

## Sezonowe stężenia metali w łódzkim środowisku domowym

Seasonal concentrations of metals in the home environment in Lodz

Katarzyna Sieczyńska\*, Dorota Gendaszewska

Sieć Badawcza Łukasiewicz – Instytut Przemysłu Skórzanego

---

### Streszczenie

W artykule przedstawiono wyniki analizy składu jakościowego i ilościowego metali zawartych w kurzu domowym zebrany w dwóch łódzkich mieszkaniach. W pracy uwzględniono etap pobierania i przygotowania próbek. Porównano poziomy stężenie metali ciężkich: Cd, Pb, Zn, Cr, Ni, Al, Co, Cu, V, Mn, Mo, Fe w kurzu pochodzącym z wybranych pomieszczeń zamkniętych w Łodzi.

### Abstract

The article presents a literature review of methods for the qualitative and quantitative metals analysis in the dust gathered in premises. The description includes the step of sampling and preparation of the environment matrix. In addition, the source of the metals in the dust and their impact on human health was taken into consideration. The concentration levels of heavy metals, like: Cd, Pb, Zn, Cr, Ni, Al, Co, Cu, V, Mn, Mo, Fe, in the dust coming from selected closed rooms in the city of Lodz were also compared.

*Słowa kluczowe:* kurz domowy, metale ciężkie, technika atomowej spektrometrii emisyjnej, matryca środowiskowa

*Keywords:* house dust, heavy metals, Inductively Coupled Plasma Optical Emission Spectrometry, analytical techniques, matrix environment

## 1. Wstęp

W dzisiejszych czasach ludzie spędzają prawie 90% swojego czasu w pomieszczeniach zamkniętych, w tym 69% w mieszkaniu, ok. 22% w pracy, 4% w środkach transportu [1]. Pozostałe 5% czasu w ciągu dnia przypada na czas spędzony na zewnątrz. Powietrze wewnętrzne tworzy niepowtarzalny mikroklimat, o innym składzie niż powietrze zewnętrzne i podwyższonym poziomie zanieczyszczeń.

---

\*autor korespondencyjny: mgr Katarzyna Sieczyńska: k.sieczynska@ips.lodz.pl

Zanieczyszczenia powietrza w pomieszczeniach występują w postaci cząsteczek gazu, aerozoli lub występują w postaci zawieszonych cząstek stałych [1]. Jednym z poważniejszych rodzajów zanieczyszczeń są metale ciężkie, które trafiają do domów mieszkalnych jako pył zawieszony w powietrzu (np. emisje benzyny z pojazdów silnikowych, dym z kominów) lub poprzez używane przedmioty lub czynności przeprowadzane w domu (np. remont lub rodzaj ogrzewania) [2]. Metale ciężkie mogą osłabiać ważne procesy biochemiczne, stwarzając zagrożenie dla wzrostu roślin i życia zwierząt. Ekspozycja na te pierwiastki może mieć różny wpływ na zdrowie. Konsekwencje zdrowotne są uzależnione od czasu narażenia [1]. Szczegółowy opis wpływu kurzu na zdrowie człowieka opisano w literaturze [3]. W ostatnich latach wielu autorów zasugerowało, że podwyższone poziomy metali w kurzu z gospodarstw domowych, ziemi ogrodowej, miejskiego pyłu ulicznego stanowią potencjalne zagrożenie dla zdrowia ludzi [4].

Kurz domowy to wysoce niejednorodna mieszanina cząstek aerozolu, która osiada na różnego rodzaju powierzchniach. Składa się z materiału mineralnego i biologicznego, dlatego może zawierać nie tylko węgiel organiczny i nieorganiczny, pierwiastki alkaliczne, metale ciężkie, ale także złożone substancje, w tym trwałe zanieczyszczenia organiczne.

Jego skład zależy będzie od wielu czynników, w tym lokalizacji i konstrukcji budynku, przeznaczenia pomieszczenia (mieszkanie, praca), rodzajów dekoracji i użytych materiałów wykończeniowych, systemów grzewczych i wentylacyjnych, a także od częstości i dokładności sprzątnięcia, jak i od pory roku [5, 6].

Dodatkowo wnikanie cząstek z zewnątrz do środowiska wewnętrznego okazało się być znaczącym źródłem cząstek stałych [4]. Aktualnie mało jest doniesień naukowych dotyczących poziomów stężeń metali ciężkich w różnego rodzaju pomieszczeniach mieszkalnych, jak również niewiele jest doniesień w zakresie wpływu różnych czynników na skład metali w kurzu w pomieszczeniach mieszkalnych.

Z tego względu celem pracy było określenie zawartości metali w kurzu domowym pochodzącym z dwóch różnych pomieszczeń zamkniętych zlokalizowanych w centrum miasta Łodzi, w wybranych porach roku.

## **2. Materiały i metody**

### **2. 1. Materiały**

Próbki kurzu do badań pobrano w okresie zimowym A (luty) i letnim B (wrzesień) w 2019 roku. Badano kurz z następujących miejsc w Łodzi:

- a) próbka M1 - mieszkanie w bloku na parterze - położone w centrum miasta, w dzielnicy Śródmieście w okolicy natężonego ruchu ulicznego. Wielkość mieszkania: 48m<sup>2</sup>.
- b) próbka M2 - mieszkanie w bloku na trzecim piętrze- położone w dzielnicy Bałuty, w okolicy natężonego ruchu, w mieszkaniu obecny dym tytoniowy. Wielkość mieszkania: 60 m<sup>2</sup>.

### **2. 2. Pobieranie próbek kurzu**

Próbki pobrano kilkakrotnie w przeciągu miesiąca z różnych powierzchni poziomych za pomocą szczotkowania szczotką i szufelką podczas codziennej eksploatacji pomieszczeń zamkniętych. Do czasu analizy pobrany materiał do badań przechowywano w temperaturze pokojowej. Przed zamierzoną analizą próbki poddano następującym przygotowaniom: przesianie kurzu przez sita o średnicy oczek 0,6 mm oraz usunięcie cząstek stałych, takich jak: włosy, włókna dywanowe, części roślin, kawałki tworzyw, szkła.

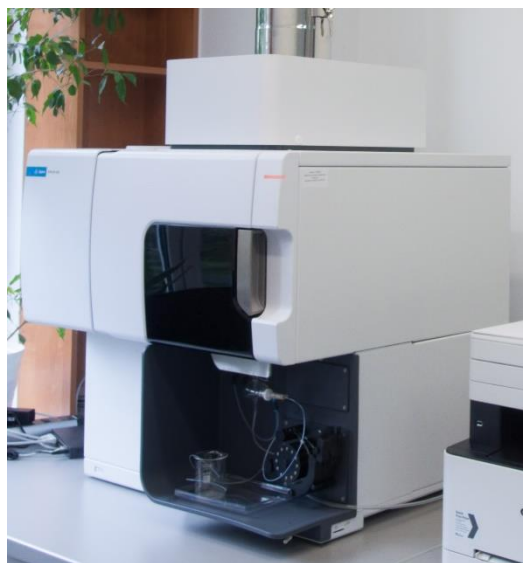
### **2. 3. Przygotowanie próbki i dobór matrycy**

Każdą próbkę kurzu o masie 0,1 g umieszczano w naczyniu teflonowym i dodawano 6 cm<sup>3</sup> HNO<sub>3</sub> (HNO<sub>3</sub> cz.d.a. o stężeniu 65%, Chempur). Przygotowane próbki zmineralizowano przy użyciu mineralizatora mikrofalowego Magnum II (Ertec).

Proces mineralizacji wykonano zgodnie z programem Magnum V2 2.0 w trzech cyklach trwających łącznie 20 min. w temperaturze maksymalnej 300°C i pod ciśnieniem równym 45 bar, przy maksymalnej mocy mikrofal (100%). Mineralizaty uzupełniano wodą demineralizowaną (woda oczyszczona w urządzeniu spełniającym wymogi normy PN-EN ISO 3696:1999 dla wód drugiego i trzeciego stopnia czystości o przewodności 0,06  $\mu\text{S}/\text{cm}$  do 25  $\text{cm}^3$ ). Kolejno próbki filtrowano przez sączi jakościowo średnie – 9 cm (Alfachem).

## **2. 4. Aparatura**

Techniką umożliwiającą szybką analizę wielopierwiastkową w chwili obecnej jest zastosowana technika atomowej spektrometrii emisyjnej z plazmą wzbudzoną indukcyjnie - spektrometr ICP-OES 5110 Agilent (Rys 1.).



**Rys. 1.** Spektrometr ICP-OES 5110 Agilent.

Pomiary wykonano w konfiguracji optycznej dual-view (pozycje w jakich aparat widzi próbkę). Szczegółowe parametry przyrządu zastosowane w analizie kurzu podano w Tabeli 1.

**Tabela 1.** Parametry spektrometru ICP-OES 5110 (Agilent) [7]

<b>Zastosowany parametr</b>	
Moc generatora	1200 [W]
Gaz plazmy (przepływ)	12 [l/min]
Gaz chłodzący palnik (Aux przepływ)	1 [l/min]
Gaz w nebulizerze (przepływ)	0,7 [l/min]
Typ nebulizera	OneNeb
Komora mgłowa	Double Pass
Czas odczytu pomiaru	3x10 [s]
Czas przepływu próbki	1,4 [ml/min]
Limit dla współczynnika korelacji	0,9990

Przed przystąpieniem do badań zoptymalizowano metodę. Wybrano linie analityczne i tryb pracy optymalny do oznaczania poszczególnych pierwiastków (Tabela 2).

**Tabela 2.** Zastosowane linie analityczne i tryb pracy aparatu w analizie kurzu

<b>Badany metal</b>	<b>Linia analityczna [nm]</b>	<b>Tryb pracy aparatu</b>
Al	308,215	aksjalny
Ba	455,403	aksjalny
Cd	214,439	radialny
Cr	205,560	aksjalny
Cu	324,754	aksjalny
Fe	238,204	aksjalny
Mn	259,372	aksjalny
Mo	202,032	radialny
Ni	216,555	aksjalny
Pb	220,353	radialny
Sr	407,771	aksjalny
Zn	206,200	aksjalny

Tryb radialny oznacza podgląd i pomiar prostopadle do palnika/plazmy. Tryb aksjalny oznacza podgląd i pomiar w osi palnika/plazmy. W celu wyznaczenia stężenia pierwiastków w próbkach zastosowano liniowe dopasowanie krzywej kalibracyjnej. Próbki analizowano w trzech powtórzeniach.

Wzorcowanie (kalibrację) metody pomiarowej wykonano przed pomiarem za pomocą serii wzorców chemicznych (materiałów odniesienia) o różnym poziomie zawartości badanego składnika. Zawartości badanych metali w próbkach odczytywano z krzywych wzorcowych sporządzonych wzorców poszczególnych metali (1000 µg/ml Al, Ba, Cd, Cr, Cu, Fe, Mn, Mo, Ni, Pb, Sr, Zn w 5% roztworze HNO<sub>3</sub> v/v) poprzez odpowiednie rozcieńczenie standardów.

### 3. Wyniki badań i ich dyskusja

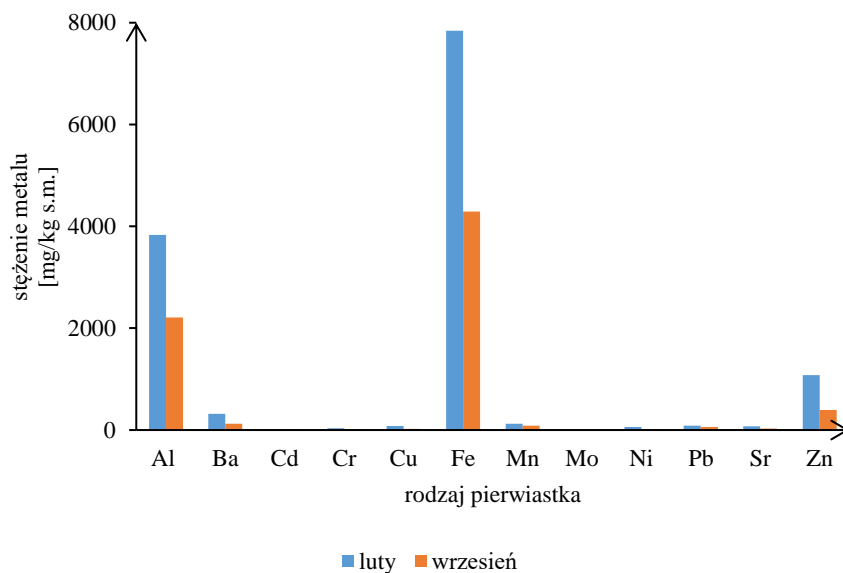
W ramach pracy wykonano badania na obecność i zawartość wybranych 12 metali w dwóch mieszkaniach w Łodzi. Wyniki dla kurzu zebranego w dwóch mieszkaniach w zależności od pory roku zamieszczono w Tabeli 3.

**Tabela 3.** Zawartość metali w badanych próbkach kurzu domowego [ND – poniżej granicy wykrywalności (w nawiasach podano odchylenie standardowe)]

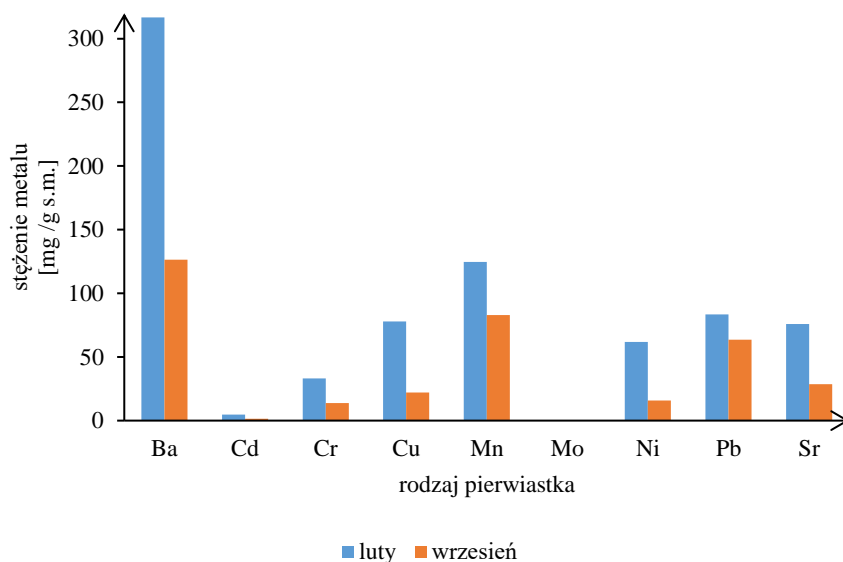
Nazwa pierwiastka	Zawartość metali ciężkich w próbach kurzu domowego [mg/kg s.m.]			
	M1 luty	M1 wrzesień	M2 luty	M2 wrzesień
Al	3830,8±15,8	2209,6±28,5	10494,4±44,5	3038,10±12,27
Ba	316,71±1,79	126,37±0,90	180,00±0,97	95,16±1,63
Cd	4,70±0,11	1,51±0,03	1,02±0,03	0,65±0,05
Cr	33,1±0,30	13,76±0,16	40,26±0,51	47,29±0,31
Cu	77,9±0,40	22,01±0,32	148,95±0,78	94,01±2,20
Fe	7845,1±12,9	4293,6±31,3	13204,8±11,9	3924,67±35,73
Mn	124,7±0,22	82,95±0,04	147,22±0,30	104,97±0,91
Mo	ND	ND	2,10±0,06	0,66±0,05
Ni	61,76±0,79	15,9±1,08	29,54±0,29	39,62±0,22
Pb	83,44±0,95	63,65±0,14	42,78±0,24	39,62±0,21
Sr	75,91±0,13	28,65±0,04	75,53±0,32	41,23±0,55
Zn	1081,6±11,3	391,05±3,02	1366,46±3,68	297,13±2,21

Na podstawie zebranych wyników sporządzono wykresy porównujące stężenia metali w próbach kurzu M1 (Rys. 2, Rys. 3) i M2 (Rys. 4, Rys. 5) względem pory roku. Analizując dane na Rys. 2. można zauważyć, że najwyższe wartości stężeń uzyskano dla Al (3830,8 i 2209,6 mg/kg s. m.), Fe (7845,1 i 4293,6 mg/kg s. m.), i Zn (1081,6 i 391,05 mg/kg s. m.).

Najniższe stężenie odnotowano dla Cd (4,70 i 1,51 mg/kg s. m.), natomiast stężenie Mo było poniżej granicy wykrywalności (Tabela 3). Stężenie pozostałych pierwiastków wahało się w granicach od 13,76 do 316,71 mg/kg s. m. Wartości stężeń oznaczanych metali były za każdym razem wyższe w lutym, a niższe we wrześniu (Rys. 3). Jest to bardzo interesująca obserwacja, szczególnie gdy uwzględnimy fakt, że próbka M1 jest próbką kurzu zbieranego w mieszkaniu w bloku na parterze, które znajduje się w centrum miasta, gdzie obserwuje się wzmożone natężenie ruchu ulicznego. Poza tym wyższe stężenia metali w lutym wynikają najprawdopodobniej z sezonu grzewczego, który osiąga wtedy najwyższy poziom. Z tego względu do powietrza trafia dym z kominów, który jest bogaty w metale ciężkie, przez co do mieszkań dostaje się więcej zanieczyszczonego powietrza.



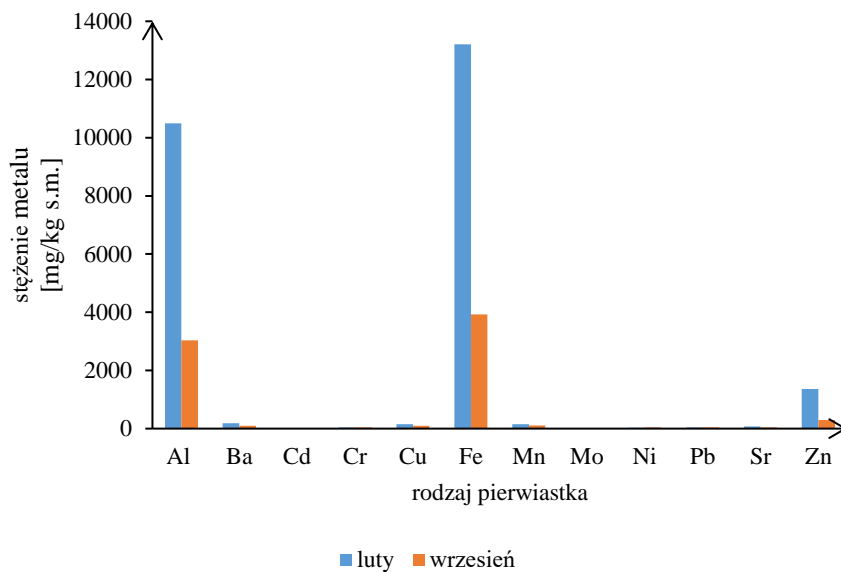
**Rys. 2.** Porównanie wszystkich oznaczonych stężeń metali dla próbki M1 względem pory roku.



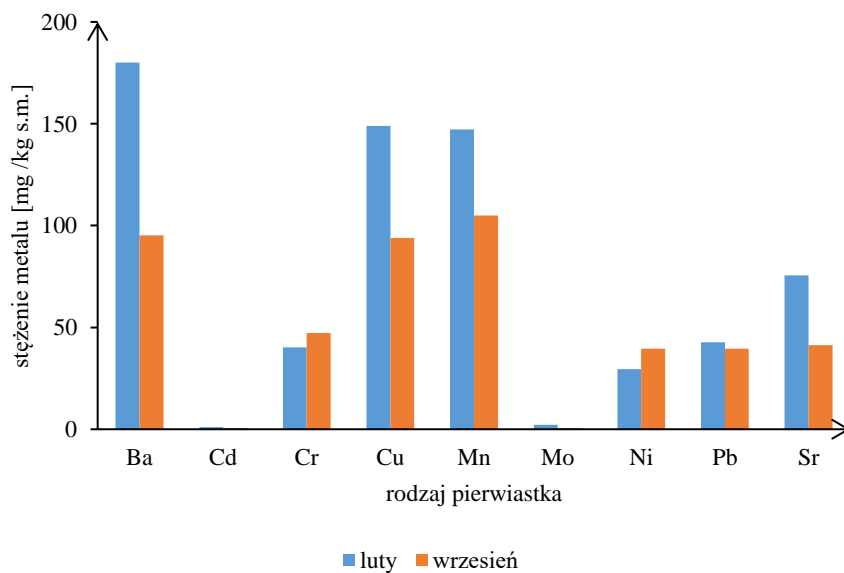
**Rys. 3.** Porównanie wybranych stężeń metali (0-316 mg/kg s.m.) dla próbki M1 względem pory roku.

Analizując dane na Rys. 4. można również zauważyć, że najwyższe wartości stężeń uzyskano dla Al (10494,4 i 3038,10 mg/kg s. m.), Fe (13204,8 i 3924,67 mg/kg s. m.), i Zn (1366,46 i 297,13 mg/kg s. m.). Najniższe stężenie odnotowano dla Mo (2,10 i 0,66 mg/kg s. m. ) oraz dla Cd (1,02 i 0,65 mg/kg s. m.). Stężenie pozostałych pierwiastków wahało się w granicach od 29,54 do 180 mg/kg s. m. Prawie w każdym przypadku wyższe stężenia pierwiastków odnotowano zimą, a niższe latem (Rys. 5). Jedyne wyjątek stanowił chrom i nikiel, dla których stężenie było nieznacznie wyższe we wrześniu. Przy analizie wyników należy wziąć po uwagę, że próbka M2 jest próbką kurzu zbieranego w mieszkaniu w bloku na trzecim piętrze, które również jest położone w centrum miasta. Wyższe wartości stężeń zimą najprawdopodobniej wynikają z intensywnego sezonu grzewczego, który w lutym osiąga najwyższy poziom.





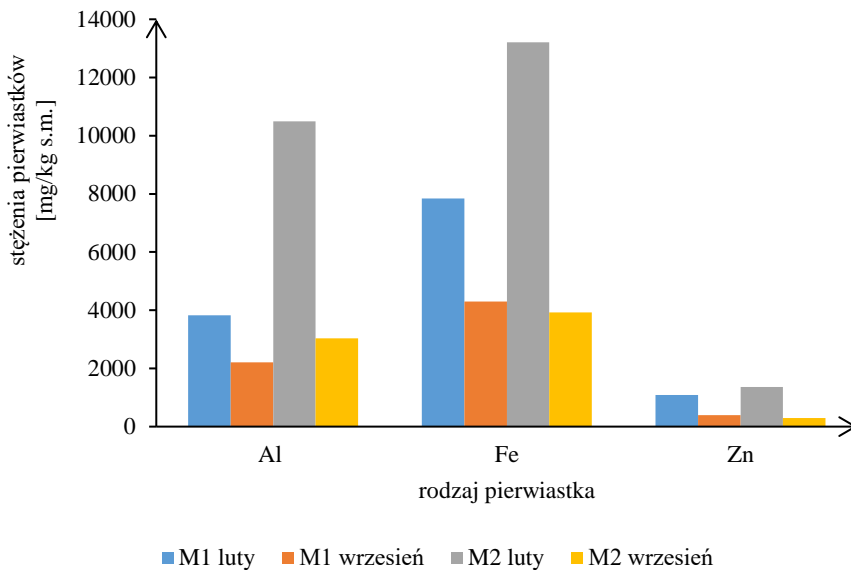
Rys. 4. Porównanie wszystkich oznaczonych stężeń metali dla próbki M2 względem pory roku.



Rys. 5. Porównanie wybranych stężeń metali (0-180 mg/kg s.m.) dla próbki M2 względem pory roku.

Na Rys. 6 i Rys. 7 zestawiono stężenia metali oznaczonych w dwóch próbach kurzu M1 i M2 zebranych w lutym i we wrześniu. Analizując wyniki można zauważyć, że w lutym występowały wyższe stężenia metali w kurzu zarówno w próbce M1, jak i M2, co zaobserwowano wcześniej w pracy. Jak już wspomniano wynika to z faktu intensywnego sezonu grzewczego w miesiącach grudzień-luty, a co za tym idzie wyższe są stężenia metali w powietrzu, a więc i w kurzu domowym.

Na Rys. 6 zestawiono stężenia metali, które w próbkach kurzu występowały nawet w dziesięciokrotnie wyższym stężeniu (Al, Fe, Zn) w porównaniu z innymi pierwiastkami w obu mieszkaniach. Wynika to najpewniej z natężonego ruchu drogowego znajdującego się w okolicy mieszkań M1 i M2, ale również z sezonu grzewczego, który w lutym osiąga najwyższy poziom. Antropogenicznymi źródłami glinu są spaliny samochodowe oraz pyły pochodzące ze spalania węgla [8]. Poza tym wysokie wartości stężeń tego metalu mogły być spowodowane licznymi robotami drogowymi w centrum Łodzi. Podobne obserwacje można znaleźć w literaturze [9]. Za emisję cynku odpowiedzialny jest przede wszystkim proces zużywania opon samochodowych, ale również źródłem cynku farby używane do malowania mebli czy ścian [10, 11]. Drugie spostrzeżenie jest takie, że w mieszkaniu M2 odnotowano dużo wyższe stężenia glinu i żelaza w lutym niż w mieszkaniu M1. Cynk był na podobnym poziomie niezależnie od miesiąca zebrania i rodzaju mieszkania. Przyczyną tego może być fakt, że mieszkanie z którego pobrano kurz M2 znajduje się w okolicy starych kamienic, pozbawionych często centralnego ogrzewania, gdzie podstawową metodą ogrzewania było palenie w piecu węglem. Dym papierosowy obecny w drugim mieszkaniu nie miał znaczącego wpływu na zawartość metali ciężkich w kurzu.



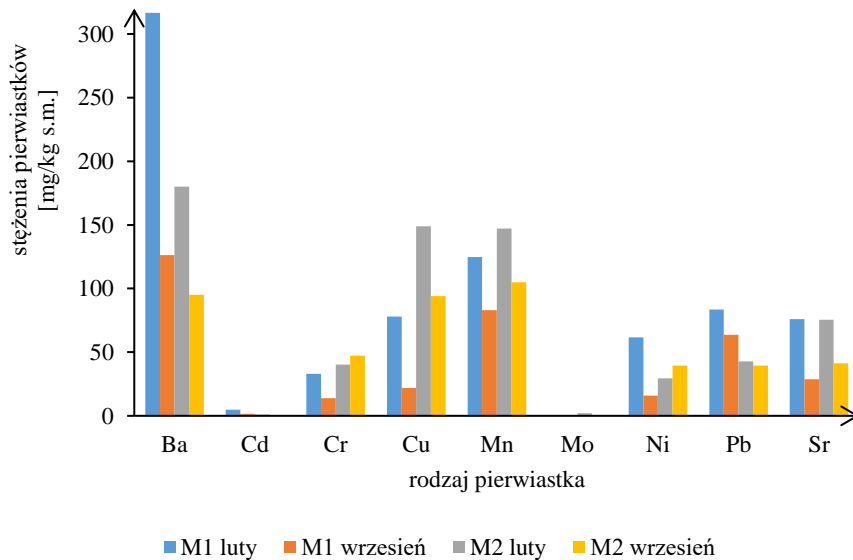
**Rys. 6.** Porównanie stężeń Al, Fe, Zn oznaczonych w próbkach M1 i M2.

Na Rys. 7 zestawiono wartości stężeń pozostałych dziewięciu oznaczanych metali (Ba, Cd, Cr, Cu, Mn, Mo, Ni, Pb, Sr), które występowały w kurzu M1 i M2 w znacznie mniejszych stężeniach. Analizując zebrane wyniki można zauważyć, że niezależnie od miesiąca pobrania próbek kurzu w mieszkaniu M1 znajdowały się nieco wyższe stężenia Ba, Cd i Pb. Źródłem kadmu jest obecny dym papierosowy, ale także kadm znajduje się w środkach używanych do barwienia dywanów. Natomiast głównym źródłem ołowiu w mieszkaniach są stare farby mieszkaniowe zawierające ołów czy również gleba wnoszona na butach oraz kurz uliczny pochodzący z eksploatacji samochodów [12]. Biorąc pod uwagę fakt, że mieszkanie M1 znajduje się przy ruchliwej ulicy, a także fakt, że klatka schodowa i część mieszkania pomalowana jest farbą olejną można wnioskować, że to jest powodem nieco wyższego stężenia ołowiu w kurzu domowym M1.

Z kolei w mieszkaniu M2 znajdowały się nieco wyższe stężenia Cr, Cu, Mn, Mo. Uważa się, że ścieranie opon, smary, korozja samochodów, zużycie silnika, łożysko oporowe, szcietkowanie, metale łożyskowe i pył hamulcowy jest źródłem Cr i Cu w pyłe osiadającym w kurzu domowym [13].

W pracy Dumąły [1] również zaobserwowano podwyższone stężenia chromu w mieszkaniu znajdującym się w centrum miasta, gdzie obserwowano wzmożony ruch uliczny. Pozostałe metale czyli Mo i Mn są składnikami gleby, która najprawdopodobniej jest wnoszona do mieszkań z zewnątrz na obuwiu czy odzieży [1]. Wyższe stężenie wyżej wymienionych pierwiastków w mieszkaniu M2 może wynikać z tego, że więcej osób mieszka w tym mieszkaniu, a więc więcej ziemi i kurzu jest wnoszone do mieszkania. Tym samym obserwowano wyższe stężenia Cr, Cu, Mn, Mo w kurzu domowym M2.

Analizując uzyskane wyniki można stwierdzić, że lokalizacja mieszkania/pomieszczenia zamkniętego, jak również pora roku oraz liczba mieszkańców, mają zdecydowany wpływ na zawartość metali w kurzu domowym.



Rys. 7. Porównanie stężeń pozostałych 9 metali w próbkach M1 i M2.

#### 4. Podsumowanie

Obecność metali w środowisku wciąż wzrasta, dlatego istnieje potrzeba stałego monitorowania ich zawartości również w próbkach środowiska wewnętrznego. Ze względu na niewielką ilość doniesień literaturowych w tym temacie podjęto próbę systematyzacji składu kurzu domowego w szerszym zakresie uwzględniając przy tym lokalizację poboru próbek. W toku badań okazało się, że w lutym występowały wyższe stężenia metali ciężkich w kurzu w obu mieszkaniach. We wrześniu odnotowane niższe wartości stężeń tych metali. Wynika to z faktu intensywnego sezonu grzewczego w miesiącach grudzień-luty, a co za tym idzie więcej zanieczyszczeń przedostaje się z kominów do mieszkań. Poza tym bliska okolica wzmożonego ruchu drogowego i remontów ulic wpływa na zwiększone stężenia metali takich jak ołów, żelazo czy glin.

Podsumowując monitorowanie stężeń metali ciężkich w pomieszczeniach zamkniętych jest niezbędne w celu opracowania odpowiednich środków zmniejszających ryzyko narażenia na te pierwiastki. Ponadto zwiększenie skuteczności optymalnej wentylacji, a także dobór odpowiedniej metody ogrzewania budynku może w znacznym stopniu obniżyć zawartość metali w powietrzu wewnętrznym, co bezpośrednio wpłynie na warunki zdrowotne.

#### Źródło finansowania

*Badania wykonane w ramach realizacji pracy statutowej pt.: „Metale ciężkie w kurzu w pomieszczeniach zamkniętych użyteczności publicznej – badania własne” (nr 228.49/17).*

#### Literatura

- [1] Dumała S. M., Dudzińska M. R.: *Selected heavy metals in settled dust from apartments located in Lublin*, Annual Set The Environment Protection **17**, 2015, str. 410-421.
- [2] Chattopadhyay G., Chi – Pei Lin K., Feitz A. J.: *Household dust metal levels in the Sydney metropolitan area*, Environmental Research **93**, 2003, str. 301-307.
- [3] Sieczyńska K.: *Metale ciężkie w kurzu z zamkniętych pomieszczeń użyteczności publicznej – przegląd literaturowy*, Technologia i Jakość Wytrobów **60**, 2015, str. 40-50.
- [4] Al – Momani I. F.: *Trace elements in street and household dusts in Amman*, Soil and Sediment Contamination **16**, 2007, str. 485-494.

- [5] Butte W., Heinzow B.: *Pollutants in house dust as indicators of indoor contamination*, Reviews in Environmental Contamination and Toxicology **175**, 2002, str. 1-46.
- [6] D'Hollander W., Roosens L., Covaci A., Cornelis C., Reynders H., van-Campenhout K., de Voogt P., Bervoets L.: *Brominated flame retardants and perfluorinated compounds in indoor dust from homes and offices in Flanders*, Chemosphere **81**, 2010, str. 478-487.
- [7] ICP Agilent Technologies, Expert Help, Version 7.4.1.0, March 2018.
- [8] Zuziak J., Jakubowska M.: *Glin w otoczeniu i jego wpływ na organizmy żywe*, Analityka **2**, 2016, str. 110–120.
- [9] Sieczyńska K.: *Metale ciężkie w kurzu z pomieszczeń zamkniętych użyteczności publicznej*, Technologia i Jakość Wytrobów **62**, 2017, str. 149-160.
- [10] Wasielewski R., Stelmach S., Sobolewski A.: *Wybrane aspekty pirolizy zużytych opon samochodowych*, Inżynieria Chemiczna i Procesowa **26** (4), 2005, str. 801-816.
- [11] Stelmach S.: *Potencjalne metody zagospodarowania karbonizatów z opon samochodowych*, Archiwum Gospodarki Odpadami i Ochrony Środowiska **13** (3), 2011, str. 37-52.
- [12] Beauchemin S., Mac – Lean L.C. W., Rasmussen P.E.: *Lead speciation in indoor dust: a case study to assess old paint contribution in a Canadian urban house*, Environmental Geochemistry and Health **33**, 2011, str. 343-352.
- [13] Lisiewicz M., Heimburger R., Golimowski J.: *Granulometry and the content of toxic and potentially toxic elements in vacuum – cleaner collected, indoor dusts of the city of Warsaw*, The Science of the Total Environment **262**, 2000, str. 69-78.