8). W porównaniu z badaniami opisanymi w pracy [16], stwierdzono znaczną zawartość cynku na większości stanowisk (z wyjątkiem st. 5 i 8), nawet tam, gdzie nie spodziewano się tak wysokich wartości (st. 1 – tereny wodonośne), co prawdopodobnie wiązało się z ograniczonym, ale jednak obecnym ruchem samochodowym na tym obszarze lub z ogólnie podwyższoną obecnością cynku w tle miejskim. Antropogeniczne źródła cynku stanowią głównie zużyte opony, olej silnikowy a także skorodowane materiały instalacyjne [18]. Z kolei głównym źródłem ołowiu są klocki hamulcowe [19] i jak wynika z przeprowadzonych analiz – udział tego pierwiastka na badanych stanowiskach był znaczący.

Stwierdzona zawartość platyny była zaskakująco duża, tym samym stanowiąc istotne zagrożenie dla ludzi i środowiska. Jest to szczególnie niepokojące, ponieważ platyna działa teratogennie (uszkadza płód) i jest wydalana wraz z moczem, co prowadzi do uszkodzenia nerek. Związki platyny, już w małych ilościach, są silnymi alergenami [20]. Dotychczas, poza badaniami własnymi [4], nie analizowano zawartości tego pierwiastka w jedwabiu pajęczym. Uzyskane wyniki można np. zestawić z wartościami zarejestrowanymi w pyłe zebranych w pobliżu ruchliwych ulic Pekinu, które mieściły się w szerokich granicach od 3,96 ngPt/g do 356,3 ngPt/g, przy wartościach na stanowiskach referencyjnych od 0,1 ngPt/g do 0,9 ngPt/g [21]. Uzyskane w niniejszej pracy wyniki osiągnęły największą wartość prawie 0,9 µgPt/g (889,5 ngPt/g) na stanowisku nr 7 (al. Wiśniowa o dużym natężeniu ruchu samochodowego). Największą zawartość metali na obu typach sieci

odnotowano na stanowiskach nr 3 (pl. Grunwaldzki), nr 7 (al. Wiśniowa) oraz nr 9 (ul. Pułaskiego), co potwierdzają wyniki badań obecności poszczególnych frakcji pyłu na terenie Wrocławia, gdzie przekroczenia zarejestrowano właśnie przy al. Wiśniowej oraz pl. Grunwaldzkim [22].

Badania wykazały różnice w zawartości poszczególnych pierwiastków w zależności od odległości od źródła emisji tylko w przypadku stanowisk nr 7 i 8 (al. Wiśniowa), przy czym różnice te były istotne statystycznie. Wyniki te są spójne z uzyskanymi wcześniej, w których wykazano, że ilość metali maleje wraz ze wzrostem odległości od drogi, co ma związek z faktem, że 40% cząstek emitowanych wraz ze spalinami ma średnicę większą niż 9 µm, co wiąże się bezpośrednio z ich szybkim osiadaniem w obrębie 10m od drogi [22]. W przypadku sieci pajęczych rodziny Agelenidae, statystycznie istotne różnice między zawartością metali po 3 i 4 miesiącach ekspozycji stwierdzono na wszystkich stanowiskach badawczych, co sugeruje, że im dłużej sieci te pozostają w środowisku tym więcej metali kumulują. Badania wykazały przydatność sieci tej rodziny do oceny zanieczyszczeń atmosfery w danym miejscu w określonym przedziale czasu, co jest niewątpliwie zaletą w stosunku do konwencjonalnych metod oceny zanieczyszczeń atmosfery, które dają jedynie krótkoterminowy obraz jakości powietrza atmosferycznego (praca aparatury przez kilka dób). W przypadku rodziny Pholcidae stwierdzono istotne różnice jedynie między zawartością cynku w sieciach zebranych po 3 i 4 miesiącach ekspozycji, co sugeruje gorszą przydatność sieci tej rodziny jako narzędzia do oceny jakości powietrza. Sieci tej rodziny były znacznie rzadziej spotykane w środowisku miejskim Wrocławia (tunele, mury, płoty), w porównaniu z sieciami rodziny Agelenidae, co stanowi dodatkowe utrudnienie w wykorzystaniu tych sieci do monitoringu zanieczyszczeń powietrza. Ponadto pajęczyny Pholcidae mają bardzo nieregularny kształt i są niezwykle delikatne, co dodatkowo może utrudniać ich wykorzystanie do tego celu.

Podsumowanie

Uzyskane wyniki potwierdzają założenie tezy pracy, że sieci pajęczące mogą służyć jako skuteczne narzędzie do indykacji zanieczyszczeń powietrza. Wykorzystane w badaniach pajęczyny trzech przedstawicieli rodziny Agelenidae szczególnie dobrze nadają się do tych celów ze względu na dobre właściwości kumulacyjne, wysoką gęstość oraz

powszechność występowania. Przedstawiciele Lejkowcowatych tkają obszerne, łatwo rozpoznawalne sieci, co więcej, pająki te są aktywne przez cały rok, nawet w niskich temperaturach. Wymienione cechy umożliwiają opracowanie łatwej metody indykacji zanieczyszczeń powietrza, która będzie funkcjonować przez większą część roku, co stanowi jej dodatkową zaletę, w odróżnieniu od większości metod bioindykacyjnych, które zwykle mogą być stosowane tylko w sezonie wegetacyjnym (np. ocena jakości wody w oparciu o makrobezkręgowce bentosowe). Efektem wymiernym przeprowadzonych badań będzie skonstruowanie praktycznego narzędzia do indykacji zanieczyszczeń powietrza.

Badania zostały sfinansowane ze środków Ministerstwa Nauki i Szkolnictwa Wyższego jako projekt badawczy nr NN305 0966 39.

LITERATURA

1. I. SÓWKA: Ocena zasięgu oddziaływania zapachowego zakładu przemysłowego na przykładzie wybranej cukrowni. *Ochrona Środowiska* 2011, vol. 33, nr 1, ss. 31–34.
2. B. KOŁWZAN, P. JADCZYK, G. PASTERNAK, J. GLUSZCZAK, M. PAWLIK, M. KRAWCZYŃSKA, J. KLEIN, J. RYBAK: Ocena stanu sanitarnego powietrza w otoczeniu wybranej oczyszczalni ścieków. *Ochrona Środowiska* 2012, vol. 34, nr 2, ss. 9–14.
3. W. ROGULA, J.S. PASTUSZKA, E. TALIK: Concentration level and surface chemical composition of urban airborne particles near crossroads in Zabrze, Poland. *Archiwum Ochrony Środowiska* 2007, Vol. 33, No. 2, pp. 23–34.
4. J. RYBAK, I. SÓWKA, A. ZWOZDZIAK: Preliminary assessment of use of spider webs for the indication of air contaminants. *Environment Protection Engineering* 2012, Vol. 38, No. 3, pp. 175–181.
5. M. HOFMAN, L. WACHOWSKI: Badania zawartości platyny i ołowiu w glebie wzdłuż głównych dróg wylotowych z Poznania. *Ochrona Środowiska* 2010, vol. 32, nr 3, ss. 43–47.
6. S. XIAO-LI, P. YU, G.C. HOSE, C. JIAN, L. FENG-XIANG: Spider webs as indicators of heavy metal pollution in air. *Bulletin of Environmental Contamination and Toxicology* 2006, Vol. 76, pp. 271–277.
7. J.M. HELLAWELL: Biological Indicators of Freshwater Pollution and Environmental Management. Elsevier Applied Science Publishers, Washington 1986.
8. K. OBOLEWSKI: Ocena jakości wód powierzchniowych na obszarach zurbanizowanych z wykorzystaniem makrobezkręgowców bentosowych na przykładzie rzeki Słupi. *Ochrona Środowiska* 2010, vol. 32, nr 2, ss. 35–42.
9. K. OBOLEWSKI: Wykorzystanie makrozoobentosu do oceny stanu ekologicznego estuariowego jeziora Jamno. *Ochrona Środowiska* 2009, vol. 31, nr 2, ss. 17–24.
10. M. SZYŁAK-SZYDŁOWSKI: Ocena zmian toksyczności odcieków ze składowiska odpadów podczas ich biologicznego oczyszczania. *Ochrona Środowiska* 2011, vol. 33, nr 2, ss. 65–68.
11. B. KOŁWZAN: Effect of bioremediation on genotoxicity of soil contaminated with diesel oil. *Environment Protection Engineering* 2009, Vol. 35, No. 1, pp. 95–103.
12. G. DĄBROWSKA, K. HRYNKIEWICZ, K. KŁOSOWSKA, A. GÓC: Selekcja bakterii ryzosferowych usprawniających procesy fitoremediacji gleb zawierających związki metali ciężkich. *Ochrona Środowiska* 2011, vol. 33, nr 2, ss. 53–58.
13. B. KOŁWZAN, W. KOŁWZAN, A.M. DZIUBEK, G. PASTERNAK: Statistical approach to assessing groundwater pollution from gasworks. *Environment Protection Engineering* 2011, Vol. 37, No. 1, pp. 119–126.
14. B. KOŁWZAN: Zastosowanie czujników biologicznych (biosensorów) do oceny jakości wody. *Ochrona Środowiska* 2009, vol. 31, nr 4, ss. 3–14.
15. Raport o stanie środowiska w województwie dolnośląskim w 2011 roku. Wojewódzki Inspektorat Ochrony Środowiska we Wrocławiu, Wrocław 2012.
16. G.C. HOSE, J.M. JAMES, M.R. GRAY: Spider webs as environmental indicators. *Environmental Pollution* 2002, Vol. 120, pp. 725–733.
17. M.J. ROBERTS: Spiders of Britain and Northern Europe. Collins Field Guide. Harper Collins, London 1995.
18. J. STERNBECK, A. SJODIN, K. ANDRÉASSON: Metal emissions from road traffic and the influence of resuspension-results from two tunnel studies. *Atmospheric Environment* 2002, Vol. 36, No. 30, pp. 4735–4744.
19. E. de MIGUEL, J.F. LLAMAS, E. CHACON, T. BERG, S. LARSEN, O. ROYSET, M. VADSET: Origin and patterns of distribution of trace elements in street dust: Unleaded petrol and urban lead. *Atmospheric Environment* 1997, Vol. 31, No. 17, pp. 2733–2740.
20. B. SUCHECKI, M. ZOWSIK, K. RYTEL, A. KASSENBERG: Wpływ transportu drogowego na zdrowie człowieka. Centrum Zrównoważonego Rozwoju, Zielone Mazowsze, Warszawa 2006.
21. J. WANG, R.-H. ZHU, Y.-Z. SHI: Distribution of platinum group elements in road dust in the Beijing metropolitan area, China. *Journal of Environmental Sciences* 2007, Vol. 19, pp. 29–34.
22. I. SÓWKA, M. FORTUNA, A. ZWOZDZIAK, J. RYBAK, M. SKRĘTOWICZ, K. KWIECIŃSKA: Analiza stężeń pyłów drobnych w wybranych punktach Wrocławia. W: Interdyscyplinarne zagadnienia w inżynierii i ochronie środowiska [red. T.M. TRACZEWSKA], Oficyna Wydawnicza Politechniki Wrocławskiej, Wrocław 2012, t. 2, ss. 451–457.

Rybak, J. Use of Spider Webs for Assessing Airborne Concentrations of Some Heavy Metals Within the City of Wrocław. *Ochrona Środowiska* 2012, Vol. 34, No. 4, pp. 47–50.

Abstract: The study reported on in this paper was the first in Poland to examine the suitability of spider webs as indicators of heavy metal pollution in urban air due to motor vehicle emissions. Webs of three species, *Malthonica sylvestris*, *Malthonica ferruginea* and *Tegenaria atrica* belonging to the Agelenidae family, as well as irregular webs of the species *Pholcus phalangoides* belonging to the Pholcidae family, were collected from nine sampling sites within the city of Wrocław after 3 and 4 months of exposure to airborne heavy metals. The webs were then analyzed for the extent of Pb, Zn and Pt accumulation.

Comparison of the results obtained at particular sites has revealed a statistically significant relation between the heavy metal content of the webs and the distance from the road as the emission source. Analyses were also carried out to determine how the age of the web affects the level of heavy metal accumulation. The results obtained from all the sampling sites tested have disclosed significant differences in the heavy metal content between the webs collected upon 3-month exposure and those collected after 4-month exposure. The study has substantiated the suitability of spider webs as indicators of urban air pollution, especially of the webs constructed by spiders of the family Agelenidae.

Keywords: Spider webs, Agelenidae, Pholcidae, air pollution, heavy metals, bioindication.