

<sup>1</sup> Śląski Uniwersytet Medyczny w Katowicach, Katedra i Zakład Toksykologii w Sosnowcu, ul. Jagiellońska 4.

<sup>2</sup> Instytut Medycyny Pracy i Zdrowia Środowiskowego, Sosnowiec, ul. Kościelna 4.

<sup>3</sup> Główny Instytut Górnictwa, Zakład Biomonitoringu Środowiska, Katowice, Plac Gwarków 4.

## Wykorzystanie współczynnika wzbogacenia, współczynnika kumulacji oraz równania podziału do oceny intoksykacji Pb lub Cu migdałka gardłowego

*The use of enrichment factor, accumulation factor and equation of division to estimate Pb and Cu intoxication of pharyngeal tonsil*

### Streszczenie:

W pracy przedstawiono rezultaty obliczeń współczynników wzbogacenia i kumulacji, które wykorzystano do oceny zróżnicowania stopnia intoksykacji migdałka gardłowego Pb lub Cu dzieci zamieszkujących na terenie województwa śląskiego.

Współczynniki równania podziału wskazują na większe znaczenie obecności tych pierwiastków w pyłe zawieszonym w powietrzu w porównaniu do wtórnej emisji cząstek glebowych. Migdalek gardłowy jest dobrym bioindykatorem Pb i Cu. Pb i Cu oznaczono metodą ICP za pomocą aparatu Solar 2000 z dokładnością do 0,01 µg/g.

### Abstract:

This work presents the results of enrichment and accumulation factor calculations which were used to estimate the level of Pb and Cu intoxication of pharyngeal tonsils of children living in the Silesian Region. The parameters of the equation of division indicate a higher significance of the presence of these elements in dust suspended in the air in comparison to secondary emission of soil particles. Pharyngeal tonsils are a good bio-indicator of Pb or Cu.

Using the ICP method with the help of the Solar 2000 apparatus, the estimated accuracy of Pb and Cu were 0.01 µg/g

**Słowa kluczowe:** Pb, Cu, migdalek gardłowy, współczynnik wzbogacenia, współczynnik kumulacji, równanie podziału

**Keywords:** Pb, Cu, pharyngeal tonsils, enrichment factor, accumulation factor, equation of division

### Wstęp

Zagrożenia związane z zanieczyszczeniem powietrza wynikają z konieczności oddychania powietrzem o różni-  
cowanej jakości. Rozwój cywilizacji spowodował, że w środowisku człowieka pojawiły się liczne związki toksyczne dla organizmu. Ciągły, ekspansywny rozwój przemysłu motoryzacyjnego i krocząca industrializacja zwłaszcza w obszarach miejskich, znaczna koncentracja zakładów energetycznych, przemysłowych oraz wzmożony ruch pojazdów spalinowych przyczyniają się do znacznej kumulacji zanieczyszczeń w różnych tkankach ludzkiego organizmu. Powietrze atmosferyczne zanieczyszczone jest różnymi substancjami, których ilość i rodzaj jest uzależniony od źródeł emisji [1, 2, 3].

Powietrze atmosferyczne zanieczyszczone jest różnymi substancjami, których ilość i rodzaj jest uzależniony od źródeł emisji. Każdego roku do atmosfery dostaje się

kilkaset tysięcy ton zanieczyszczeń lotnych, z czego same metale ciężkie stanowią ponad 3 tysiące ton [4]. Nadmierne narażenie na czynniki środowiska i szkodliwe ich działanie powodują szereg zaburzeń ze strony układu oddechowego, układu krążenia, centralnego układu nerwowego, alergię czy zaburzenia reprodukcji [5, 6].

Wraz ze wdychanym powietrzem do organizmu dostaje się wiele lotnych zanieczyszczeń, z których część zostaje wchłonięta poprzez układ oddechowy i rozproszona w organizmie. Ilość pyłów o średnicy poniżej 10 µm w przyziemnej warstwie powietrza przekroczyła w 2011 r. w Katowicach ok. 1200%, Rybniku 1400%, Zabrze 1500% [7].

W pierwszej kolejności pierścień chłonny Waldeyera, stanowiąc integralną część układu odpornościowego, bierze aktywny udział w obronie ogólnej i miejscowej. Jego lokalizacja na skrzyżowaniu drogi oddechowej i pokarmowej umożliwia stały kontakt ze środowiskiem zewnętrznym.

Na pierścien Waldeyera, który nazywany jest strażnikiem dróg oddechowych, składają się ponadto migdałek językowy (z łac. *tonsillae linguales*), migdałki trąbkowe, pasma boczne oraz grudki chłonne, rozsiane w błonie śluzowej tylnej ściany gardła.

Migdałek gardłowy (z łac. *tonsilla pharyngealis*) wchodzi w skład pierścienia Waldeyera, tak że migdałki podniebienne (z łac. *tonsillae pallatinae*) stanowią skupisko tkanki limfatycznej, położonej na granicy między ektodermalną a endodermalną częścią drogi oddechowej i pokarmowej, stanowią pierwszą linię obrony i jako jedne z pierwszych tkanek mają kontakt z substancjami zawartymi we wdychanym powietrzu [8, 9].

Migdałek gardłowy posiada dwie istotne cechy: specyficzne położenie anatomiczne wpływa na kontakt z substancjami zawartymi we wdychanym powietrzu, a jednocześnie brak kontaktu z przyjmowanym pokarmem, co istotnie potencjalnie pozwala odróżnić intoksykację organizmu człowieka drogą oddechową od drogi pokarmowej. Proces uzyskania materiału do badań jest ułatwiony, ponieważ zabieg adenotomii jest wykonywany powszechnie.

Dotychczas przeprowadzone badania wykazały pełną przydatność migdałków gardłowych jako biomarkera ekspozycji na wybrane pierwiastki obecne w strumieniu wdychanego powietrza. Szczegółowe badania dotyczyły następujących zagadnień:

- rola wieku w kształtowaniu się obecności pierwiastków fizjologicznych w aspekcie biernego palenia [10];
- wpływ biernego palenia na zawartość pierwiastków w nawiązaniu do płci i miejsca zamieszkania [11, 12];
- wyznaczenie środowiskowych i fizjologicznych zawartości cynku w migdałkach gardłowych [13];
- badania nad intoksykacją migdałków gardłowych ręką [14];
- kumulacja glinu w migdałkach gardłowych [15];
- migdałek gardłowy jako nowy biomarker zanieczyszczenia związkami baru [16];
- analiza przydatności współczynnika wzbogacenia i kumulacji niklu i baru dla potrzeb zróżnicowania stanu zanieczyszczenia powietrza [17];
- migdałek gardłowy jako biomarker ekspozycji [18];
- bioindykacja kadmu w nawiązaniu do czynników behawioralnych i środowiskowych [19].

Powyższe cechy pozwalają sądzić, iż migdałek gardłowy może być istotnym niezawodnym biomarkerem ekspozycji na metale ciężkie zawarte w powietrzu w warstwie oddychania dzieci.

Badania Bażowskiej i Kwapulińskiego dotyczące kumulacji berylowców i ołowiu wykazały, że główną drogą intoksykacji wobec drogi dokrewnej są zjawiska sorpcji w śluzie zanieczyszczeń pyłowych, które następnie siłami adhezji pozostają dłużej czas na powierzchni migdałka

gardłowego, by następnie wnikać w jego strukturę tkankową. Wyraźnie udowodniły to równoległe badania dotyczące migdałków gardłowych i podniebiennych [20]. Możliwa okazała się równoczesna kumulacja niektórych pierwiastków, jak i konkurencja o receptor, którym były migdałki.

Stopień intoksykacji migdałka gardłowego opisują zawartości odpowiadające 50,95 percentylowi i średniej geometrycznej oraz współczynnik wzbogacenia i kumulacji danego pierwiastka. W świetle piśmiennictwa, w których omawiana jest interpretacja współczynników chemoekotoksykologicznych dla określenia stopnia intoksykacji wybranych prób biologicznych, duże znaczenie posiada współczynnik wzbogacenia oraz współczynnik kumulacji. Współczynnik wzbogacenia oblicza się zgodnie ze wzorem Buat-Menarda i Chesseleta [21].

$$W = \frac{\frac{C_1^{Me^{+n}}}{C_{1n}}}{\frac{C_2^{Me^{+n}}}{C_{2n}}}$$

- $C_1^{Me^{+n}}$  - zawartość badanego pierwiastka w migdałku gardłowym;
- $C_2^{Me^{+n}}$  - zawartość badanego pierwiastka w próbie odnośnikowej;
- $C_{1n}$  - zawartość pierwiastka odnośnikowego w migdałku gardłowym, Mn;
- $C_{2n}$  - zawartość pierwiastka odnośnikowego w próbie odnośnikowej, Mn [21].

Współczynnik wzbogacenia pozwala określić poziom kumulacji wybranych metali w migdałku gardłowym. Wartość ta jest charakterystyczna dla danego obszaru badań, na terenie którego obserwujemy specyficzną imisję tych metali obciążającą glebę, powietrze w przyziemnej warstwie. W sytuacji przesuszonych gleb, przy sprzyjających warunkach wietrznej pogody możliwe jest pojawienie się zjawiska wtórnego pylenia. Emitowane w sposób wtórny drobnodispersyjne pyły zawierają szereg metali nierzadko o właściwościach toksycznych, które drogą wchłaniania przez układ oddechowy, mogą osiadać na wilgotnej powierzchni migdałka gardłowego. Podkreślić jednak należy, że zjawisko wtórnego pylenia ma charakter incydentalny, tzn. czas trwania jest ograniczony wyłącznie do okresów sprzyjających wtórnemu unoszeniu się cząstek z nad powierzchni gleby. Spodziewać się należy, że rola zanieczyszczeń w postaci wybranych związków chemicznych poszczególnych metali, będzie różnicowała stopień oddziaływania na ich kumulację w migdałku gardłowym [22].

Zaletą współczynnika wzbogacenia jest fakt, że możliwe jest porównanie zjawiska intoksykacji danym pierwiastkiem migdałka gardłowego w odniesieniu do zróżnicowanych warunków geochemicznych danego obszaru, w którym zamieszkują dzieci.

Interpretacja współczynnika wzbogacenia przedstawia się następująco [21, 22]:

- <2 – minimalne zanieczyszczenie danego elementu środowiska;
- 2-5 – średnie zanieczyszczenie;
- 5-20 – znaczące zanieczyszczenie;
- 20-40 – bardzo silne zanieczyszczenie;
- >40 – ekstremalne zanieczyszczenie.

Pierwiastkiem odnośnikowym może być pierwiastek o małej zmienności występowania niezależnie od poziomu jego zawartości w danej próbce biologicznej lub pierwiastek obecny w ilościach śladowych w badanej próbce, w tym przypadku jest to mangan.

Kolejnym współczynnikiem, który pozwala w sposób względny porównać stopień kumulacji poszczególnych metali przez migdałek gardłowy dzieci, które zamieszkują poszczególne regiony z różną zawartością danego pierwiastka w pyłe zawieszonym jako współczynnik kumulacji.

Współczynnik kumulacji definiowany jest jako iloraz średniego stężenia danego pierwiastka w migdałku gardłowym oraz jego zawartości w pyłe zawieszonym w powietrzu lub cząsteczkach gleby z warstwy przypowierzchniowej (zjawisko wtórnego pylenia). Ten współczynnik z powodu dynamicznego charakteru zmian zanieczyszczeń w przyziemnej warstwie powietrza, może być miarą względnej dostępności metali wdychanych z pyłem zawieszonym lub z pyłów unoszących się z nad gleby. Współczynnik ten interpretuje się jako miarę ruchliwości i względnej dostępności metali z gleby lub z pyłu dla migdałków gardłowych. Definiuje się go jako iloraz średniego stężenia danego pierwiastka w migdałku gardłowym do jego zawartości w pyłe zawieszonym w powietrzu lub glebie [23].

$$WF = \frac{c_{Me}^{+n \text{ migdałek}}}{c_{Me}^{+n \text{ gleba}}}$$

Przyjmuje się podział zjawiska kumulacji na 4 rodzaje [23]:

- WF = 0,01 - kumulacja nie występuje,
- WF = 0,1 - słaby stopień kumulacji,
- WF = 1,0 - średni stopień kumulacji,
- WF > 1,0 - duży stopień kumulacji.

## Metodyka

Pozyskane migdałki o znanej suchej masie mineralizowano na mokro za pomocą HNO<sub>3</sub> (V) spektralnie czystego.

Zawartość Cu i Pb oznaczono metodą indukcyjnie sprzężonej plazmy za pomocą aparatu Solar 2000 z dokładnością do 0,01 µg/g. Z kolei pyły zebrano za pomocą aspiratora powietrza typ AP 700, w ciągu jednej godziny z zastosowaniem separatorów poszczególnych frakcji pyłów. Pyły zebrane na sączkach o znanej masie suchej mineralizowano mieszaniną 1:1 – 40% HF i 68% HNO<sub>3</sub> w ilości po 1 cm<sup>3</sup>, pozostałość po mineralizacji dodatkowo roztworzono 10 ml HNO<sub>3</sub> (V). Przenoszono ilościowo do kolbek miarowych o pojemności 25 cm<sup>3</sup>, a następnie uzupełniano wodą redestylowaną do kreski. Poprawność wszystkich oznaczeń Pb i Cu w badanych próbach sprawdzano na podstawie ich oznaczeń w materiale referencyjnym SRM 1648 – NIST. Pomiary walidacyjne wykazały różnice 3,1% dla Cu i 7,6% dla Pb. Wykrywalność badanych metali wynosiła dla Cu 0,003 µg Cu s.m./g i 0,07 µg Pb s.m./g.

## Charakterystyka materiału badanego

Na przeprowadzenie badań, mających na celu oznaczenie Cu i Pb w migdałku gardłowym, uzyskano zgodę Komisji Bioetycznej Śląskiej Akademii Medycznej w Katowicach: NN-6501-130/6.

Migdałki pochodziły od dzieci (n = 194) w wieku: 2-5 lat (n = 40); 6-9 lat (n = 78) i 10-12 lat (n = 76), które zostały zakwalifikowane z powodu chorobowego stanu do usunięcia migdałka gardłowego poprzez wykonanie zabiegu adenotomii. Grupa badanych dzieci pochodziła z województwa śląskiego, w którym wyróżniono 9 rejonów, pozostających w zróżnicowanym zasięgu oddziaływania emisji przemysłowej (tab. 1).

Tab. 1. Podział na obszary ze względu na miejsce zamieszkania (n=194)

Obszar ( rejon )	Miejscowość
R = 1 (n = 28)	Zabrze
R = 2 (n = 31)	Gliwice, Ornontowice, Paniówki
R = 3 (n = 33)	Katowice, Chorzów
R = 4 (n = 41)	Bytom, Piekary Śląskie, Tarnowskie Góry, Radzionków, Świętochłowice, Hanusek
R = 5 (n = 21)	Tychy, Mikołów, Żory
R = 6 (n = 26)	Rybnik, Czerwionka-Leszczyny, Knurów, Jastrzębie, Orzesze, Jejkowice
R = 7 (n = 34)	Zagłębie, Dąbrowa Górnicza, Jaworzno Szczakowa, Sosnowiec
R = 8 (tereny rekreacyjne) (n = 17)	Żabnica, Bielsko-Biała
R = 9 (n = 31)	Częstochowa, Lubliniec, Kleszczów, Kamięskie Młyny

Grupę odniesienia stanowiły dzieci ze zmianami w obrazie migdałków zamieszkałe na obszarze semirekreacyjnym: Żabnica oraz w miejscowościach powiatu lublinieckiego.

Wyniki średniej geometrycznej zawartości Pb i Cu w poszczególnych próbach z terenów uprzemysłowionych różniły się istotnie w porównaniu do populacji odniesienia ( $p \leq 0,05$ ), (Żabnica, Lubliniec).

## Wyniki

Współczynnik wzbogacenia i kumulacji badanych metali: Cu i Pb charakteryzujących migdałki gardłowe dzieci zamieszkujących poszczególne rejony przedstawiono w tabelach 2, 3, 4, 5. Największą intoksykację miedzią migdałków gardłowych dzieci w odniesieniu zarówno do gleby i powietrza stwierdzono w następujących rejonach odpowiednio:

1. Współczynnik wzbogacenia (gleba):  $R_8 = 48,2$ ;  $R_2 = 44$ ;  $R_9 = 35$ ;  $R_1 = 32$ ;  $R_4 = 30,5$  – tab. 2.

Tab. 2. Współczynniki wzbogacenia – W i kumulacji – K miedzi w migdałku gardłowym w glebie w odniesieniu do poszczególnych rejonów

Parametr	OBSZAR ADMINISTRACYJNY								
	R = 1	R = 2	R = 3	R = 4	R = 5	R = 6	R = 7	R = 8	R = 9
$C_{Cu}$ w migdałku [ $\mu\text{g/g}$ ]	3,00	4,20	3,40	2,86	3,32	4,28	2,46	1,78	2,64
$C_{Mn}$ w migdałku [ $\mu\text{g/g}$ ]	1,56	2,39	1,66	2,34	1,89	1,85	0,68	0,74	1,51
$C_{Cu}$ w glebie [ $\mu\text{g/g}$ ]	15	20	45	30	16	15	45	5	5
$C_{Mn}$ w glebie [ $\mu\text{g/g}$ ]	250	500	375	750	125	125	125	100	100
Współczynnik wzbogacenia – gleba (W)	10,9	44	17,08	30,5	13,75	19,25	10,06	48,2	35
Współczynnik kumulacji – gleba (K)	0,20	0,21	0,08	0,09	0,22	0,10	0,05	0,36	0,53

2. Współczynnik wzbogacenia (powietrza):  $R_6 = 1,18$ ;  $R_7 = 1,16$ ;  $R_9 = 1,15$  – tab. 3

Tab. 3. Współczynniki wzbogacenia i kumulacji miedzi w migdałku gardłowym w powietrzu w odniesieniu do poszczególnych rejonów

Parametr	OBSZAR ADMINISTRACYJNY								
	R = 1	R = 2	R = 3	R = 4	R = 5	R = 6	R = 7	R = 8	R = 9
$C_{Cu}$ w migdałku [ $\mu\text{g/g}$ ]	3,00	4,20	3,40	2,86	3,32	4,28	2,46	1,78	2,64
$C_{Mn}$ w migdałku [ $\mu\text{g/g}$ ]	1,56	2,39	1,66	2,34	1,89	1,85	0,68	0,74	1,51
$C_{Cu}$ w glebie [ $\mu\text{g/g}$ ]	143	143	204	226	60	76	100	68	38
$C_{Mn}$ w glebie [ $\mu\text{g/g}$ ]	53	53	49	38	19	39	32	17	25
Współczynnik wzbogacenia – powietrze	0,71	0,28	0,49	0,21	0,56	1,18	1,16	0,60	1,15
Współczynnik kumulacji – powietrze	0,02	0,03	0,02	0,01	0,06	0,06	0,02	0,03	0,07

3. Współczynnik kumulacji (gleba):  $R_9 = 0,53$ ;  $R_8 = 0,36$ ;  $R_5 = 0,22$ ;  $R_2 = 0,21$ ;  $R_1 = 0,20$  – tab. 4

Tab. 4. Współczynniki wzbogacenia i kumulacji ołowiu w migdałku gardłowym w glebie w odniesieniu do poszczególnych rejonów

Parametr	OBSZAR ADMINISTRACYJNY								
	R = 1	R = 2	R = 3	R = 4	R = 5	R = 6	R = 7	R = 8	R = 9
$C_{Pb}$ w migdałku [ $\mu\text{g/g}$ ]	1,25	1,90	2,08	1,05	1,74	2,17	0,87	0,62	0,86
$C_{Mn}$ w migdałku [ $\mu\text{g/g}$ ]	1,56	2,39	1,66	2,34	1,89	1,85	0,68	0,74	1,51
$C_{Pb}$ w glebie [ $\mu\text{g/g}$ ]	125	59	250	1000	65	35	125	20	18
$C_{Mn}$ w glebie [ $\mu\text{g/g}$ ]	250	500	375	750	125	125	125	100	100
Współczynnik wzbogacenia – gleba	1,60	6,74	1,88	0,34	1,77	4,19	1,28	4,19	3,16
Współczynnik kumulacji – gleba	0,01	0,03	0,0083	0,0011	0,03	0,06	0,007	0,03	0,05

4. Współczynnik kumulacji (powietrza):  $R_9 = 0,07$ ;  $R_5$  i  $R_6 = 0,06$  – tab. 5

Tab. 5. Współczynniki wzbogacenia i kumulacji dla ołowiu w migdałku gardłowym w powietrzu w odniesieniu do poszczególnych rejonów

Parametr	OBSZAR ADMINISTRACYJNY								
	R = 1	R = 2	R = 3	R = 4	R = 5	R = 6	R = 7	R = 8	R = 9
$C_{Pb}$ w migdałku [ $\mu\text{g/g}$ ]	1,25	1,90	2,08	1,05	1,74	2,17	0,87	0,62	0,86
$C_{Mn}$ w migdałku [ $\mu\text{g/g}$ ]	1,56	2,39	1,66	2,34	1,89	1,85	0,68	0,74	1,51
$C_{Pb}$ w powietrzu [ $\mu\text{g/m}^3$ ]	86	86	70	174	37	42	74	32	45
$C_{Mn}$ w powietrzu [ $\mu\text{g/m}^3$ ]	53	53	49	38	19	39	32	17	25
Współczynnik wzbogacenia – powietrze	0,49	0,49	0,88	0,10	0,47	1,09	0,55	0,45	0,32
Współczynnik kumulacji – powietrze	0,01	0,02	0,03	0,006	0,05	0,05	0,01	0,02	0,02

Porównując wartości współczynników wzbogacenia migdałków gardłowych Cu obecnej w glebie lub powietrzu, można zauważyć, iż rola wtórnego pylenia Cu z gleby jest znacznie większa aniżeli udział Cu w powietrzu. Tendencje te potwierdza również obliczony współczynnik kumulacji miedzią w migdałku gardłowym, dostrzegalna jest większa rola cząstek gleby unoszonych wiatrem o prędkości powyżej 5 m/s, które w długim okresie czasu posiada stałą zawartość, niż w pyle zawieszonym.

Podobne obliczenia wykonano dla ołowiu obecnego w pyle zawieszonym lub unoszonych cząsteczkach gleby. Największe współczynniki wzbogacenia i kumulacji Pb



w migdałkach gardłowych dzieci zamieszkujących poszczególne obszary były następujące:

1. Współczynnik wzbogacenia (gleba):  $R_2 = 6,74$ ;  $R_6$  i  $R_8 = 4,19$ ;  $R_9 = 3,16$  – tab. 2
2. Współczynnik wzbogacenia (powietrza):  $R_3 = 0,88$ ;  $R_6 = 1,09$ ;  $R_7 = 0,55$  – tab. 3
3. Współczynnik kumulacji (gleba):  $R_9 = 0,05$ ;  $R_6 = 0,06$  – tab. 4
4. Współczynnik kumulacji (powietrza):  $R_5$  i  $R_6 = 0,05$ ;  $R_3 = 0,03$ ;  $R_2, R_8$  i  $R_9 = 0,02$  – tab. 5

Współczynnik wzbogacenia ołowiem w odniesieniu do gleby jest większy w porównaniu do powietrza. Kumulacja Pb w migdałku gardłowym poprzez wtórną emisję cząstek glebowych w glebie jak i pyłów zawieszonych w powietrzu na danym terenie jest podobna, uzyskane wartości są zbliżone zarówno dla gleby jak i powietrza.

Powyższe spostrzeżenia uzasadniają między innymi także rolę zjawiska „lizania” bawiących się dzieci w plenerze.

Podsumowując powyższe stwierdzenia, należy podkreślić, że w pierwszej kolejności zwracają uwagę duże wartości współczynników wzbogacenia i kumulacji Cu i Pb w migdałku gardłowym. Mianowicie migdałki gardłowe dzieci zamieszkałych w rejonach Zabrze, Bytomia, Piekary Śląskie, Świętochłowic, Tarnowskich Gór zawierały Pb w ilości około  $1 \mu\text{g/g}$ , a w Zagłębiu, Dąbrowie Górniczej, Sosnowcu, Jaworznie Szczakowej, Żabnie i Bielsku Białym, odpowiednio mniej od  $0,6$  do  $0,9 \mu\text{g/g}$ . Na tych obszarach widoczne są mniejsze zawartości Pb w migdałku gardłowym, na pozostałych obszarach (Rybnik, Knurów, Jastrzębie, Orzesze) zawartość Pb w migdałkach gardłowych była większa – rzędu  $2,17 \mu\text{g/g}$ , wówczas jednocześnie stwierdzono największą wartość współczynnika wzbogacenia  $1,09$  w stosunku do Pb obecnego w powietrzu ( $42 \mu\text{g/m}^3$ ). Z kolei pomimo dużej obecności ołowiu w powietrzu rzędu  $74-89 \mu\text{g/m}^3$ , współczynniki wzbogacenia obliczone w stosunku do zawartości w pyłe zawieszonym były niższe. Stwierdzone powyżej spostrzeżenia, potwierdzają także małe wartości współczynników kumulacji ołowiu w migdałkach gardłowych rzędu  $10^{-2}$ .

Kolejnym pierwiastkiem, który podlega potencjalnej kumulacji w migdałku gardłowym jest Cu, która posiada znaczenie fizjologiczne. Zawartość Cu w powietrzu była najmniejsza w R5, R6 i R9 rzędu  $38-76 \mu\text{g/m}^3$ , tym wartościom odpowiadają współczynniki wzbogacenia w granicach od  $2,64$  do  $4,28$ . Analiza wyników – tab. 2, wskazuje, że Cu obecna w pyłe zawieszonym w powietrzu może być dobrze kumulowana w migdałku gardłowym. W Katowicach, Chorzowie obecność miedzi w pyłe zawieszonym –  $204 \mu\text{g/g}$ , towarzyszy zawartość Cu w migdałku rzędu  $3,40 \mu\text{g/g}$ . Jest to jedna z wyższych zawartości Cu zarówno w badanej tkance jak i powietrzu. Ustalony współczynnik wzbogacenia migdałka gardłowego miedzią

obecną w powietrzu wyraźnie nawiązuje do stopnia kontaminacji migdałka ołowiem, bowiem najmniejsze współczynniki wzbogacenia dla dzieci z Gliwic, Bytomia były rzędu  $0,2$  do  $0,28$ , natomiast największe dla dzieci z Rybnika, Zagłębia, Częstochowy –  $1,16$ . Współczynnik kumulacji Cu i Pb jest podobny (zatem w migdałkach gardłowych stwierdzono jednakowe zdolności kumulowania obu pierwiastków przez migdałek gardłowy), wskazuje, iż te pierwiastki posiadają wspólne źródło pochodzenia, jakimi są pyły zawieszony w powietrzu, a następnie podlegające wentylowaniu przez układ gardłowo-nosowy. Współczynnik kumulacji Cu i Pb jest podobny rzędu  $10^{-2}$ . Większe znaczenie fizjologiczne Cu w porównaniu do wartości Pb wyrażają wartości współczynników wzbogacenia, odniesione do wtórnego pylenia gleby. Wówczas współczynniki wzbogacenia są rzędu  $10^2$ , współczynniki kumulacji dla tego samego układu rzędu  $10^{-1}$ .

Porównując współczynniki kumulacji w odniesieniu do powietrza i do gleby dla Cu, można uznać, że są one dziesięciokrotnie większe w R9, R1, R3; dwunastokrotnie większe w R8; ośmiokrotnie większy w R4. Z kolei dla porównania współczynników wzbogacenia Pb w wyniku wtórnego pylenia gleby, jest on również około dziesięciokrotnie większy w porównaniu do pyłu zawieszony w powietrzu w R9 i R8; czterokrotnie w R6 i dwunastokrotnie w R2. Porównując dane przedstawione w tabeli 4, 5, z wartościami zamieszczonymi w tabeli 2, 3, można dostrzec, iż proces kumulacji nie występuje w sposób analogiczny równoległe w tych samych rejonach, dostrzeżono liczne odmienne obszarowo skutki zdolności kumulacyjnych lub dyskryminacyjnych wobec Cu i Pb w migdałkach gardłowych.

We wcześniejszych badaniach [19] wykazano duże znaczenie wtórnego pylenia w zanieczyszczeniu przyziemnych warstw powietrza Cu lub Pb poszczególnych obszarów administracyjnych. Współczynnik charakteryzujący znaczenie wtórnego pylenia dla Cu waha się w granicach  $48-60\%$  a dla Pb  $17-39\%$ . W rezultacie incydentalny wzrost Pb w przyziemnej warstwie powietrza na placach zabaw (powierzchnie utwardzone), może wzrosnąć o  $255-278 \mu\text{g}$ , natomiast dodatkowy udział Cu mieści się w granicach  $350-400 \mu\text{g}$ . Brak współczynnika charakteryzującego rolę gleby tłumaczy się, że ostatecznie migdałki gardłowe dzieci podlegają strumieniu powietrza, które jednocześnie zawierają powszechnie występujące pyły zawieszony wraz z dodatkowymi pyłami unoszonymi incydentalnie wiatrem o odpowiedniej prędkości.

Dla wyjaśnienia odrębności obszarowej w kumulowaniu Pb i Cu w migdałkach gardłowych dzieci wykorzystano poniższe równanie podziału:

$$C_{\text{Me}}^+ \text{ w migdałku gardłowym} = K_1 \cdot C_1 + K_2 \cdot C_2$$

$C_{\text{Me}}^+$  – zawartość Cu lub Pb w migdałku gardłowym  $\mu\text{g/g}$ ;

- $C_1$  – zawartość Pb lub Cu w pyłe zawieszonym,  
 $C_2$  – zawartość Pb lub Cu w glebie;  
 $K_1$  – współczynnik charakteryzujący udział danego pierwiastka obecnego w powietrzu;  
 $K_2$  – współczynnik charakteryzujący udział danego pierwiastka obecnego w cząsteczkach glebowych w wierzchniej warstwie.

Wyszczególnione współczynniki ustalono metodą graficzną, gdzie wartości na osi Y (rzędna) odpowiadały ilorazowi zawartości danego pierwiastka w migdałku i glebie, a na osi X (odcięta) odpowiadały wartości ilorazu zawartości pierwiastka w powietrzu i w glebie. Rolę zawartości danego pierwiastka w glebie lub w powietrzu w odniesieniu do zjawiska ich kumulacji w migdałku gardłowym przedstawiono na ryc. 1, 2. Rolę udziału danego źródła Cu lub Pb opisują następujące równania:

$$- C_{\text{migdałka}} \text{ Cu} = 0,032 C_{\text{powietrza}}$$

$$- C_{\text{migdałka}} \text{ Pb} = 0,2 C_{\text{powietrza}}$$

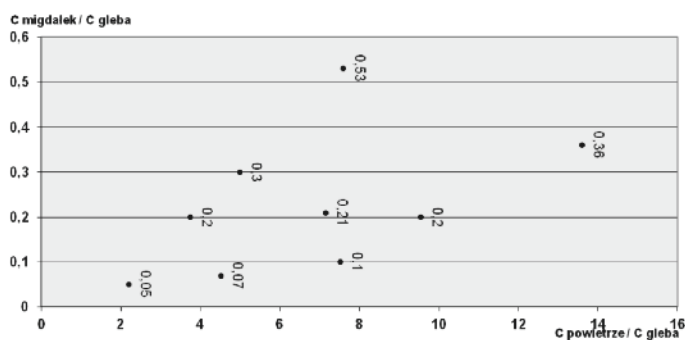
W każdym przypadku dla procesu kumulacji zarówno Cu lub Pb największe znaczenie posiadają pyły zawieszone w powietrzu. Obecne w pyłach związki Cu i Pb w trakcie procesu wentylacji górnych części dróg oddechowych powodują absorpcję związków tych pierwiastków, a w dalszej kolejności ich wnikania w głębsze warstwy tego narządu. Zarówno ten fakt jak i ustalone współczynniki kumulacji i wzbogacenia migdałek gardłowy przekonują o obecności zjawiska kumulacji pierwiastków potencjalnie występujących w pyłach.

## Wnioski

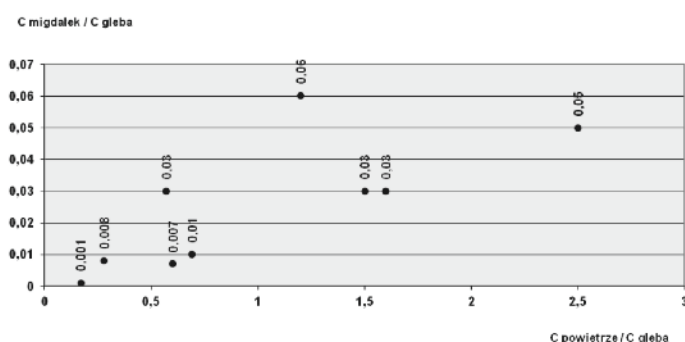
- 1) Głównymi zasobami Pb i Cu w migdałku gardłowym są ich związki obecne w pyłe zawieszonym w powietrzu.
- 2) Ustalone współczynniki wzbogacenia i kumulacji Pb lub Cu dobrze odwzorowują zróżnicowane występowanie tych pierwiastków w przyziemnej warstwie powietrza na badanych obszarach.
- 3) Równanie podziału ( $C_{\text{Me}} + \text{ w migdałku gardłowym} = K_1 \cdot C_1 + K_2 \cdot C_2$ ) można wykorzystać do określenia roli poszczególnych pierwiastków w procesie ich kumulacji przez migdałek gardłowy.

## LITERATURA

- [1] Ostro B., Feng W.Y., Broadwin R., Green S., Lipsett M.: The Effects of Components of Fine Particulate Air Pollution on Mortality in California: Results from CALFINE. *Environ Health Perspect.* 2007; 115(1): 13-19.
- [2] Steinnes E., Hvatum O., Bolviken B., Varskog P.: Atmospheric Supply of Trace Elements Studied by Peat Samples from Ombrotrophic Bogs. *J. Environ. Qual.* 2005; 34: 192-197.
- [3] Jezioro P., Bokwa A.: Klimat miasta; *Environmental Science Published for Everybody Round the Earth*; 03.2005: 37-56.
- [4] Olendrzyński K., Dębski B., Skośkiewicz J., Kargulewicz I., Kluz M., Radwański E., Galiński W., Kozakiewicz J., Mąkosza J., Fudała J., Hławiczka S., Cenowski M.: Inwentaryzacja emisji do powietrza za rok 2003. *Inst. Ochr. Zdrow. Warszawa*, 2003: 15-36.
- [5] Sioutas C., Delfino R.J., Singh M.: Exposure Assessment for Atmospheric Ultrafine Particles (UFPs) and Implications in Epidemiologic Research. *Environ Health Perspect.* 2005; 113(8): 947-955.
- [6] Delfino R.J., Sioutas C., Malik S.: Potential role of ultrafine particles in associations between airborne particle mass and cardiovascular health. *Environ Health Perspect.* 2005; 113(8): 934-946.
- [7] Zanieczyszczenie powietrza, Wojewódzka Stacja Sanitarno Epidemiologiczna, Katowice 2011r.
- [8] Bochenek A., Reicher M.: Anatomia człowieka. PZWL, Warszawa, 1992.
- [9] Hermanowski M., Kosek J.: Mechanizmy obronne układu chłonnego gardła. *Terapia* 2004; 4 (150): 51-54.
- [10] Nogaj E., Kwapuliński J., Misiólek M., Fischer A., Nogaj P., Kowol J., Olender J., Kawalski H.: Rola wieku w kształtowaniu się obecności pierwiastków fizjologicznych w migdałkach gardłowych dzieci w aspekcie biernego palenia; *Przegl. Lek.* 2009; 66, 10: 660-664.
- [11] Nogaj E., Kwapuliński J., Misiólek M., Fischer A., Ahnert B., Nogaj P., Kowol J., Olender J., Kawalski H., Rzepka J.: Wpływ biernego palenia na zawartość pierwiastków fizjologicznych w migdałkach gardłowych w nawiązaniu do płci i miejsca zamieszkania; *Przegl. Lek.* 2009; 66, 10: 665-668.
- [12] Nogaj E., Kwapuliński J., Suflita M., Babula M.: Zawartość wapnia w migdałkach gardłowych dzieci w zależności od płci, miejsca zamieszkania i wpływu biernego palenia tytoniu; *Med. Środ.* 2011; 14, 1: 65-74.
- [13] Nogaj E., Kwapuliński J., Cecherz K., Misiólek M.: Badania nad wyznaczeniem środowiskowych i fizjologicznych zawartości cynku w migdałkach gardłowych; *Med. Środow.* 2010; 13, 1: 65-71.
- [14] Nogaj E., Kwapuliński J., Misiólek M., Ahnert B., Babula M., Suflita M., Nogaj P., Dunat-Iżowska J., Librowska G., Bogunia M., Rzepka J.: Badania nad występowaniem rtęci w migdałkach gardłowych w nawiązaniu do płci, wieku i miejsca zamieszkania (województwa śląskiego). W: *Rtęć w środowisku. Identyfikacja zagrożeń dla zdrowia człowieka*. Red.: Falkowska L.; Fundacja Rozwoju Uniwersytetu Gdańskiego, Gdańsk 2010: 251-256.
- [15] Nogaj E., Kwapuliński J., Misiólek M., Nogaj P., Olender J., Kawalski H.: Aluminium as trace element in pharyngeal tonsils; *Pol. J. Environ. Stud.* 2010; 19, 3: 621-626.
- [16] Nogaj E., Kwapuliński J., Misiólek M., Lisowska G., Rostkowska-Nadolaska B., Bień S., Nogaj P.: Pharyngeal tonsil as new biomarker of pollution on example of barium; *Pol. J. Environ. Stud.* 2011; 20, 1: 167-172.
- [17] Nogaj E., Kwapuliński J., Suflita M., Babula M., Bebek M., Mitko K.: Analiza przydatności współczynnika wzbogacenia i kumulacji Ni i Ba w migdałkach gardłowych dzieci dla potrzeb różnicowania stanu zanieczyszczenia; *Ekologia i Technika* 2011, 19(4): 225-230.
- [18] Cecherz K., Misiólek M., Nogaj E., Kwapuliński J., Namysłowski G., Macioł Z.: Migdałek gardłowy dzieci jako biomarker ekspozycji; *44 Congress Polish Society of otorhinolaryngologists Head and Neck Surgeon*; 9-12. 06. 2010; 138.
- [19] Nogaj E., Kwapuliński J., Suflita M., Babula M., Szilman P., Szprycha M., Bebek M., Mitko K., Bażowska M., Krawczyk Ł., Musielińska R.: Bioindykacja kadmu u dzieci narażonych na wpływ biernego palenia papierosów, za pomocą migdałków gardłowych, w zależności od wieku, płci i miejsca zamieszkania; *J. Ecology and Health* 2011; 15 (3): 142-149.
- [20] Nogaj E., Kwapuliński J., Bażowska M.: The ability to accumulate Pb, Be, Mg, Ca, Sr in tonsils of children in relation to age, gender, place of residence and exposure to ETS; *Contamin. Toxicol.*; in print, 2012.
- [21] Buat-Mendrot P., Chesselet R.: Variable influenced of the atmospheric flux on the trace metal chemistry of oceanic suspended matter. *Earth Planet Sci Lett* 1978; 42: 398-411.
- [22] Kowol J.: Charakterystyka ekotoksykologiczna mniszka pospolitego na wybranych obszarach południowej Polski. *Rozprawa doktorska: Śląska Akademia Medyczna, Katowice* 2001.
- [23] Kowol J., Wiechuła D., Kwapuliński J., Mirosławski J., Otrębska B., Rabsztyń E., Jakubowski J., Karpińska K., Jeziorska R.: Zastosowanie współczynników chemotoksykologicznych w ocenie stopnia kontaminacji roślinieczniczych metalami. *Bromat. Chem. Toksykol. Supl.*: 283-286.



Rys. 1. Udział Cu obecnej w pyłe zawieszonym w przyziemnej warstwie powietrza lub w przypowierzchniowych warstwach gleby, [ $\mu\text{g/g}$ ]



Rys. 2. Udział Pb obecnej w pyłe zawieszonym w przyziemnej warstwie powietrza lub w przypowierzchniowych warstwach gleby, [ $\mu\text{g/g}$ ]

OBSZAR ADMINISTRACYJNY										
Pierwiastki	Iloraz zawartości	R1	R2	R3	R4	R5	R6	R7	R8	R9
Cu	C w powietrzu/C w glebie	9,54	7,15	4,53	7,53	3,75	5	2,2	13,6	7,6
	C w mgdałku C w glebie	0,2	0,21	0,07	0,1	0,2	0,3	0,05	0,36	0,53
Pb	C w powietrzu/C w glebie	0,69	1,5	0,28	0,17	0,57	1,2	0,6	1,6	2,5
	C w mgdałku/ C w glebie	0,01	0,03	0,008	0,001	0,03	0,06	0,007	0,03	0,05

Tab. 6. Udział Cu i Pb obecnej w pyłe zawieszonym w przyziemnej warstwie powietrza lub w przypowierzchniowych warstwach gleby

EDYTA DUDKIEWICZ

Wydział Inżynierii Środowiska, Politechnika Wroclawska  
Instytut Klimatyzacji i Ogrzewnictwa, ul. Norwida 4/6, 50-373 Wrocław

## Wymagania dla instalacji wodociągowej w zakładach przyrodoleczniczych dla dzieci

*Requirements for the water supply system in the institute of natural medicine for children*

### Streszczenie:

W artykule przedstawiono ośrodki leczenia uzdrowiskowego dla dzieci, znajdujące się w 19 miejscowościach uzdrowiskowych w Polsce. W zależności od profilu leczniczego uzdrowiska, najczęściej stosowane metody w lecznictwie uzdrowiskowym dzieci to hydroterapia, balneologia, peloidoterapia oraz klimatoterapia, a także fizykoterapia i fototerapia. W artykule omówiono te metody, opisano zasady korzystania przez dzieci z leczenia uzdrowiskowego. Podano wymagania higieniczno-sanitarne w zakładach lecznictwa uzdrowiskowego, wskazano zależność do obliczania wartości przepływu obliczeniowego wody, która jest miarodajna do doboru średnic przewodów i urządzeń w instalacji wodociągowej w zakładzie przyrodoleczniczym.

### Abstract:

This article presents the treatment centers for children situated in nineteen spas in Poland. Depending on the medical profile of a particular spa, the most frequently used methods in the treatment of children are: hydrotherapy, balneology, mud therapy and climate therapy, as well as physical therapy and phototherapy. The article discusses these methods and describes the principles of spa treatment for children. The water flow rate was provided to determine the pipe diameter and the selection of plumbing equipment for the water supply system of natural medicine institutes.

**Słowa kluczowe:** uzdrowisko, metody leczenia uzdrowiskowego, przepływ obliczeniowy wody

**Keywords:** SPA, SPA treatments, calculation of water flow