

Stanovení zpomalovačů hoření ve vzorku prachu

Teoretický úvod

Vnitřní prostředí

Vnitřním prostředím nazýváme místa v uzavřených prostorách jako jsou například naše domy, kanceláře, školy, veřejné prostory nebo dopravní prostředky. Vzhledem k faktu, že v naší moderní společnosti trávíme nad 90 % času v těchto prostorách,¹ je vnitřní prostředí stěžejní pro lidské zdraví.

Kolik času trávíte ve vnitřním prostředí? Pozorujete rozdíly mezi pracovním a víkendovým dnem nebo létem a zimou?

Prach

Ve vnitřním prostředí můžeme vzorkovat vzduch, samotné materiály, anebo usazený prach. Prach je všudypřítomná matrice, která obsahuje heterogenní směs částic složených například z vláken, usazených částic z ovzduší, vlasů, popela, hlíny, drobků nebo bakterií, pylu či plísně.² Zároveň obsahuje směs chemikálií (semivolatilní a netěkavé) reflektujících složení okolního prostředí. Kvůli tomu má prach významný podíl na expozici. Tato expozice je ovlivněna jak lidským chováním ve vnitřním prostředí, tak obsahem chemikálií v prachu. Pro některé látky (např. zpomalovače hoření) je prach hlavní matricí pro lidskou expozici.³ Velká výhoda prachu je, že je snadno získatelný. Díky výše zmíněným vlastnostem je prach důležitý pro posuzování expozice a je hodnotnou matricí pro zkoumání vnitřního prostředí.⁴

Kolik jste za svůj život snědli prachu? Průměrně dítě do jednoho roku sní 30 mg/den, dítě ve věku jednoho až šesti let 60 mg/den a od šesti let je pak průměrné množství snědeného prachu 30 mg/den.

Možnosti vzorkování

Prach je možné vzorkovat dvěma různými metodami: (1) stěry – Obr. 1a; a (2) vysávání – Obr. 1b.²

Stěry mohou být jak suché, tak mokré, například použitím isopropylalkoholu. K samotnému stěru bývají používány jak předčistěné ubrousky, tak speciální zařízení, která mohou regulovat tlak na povrch stíraného materiálu.² Metody stěru se používají především pro hladké povrchy nábytku, elektrospotřebičů nebo oken.

V závislosti na druhu informace, kterou chceme získat, lze zvolit různé přístupy vzorkování vysáváním. Můžeme analyzovat prach z celého sáčku vysavače, nebo vysát vysavačem samostatně do sáčku plochu celého bytu, případně se můžeme zaměřit na vysávání jednotlivých částí prostoru. K tomu se pak používají např. nylonové ponožky, které se vloží do hlavice vysavače a prach se v nich zachytí. Další možností je použití speciální hlavice s mřížkou pro filtr, na kterém se zachytí vzorkovaný prach. Tato metoda se používá především pro podlahy, koberce a čalouněný nábytek.

Jaké vidíte limity dvou uvedených vzorkovacích metod? V jakých jednotkách byste prezentovali získané výsledky?

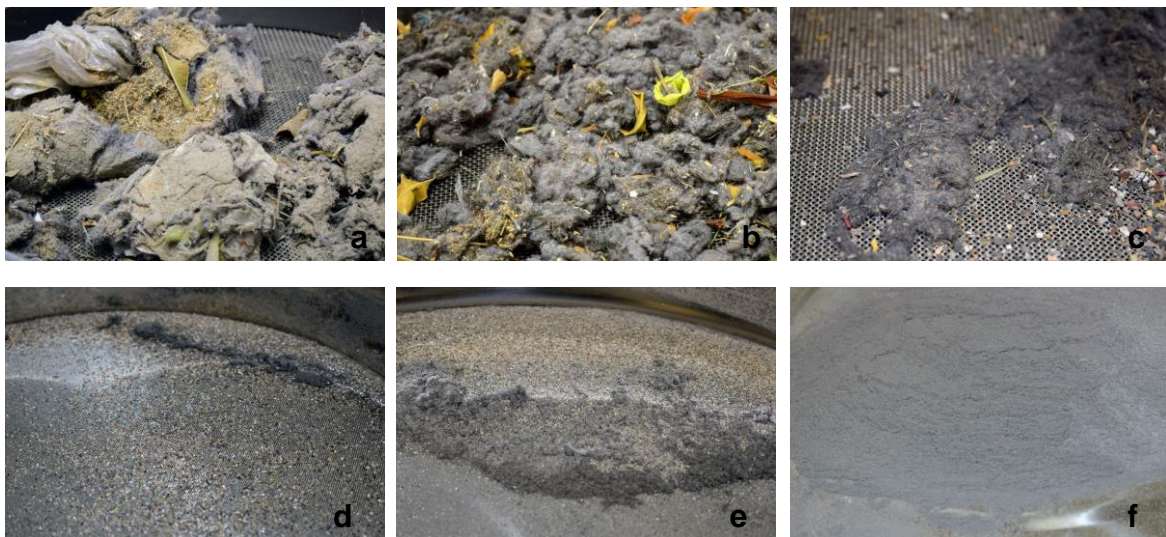
Stěry mohou být jak suché, tak mokré. Předpokládáte nějaký rozdíl ve výsledcích v závislosti na použití metody? Pokud ano, jaký?



Obr. 1: a – vlhký stěr hladkého povrchu TV, b – nástavec na domácí vysavač pro vzorkování prachu, který je zadržen na křemenném filtru.

Homogenizace prachu

Jak již bylo zmíněno, prach je tvořen z usazených heterogenních částic. Pro lepší reprodukovatelnost a spojitost s expozicí se prach prosívá a rozděluje do frakcí podle velikosti částic., Zatím však není definovaná doporučená velikost částic pro jednotné vzorkování. Na Obr. 2 můžete vidět frakce od velikosti částic >2 mm po $<0,25$ mm.



Obr. 2: Prach ze sáčku z vysavače a) před prosíváním, podle velikosti částic b) >2 mm, c) $2 \text{ mm} > x > 1 \text{ mm}$, d) $1 \text{ mm} > x > 0,5 \text{ mm}$, e) $0,5 \text{ mm} > x > 0,25 \text{ mm}$ a f) $0,25 \text{ mm} > x$.⁵

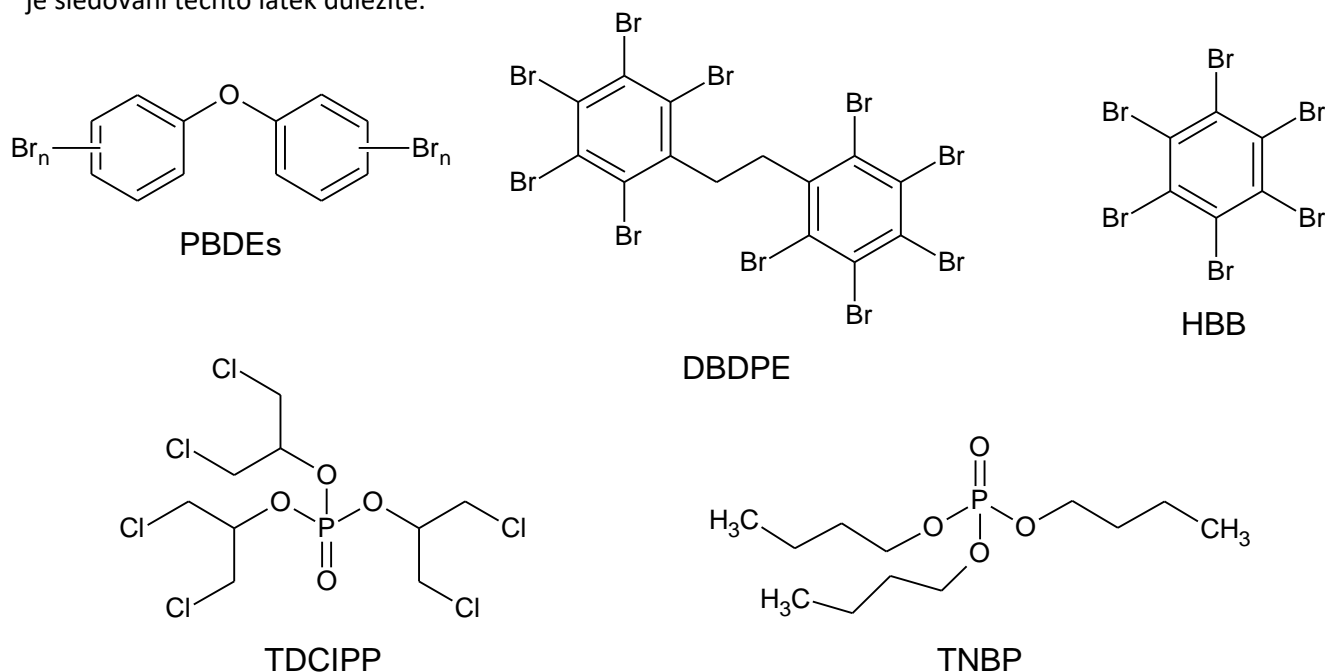
Která frakce je podle vás nejvíce relevantní, co se týče expozice?

Myslíte si, že je problém, že není ustanovena jednotná velikost pro analýzu prachu? Proč? Jakou velikost byste zvolili vy?

Zpomalovače hoření

Jednou z mnoha skupin chemikálií, které detekujeme v prachu, jsou zpomalovače hoření.⁴ Zpomalovače hoření jsou používány v mnoha hořlavých materiálech (např. elektronika, plasty nebo textil) k omezení jejich hořlavosti a k prodloužení času na útěk.⁶ Zpomalovače hoření jsou nesourodou skupinou látek a mohou být jak anorganické, tak organické. Organické zpomalovače

hoření dělíme do dvou skupin, které se liší jak fyzikálně-chemickými vlastnostmi, tak použitím v jednotlivých materiálech. První skupinou jsou halogenované zpomalovače hoření⁷ (např. polybromované difenylethery (PBDE) nebo hexabromobenzen) a druhou skupinou jsou polárnější organofosfátové estery,⁸ které jsou používány i jako změkčovadla (př. zástupců na Obr. 3). Kvůli všudypřítomnosti zpomalovačů hoření v různorodých prostředích a evidencím o jejich možné toxicitě je sledování těchto látek důležité.



Obr. 3: Vybraní zástupci zpomalovačů hoření: obecný vzorec polybromovaných difenyletherů (PBDEs), dva zástupci nových zpomalovačů hoření (DBDPE a HBB) a dva zástupci organofosfátových estrů s chlorem (TDCIPP) a bez chloru (TNBP).

Jakým způsobem mohou být zpomalovače hoření toxické?

Otázky po absolvovaném praktiku:

Popište mechanismus, jakým PBDE zpomalují hoření.

Které organické zpomalovače hoření jsou polárnější? Bude to mít vliv na volbu přípravy vzorku k analýze?

Během cvičení byla několikrát zmíněna rovnováha. Při kterých částech přípravy vzorku jsme využívali ustanovování rovnováhy?

Reference:

- (1) Schweizer, C.; Edwards, R. D.; Bayer-Oglesby, L.; Gauderman, W. J.; Ilacqua, V.; Jantunen, M. J.; Lai, H. K.; Nieuwenhuijsen, M. J.; Kunzli, N. Indoor Time-Microenvironment-Activity Patterns in Seven Regions of Europe. *J. Expo. Sci. Environ. Epidemiol.* **2007**, *17* (2), 170–181.
- (2) Liou, P. J.; Freeman, N. C. G.; Millette, J. R. Dust: A Metric for Use in Residential and Building Exposure Assessment and Source Characterization. *Environ. Health Perspect.* **2002**, *110* (10), 969–983. <https://doi.org/10.1289/ehp.02110969>.
- (3) Jones-Otazo, H. a.; Clarke, J. P.; Diamond, M. L.; Archbold, J. a.; Ferguson, G.; Harner, T.; Richardson, G. M.; Ryan, J. J.; Wilford, B. Is House Dust the Missing Exposure Pathway for PBDEs? An Analysis of the Urban Fate and Human Exposure to PBDEs. *Environ. Sci. Technol.*

- 2005**, 39 (14), 5121–5130. <https://doi.org/10.1021/es048267b>.
- (4) Melymuk, L.; Demirtepe, H.; Jílková, S. R. Indoor Dust and Associated Chemical Exposures. *Curr. Opin. Environ. Sci. Heal.* **2020**, 15, 1–6. <https://doi.org/10.1016/j.coesh.2020.01.005>.
- (5) Jílková, S. R. Endocrine Disrupting Chemicals, Masaryk UNiversity, 2019.
- (6) De Wit, C. A. An Overview of Brominated Flame Retardants in the Environment. *Chemosphere* **2002**, 46 (5), 583–624. [https://doi.org/10.1016/S0045-6535\(01\)00225-9](https://doi.org/10.1016/S0045-6535(01)00225-9).
- (7) de Wit, C. A. *An Overview of Brominated Flame Retardants in the Environment*; 2002; Vol. 46. [https://doi.org/10.1016/S0045-6535\(01\)00225-9](https://doi.org/10.1016/S0045-6535(01)00225-9).
- (8) van der Veen, I.; de Boer, J. Phosphorus Flame Retardants: Properties, Production, Environmental Occurrence, Toxicity and Analysis. *Chemosphere* **2012**, 88 (10), 1119–1153. <https://doi.org/10.1016/j.chemosphere.2012.03.067>.

Stanovení organofosfátových esterů ve vzorku prachu

I. Extrakce v methanolu

Pomůcky:

- vzorek prachu
- extrakční nádobka (vialka nebo kádinka)
- vialky EPA 20 ml
- jednorázové skleněné Pasteurovy pipety
- předvážky

Chemikálie:

- izotopicky značené extrakční standardy OPEs
- methanol

Postup práce:

- navažte přibližně 100 mg prachu do vialky
- ke vzorku ve vialce přidejte izotopicky značené extrakční standardy OPEs
- extrakci provedte třikrát:
 - o do vialky přidejte 3 ml methanolu
 - o extrahujte v ultrazvukové lázni 20 min
 - o 10 minut nechte usadit
 - o převedte extrakt do nové vialky
- výsledek: 9 ml extraktu ve vialce



Obr. 6: Extrakce v ultrazvukové lázni

II. Čištění

Pomůcky:

- injekční stříkačky 2ml
- stříkačkové nylonové filtry (0,45 μm)

- mini-vialky (2 ml)
- jednorázové skleněné Pasteurovy pipety
- předvážky

Chemikálie:

- methanol
- Mili-Q voda

Postup práce:

- extrakt zakonzentrujte pod proudem dusíku a při ohřevu na teplotu 35 °C na přibližně 1 ml
- extrakt přefiltrujte přes stříkačkový nylonový filtr
- filtrát zakonzentrujte pod proudem dusíku na méně než 0,5 ml
- přidejte methanol tak, abyste měli přesně 0,5 ml vzorku
- přidejte 0,5 ml Mili-Q vody



Obr. 7: Filtrace extraktu přes stříkačkový nylonový filtr

III. Stanovení analytů pomocí LC-MS

Stanovení OPEs bude provedeno pomocí LC-MS.