

Warszawa, 17.11.2021 r.

mgr inż. **Wojciech Korcz**
Zakład Toksykologii i Oceny Ryzyka Zdrowotnego
Narodowy Instytut Zdrowia Publicznego PZH –
Państwowy Instytut Badawczy

Rozprawa na stopień doktora nauk medycznych w dyscyplinie - biologia medyczna
Promotor: dr hab. **Paweł Struciński**, prof. NIZP PZH-PIB
Promotor pomocniczy: dr **Katarzyna Czaja**

Tytuł rozprawy: **Ocena ryzyka zdrowotnego związanego z narażeniem na polibromowane difenyloetery obecne w kurzu**

STRESZCZENIE

Wprowadzenie:

Polibromowane difenyloetery (PBDE) należą do grupy syntetycznych bromowanych związków opóźniających zapłon. Dodawane były do wielu produktów konsumenckich takich jak tekstylia (np. dywany, wykładziny, tkaniny dekoracyjne i obiciowe), pianki stosowane jako wypełnienie mebli, urządzenia elektroniczne i podzespoły samochodowe. Związki te są emitowane do atmosfery w wyniku ich bezpośredniego uwalniania z produktów, do których zostały zastosowane, spalania sprzętów i mebli, jak i ze źródeł przemysłowych oraz składowisk odpadów. Ze względu na właściwości fizykochemiczne charakteryzują się one dużą trwałością w środowisku, zdolnością do biokoncentracji w tkankach zwierząt i ludzi i biomagnifikacji w łańcuchach pokarmowych. Związki te mogą być transportowane w powietrzu na duże odległości w postaci zaadsorbowanej na powierzchni ciała stałego (pyły zawieszone w fazie gazowej powietrza) i następnie ulegać depozycji w glebie czy w kurzu. Efektem wieloletniego stosowania PBDE w tak szerokim zakresie jest ich powszechna obecność w środowisku, co ze względu na ich właściwości toksykologiczne może stanowić potencjalne zagrożenie dla zdrowia człowieka. Związki te m.in. zaburzają równowagę hormonalną ssaków oraz wykazują działanie neurotoksyczne. Mogą powodować zaburzenia reprodukcji u kręgowców. W badaniach na zwierzętach wywoływały uszkodzenia w różnych narządach związane ze stresem oksydacyjnym. Podstawowymi źródłami narażenia ludzi na PBDE jest żywność (głównie pochodzenia zwierzęcego), a także z kurzu pobierany drogą pokarmową.

Cel pracy:

Celem pracy było oszacowanie wielkości narażenia człowieka na wybrane polibromowane difenyloetery na podstawie ich zawartości w kurzu i scharakteryzowanie związanego z tym ryzyka dla zdrowia.

Materiał i metody

W badaniach wykorzystano 129 próbek kurzu domowego. Każdej zebranej próbce kurzu domowego towarzyszyła ankieta zawierająca informacje dotyczące mieszkań, z których pozyskano próbki kurzu. Ponadto, zbadano 31 próbek kurzu z samochodów, 17 próbek kurzu z pomieszczeń biurowych i 14 próbek kurzu z samolotów. Oznaczano w nich stężenia wybranych kongenerów BDE-47, BDE-99, BDE-153 i BDE-209. Próbki analizowano techniką chromatografii gazowej z detekcją wychwytu elektronów (GC- μ ECD) oraz chromatografii gazowej sprzężonej z detekcją mas (GC-MS). W analizie statystycznej badanych zależności między stężeniami PBDE w kurzu domowym a zmiennymi, które zostały wyznaczone z pozyskanych danych ankietowych wykorzystano takie testy jak rangowy współczynnik korelacji Spearmana, testy Manna-Whitneya i Kruskala-Wallisa. Jako poziom istotności statystycznej przyjęto $p < 0,05$. Wszystkie testy statystyczne wykonano za pomocą programu SPSS wersja 22.0. Wielkość narażenia wybranych grup wiekowych tj. niemowląt, małych dzieci i dorosłych na wybrane polibromowane difenyletery pobrane wraz z kurzem drogą pokarmową szacowano wykorzystując metodykę Agencji ds. Rejestru Substancji Toksycznych i Chorób Stanów Zjednoczonych (ATSDR). W celu scharakteryzowania ryzyka zdrowotnego obliczono ilorazy zagrożenia poprzez porównanie oszacowanego narażenia z dawkami referencyjnymi (RfD) ustalonymi przez Agencję Ochrony Środowiska Stanów Zjednoczonych (US EPA).

Wyniki

Uzyskane w niniejszych badaniach stężenia PBDE charakteryzowały się bardzo dużymi rozstępami (zwłaszcza dla BDE-209) niezależnie od pochodzenia próbek kurzu. Potwierdzono znaczną dominację poziomów BDE-209 względem innych PBDE w przeważającej większości próbek kurzu. Najwyższe poziomy BDE-209 stwierdzono w kurzu samolotowym ($p = 0,0001$). Zaobserwowano niewielkie pozytywne zależności między stężeniami BDE-47 w kurzu domowym a czasem pracy komputerów i powierzchnią mieszkalną. Stwierdzono wyższe poziomy stężenia BDE-99 w kurzu pochodzącym z mieszkań, w których nie wymieniano w ciągu 2 lat podłóg ($p = 0,0003$) w porównaniu do mieszkań, w których wymieniono podłogi.

Oszacowane wartości średniego i ponadprzeciętnego (dla 95. percentyla wyników) narażenia badanych populacji wiekowych (niemowlęta, małe dzieci i dorośli) dla poszczególnych kongenerów PBDE pobieranych wraz kurzem wahały się od $0,001 \text{ ng kg}^{-1} \text{ m.c. dzień}^{-1}$ do $1219,4 \text{ ng kg}^{-1} \text{ m.c. dzień}^{-1}$. W większości przypadków obliczone wartości ilorazów zagrożenia były ponad dwa rzędy wielkości niższe niż 1 wskazując na brak zagrożenia dla zdrowia. Oszacowano również narażenie niemowląt i małych dzieci z uwzględnieniem najwyższych

stwierdzonych w pracy stężeń PBDE oraz scharakteryzowano wynikające z tego ryzyko zdrowotne. Największe wartości ilorazów zagrożenia uzyskano dla BDE-209 i wynosiły one od 0,13 do 0,96.

Wnioski

1. Nie stwierdzono zagrożenia dla zdrowia ludzi wynikającego z pobrania badanych kongenerów PBDE wraz z kurzem drogą pokarmową, choć dla największego poziomu BDE-209 iloraz zagrożenia dla niemowląt był nieznacznie niższy od wartości granicznej równej 1.
2. Poziomy wybranych PBDE w próbkach kurzu charakteryzują się bardzo dużą dyspersją co jest wynikiem m.in. zróżnicowanego wyposażenia oraz różnych zastosowanych materiałów budowlanych i dekoracyjnych w miejscu pobierania próbek.
3. Wyposażenie elektroniczne, zwłaszcza starsze, może być jednym z głównych źródeł PBDE w kurzu.
4. Ze względu na fakt, że dekabromodifenyloeter (BDE-209) jest dominującym ilościowo i powszechnie występującym kongenerem PBDE w próbkach kurzu pochodzącego z mieszkań, biur, samochodów i samolotów, może on być wykorzystywany jako związek wskaźnikowy zanieczyszczenia kurzu polibromowanymi difenyloeterami.
5. Stwierdzone poziomy BDE-209 w kurzu z samolotów są dużo wyższe niż w próbkach kurzu z innych źródeł. Z tego względu celowe byłoby monitorowanie jego stężeń w kurzu z samolotów w celu określenia potencjalnego zagrożenia dla zdrowia personelu latającego i obsługi technicznej samolotów.
6. Uwzględniając fakt, że największy udział w pobraniu PBDE mają żywność i kurz, celowe byłoby oszacowanie łącznego narażenia na te związki pobierane z ww. źródeł, szczególnie w przypadku niemowląt i małych dzieci.
7. Istnieje potrzeba kontynuacji prac związanych z szacowaniem narażenia na polibromowane difenyloetery pobierane z kurzem w celu potwierdzenia wpływu wprowadzonych na terytorium Unii Europejskiej ustawowych ograniczeń stosowania PBDE.