



národní  
úložiště  
šedé  
literatury

### **Prach v knihovně**

Mašková, Ludmila  
2013

Dostupný z <http://www.nusl.cz/ntk/nusl-170644>

Dílo je chráněno podle autorského zákona č. 121/2000 Sb.

Tento dokument byl stažen z Národního úložiště šedé literatury (NUŠL).

Datum stažení: 19.05.2024

Další dokumenty můžete najít prostřednictvím vyhledávacího rozhraní [nusl.cz](http://nusl.cz) .

# PRACH V KNIHOVNĚ

Ludmila Mašková<sup>1,2</sup> • Jiří Smolík<sup>1</sup>

(maskova@icpf.cas.cz)

<sup>1</sup>Ústav chemických procesů AV ČR, v. v. i., <sup>2</sup> Přírodovědecká fakulta, Univerzita Karlova v Praze

Znečištění vnitřního prostředí knihoven a archivů představuje závažné riziko pro zde uložené předměty. Vedle plynných nečistot ke zhoršené kvalitě ovzduší vzájemně přispívá také prach. Jeho škodlivé účinky na archivní materiály jsou studovány v daleko menší míře než vliv plynných polutantů. Prachové částice mají široké spektrum velikostí a variabilní složení. Tyto vlastnosti pak určují jejich transport k povrchu a také případné škodlivé účinky. Prach nezpůsobuje jen znečištění, ale velké částice mohou abrazí mechanicky poškozovat povrchy a jemné částice pak mohou být kyselé nebo alkalické povahy a bývají též hygroroskopické. Mohou pronikat mezi stránky knih a vedle chemické degradace způsobovat i navlhání. Studium prachových částic ve vnitřním prostředí knihoven a archivů se zabývá projekt, jehož cílem je vytvořit metodiku hodnocení vlivu kvality ovzduší na archivní fondy za účelem snížení škod, které jsou způsobeny nepříznivými vlivy prostředí.

**DUST IN LIBRARIES** Indoor air pollution in libraries and archives represents a serious risk for materials stored there. Next to gaseous pollutants, dust significantly contributes to the deterioration of air quality. Adverse effects of most of gaseous pollutants are well described but less is known about dust. Dust particles have a wide range of sizes and a variable composition. These characteristics determine their transport to the surfaces and also possible harmful effects. Dust particles not only cause fouling but coarse particles can damage surfaces by abrasion. Fine particles of acidic or alkaline character may penetrate into the books where they may cause chemical degradation or moistening due to their hygroscopic properties. Dust particles in the indoor environment of libraries and archives are studied in a project which aims to develop methods for evaluation of the impact of the indoor air quality on archives, resulting in reduction of damage caused by adverse effects of environment.

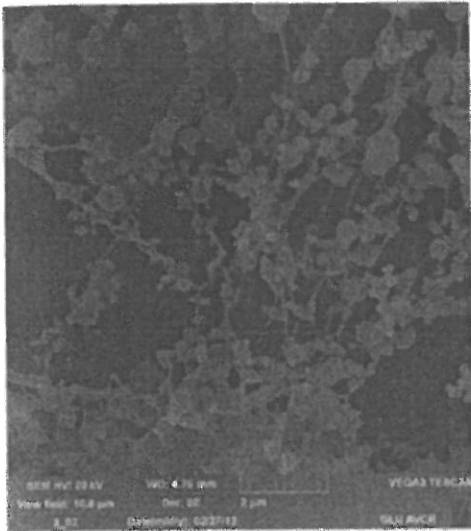
## ÚVOD

V souvislosti s ochranou písemných památek, uložených v knihovnách, archívech a depozitářích, se zpravidla zajímáme o podmínky „trvalého uložení“. Ty úzce souvisejí s přítomností a úrovní jednotlivých znečišťujících látek v daném prostředí a jejich vlivu na degradaci dokumentů. Významnými degradačními faktory jsou vedle teploty, vlhkosti a světla také plynné nečistoty a prach [Straka, 2002]. Zatímco škodlivé vlivy teploty, vlhkosti, světla a většiny běžných plynných nečistot jsou známy [Straka, 2002; Hatchfield, 2005; Camuffo a kol., 2010], naše znalost škodlivých účinků prachových částic je poměrně omezená. Může to být i velkou variabilitou jejich velikostí a složení, danou zejména tím, že částice pocházejí z různých zdrojů znečištění. To pak určuje jejich transport k povrchu a také případný vliv na degradaci.

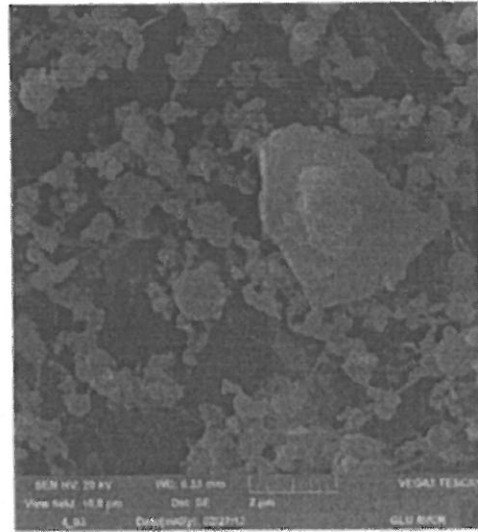
## PRACHOVÉ ČÁSTICE

Převážnou část prachových částic uvnitř budov tvoří atmosférické částice pronikající obálkou budovy z vnějšího ovzduší [např. Cachier a kol., 2004]. Hrubé frakce (> 1 µm) těchto částic pocházejí ze zvířeného prachu a obsahují zejména prvky zemské kůry (Al, Si, Fe, Ti, Ca, Mg) a dále emise z dopravy (Cu, Zn, Fe). Částice o velikosti 100 nm – 1 µm obsahují zejména sekundární atmosférické částice (síran a dusičnan amonný, organické látky) a saze. Částice o velikosti < 100 nm pak saze a organické sloučeniny pocházející převážně ze vznětových motorů a domácího topení. Submikronové částice bývají také obohaceny řadou stopových prvků pocházejících ze spalování fosilních paliv. Další částice pak mohou vznikat přímo ve vnitřním prostředí. Takovými zdroji jsou zejména návštěvníci, manipulace s knihami, úklid, emise z kancelářské techniky (tiskárny, kopírky) a stavebních úprav. Variabilita prachových částic je patrná z Obr. 1a,b, které ukazují částice PM1 a PM10 (částice s aerodynamickým průměrem < 1 µm, resp. < 10 µm), odebrané na teflonové filtry ve vnitřním ovzduší Státního archivu v Třeboni. Kulový tvar submikronových částic (Obr. 1a) ukazuje, že většina těchto částic pochází ze spalování (emise z motorů, případně z domácích topenišť). Velká nepravidelná částice (Obr. 1b) ukazuje na přítomnost resuspendovaného prachu.

Vlastnosti částic určují i jejich případné škodlivé účinky. Velké minerální částice mohou abrazí přispívat k mechanickému poškození dokumentů, částice emitované ze stavebních úprav a degradace povrchů staveb jsou alkalické, sekundární anorganické a organické částice jsou hygroroskopické a mohou být kyselé povahy, saze přispívají jednak ke znečištění povrchů, ale také adsorbují např. plynnou kyselinu sírovou a dusičnou [Hatchfield, 2005] nebo těžké organické látky [Goss a kol., 1997].



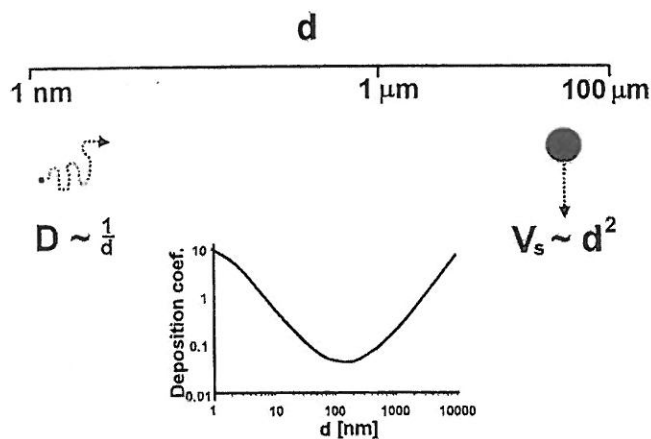
Obr. 1a Částice PM1 odebrané v archivu v Třeboni



Obr. 1b Částice PM10 odebrané v archivu v Třeboni

### DEPOZICE ČÁSTIC

Prach proniká z vnějšího ovzduší ve formě aerosolu o velikosti částic v rozsahu cca 10 nm – 10 µm, pohybuje se uvnitř vzduchem, spolu s částicemi emitovanými z vnitřních zdrojů, vlivem volné konvekce a je následně deponován na vnitřní povrchy kombinací sedimentace a difúze [Nazaroff a kol., 1993]. Podíl sedimentace a difúzní depozice závisí na velikosti částí a je schematicky ukázán na Obr. 2.



Obr. 2 Schematické zobrazení mechanismu depozice prachových částic

Částice o průměru  $d > 1 \mu\text{m}$  ve vzduchu vlivem gravitace sedimentují a jsou tak prakticky deponovány pouze na horizontální povrchy směřované nahoru. Částice  $< 100 \text{ nm}$  se ve vzduchu pohybují difúzí, která probíhá ve všech směrech. Mohou tak být deponovány na všechny přístupné vnitřní povrchy. Protože rychlost sedimentace  $v_s \sim d^2$ , deponují se větší částice rychleji. Protože naopak rychlost difúze roste s klesající velikostí částic, deponují se nejrychleji nanočástice. Z Obr. 2 je vidět, že vzhledem k malé difúzi a malé sedimentaci se nejmenej deponují částice v rozsahu velikostí 100 nm – 1 µm. Tyto částice mají také nejdelší zdržnou dobu a nejnárodněji pronikají obálkou budovy z vnějšího ovzduší.

### VZTAH MEZI KONCENTRACEMI ČÁSTIC VE VNITŘNÍM A VNĚJŠÍM PROSTŘEDÍ

Pokud nejsou ve vnitřním prostředí zdroje částic, můžeme popsat poměr mezi vnitřními a vnějšími koncentracemi částic jednoduchým vztahem:

$$\frac{C_{in}}{C_{out}} = \frac{\lambda P}{\lambda + \beta}$$

kde  $C_{in}$  a  $C_{out}$  jsou koncentrace částic ve vnitřním a vnějším prostředí,  $P$  je penetrační faktor, zahrnující podíl částic pronikajících dovnitř z vnějšího ovzduší ( $0 \leq P \leq 1$ ),  $\lambda$  je rychlost výměny vzduchu a  $\beta$  je deponiční rychlost. Jak bylo uvedeno v předchozí části, nejmenej se deponují a nejnárodněji pronikají z vnějšího ovzduší částice o velikosti 100 nm – 1 µm. Tyto částice proto tvoří podstatnou část suspendovaných částic ve vnitřním ovzduší knihoven, archivů a deponitářů.

### STUDIUM CHOVÁNÍ PRACHOVÝCH ČÁSTIC VE VNITŘNÍM PROSTŘEDÍ ARCHIVŮ A KNIHOVEN

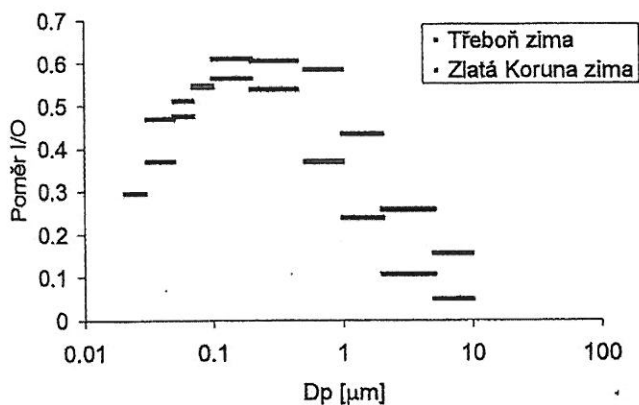
Složení prachových částic ve vnitřním prostředí knihoven a archivů, zjišťování zdrojů těchto částic, jejich depozice na povrch uložených dokumentů, možné degradační účinky a vhodné typy čištění pro jednotlivé materiály a typy prachových částic jsou sledovány v rámci projektu NAKI „Metodika hodnocení vlivu kvality ovzduší na knihovní a archivní fondy“. Projekt navazuje na předchozí projekty „Detailní charakterizace aerosolových částic ve vnitřním prostředí Barokního knihovního sálu Národní knihovny“ a „Environmental monitoring and evaluation of tolerability of indoor environment in the the Baroque Library Hall of the National Library“, podporované granty Ministerstva školství, mládeže a tělovýchovy ČR a Norských fondů.

Cílem projektu je vytvořit metodiku hodnocení vlivu kvality ovzduší na archivní fondy za účelem snížení škod, které jsou způsobeny nepříznivými vlivy prostředí. Tento projekt zahrnuje monitoring plynných polutantů a částic ve vnitřním a vnějším prostředí ve čtyřech vybraných lokalitách, kterými jsou deponitář Jihočeské vědecké knihovny na Zlaté Koruně, Státní oblastní archiv Třeboň, knihovna Regionálního muzea v Teplicích a Národní archiv v Praze. Tyto lokality reprezentují rozdílná venkovní prostředí: malá obec, malé město s turistickou sezónou, průmyslovou oblast a velké město s dopravním zatížením.

V roce 2012 probíhalo měření na Zlaté Koruně a v Třeboni, v roce 2013 probíhá v Teplíčkách a v Praze. Ve vybraných knihovnách a depozitářích je dále studována i rychlost výměny vzduchu mezi vnitřním a vnějším prostředím při různých podmínkách a transport polutantů ve vnitřním prostředí. Na základě těchto výsledků budou vypracována opatření a doporučení ke snížení negativních vlivů venkovního prostředí na archivní materiály.

V Třeboni a ve Zlaté Koruně proběhly čtyři intenzivní měřicí kampaně v různých ročních obdobích, v kterých byly sledovány vnitřní a vnější početní koncentrace a velikostní distribuce aerosolových částic v rozsahu velikostí 20 nm – 20 μm a odebrány velikostně rozlišené vzorky částic v rozsahu velikostí 25 nm – 10 μm pro následnou analýzu. Odebrané vzorky byly poté analyzovány gravimetricky (hmotnostní koncentrace), iontovou chromatografií (vodorozpustné ionty), metodou PIXE (prvky) a termo-optickou analýzou (elementární a organický uhlík). Ve vnějším a vnitřním ovzduší byly dále sledovány měsíční koncentrace plynných polutantů ( $\text{SO}_2$ ,  $\text{NO}_2$ ,  $\text{O}_3$ ,  $\text{NH}_3$ ,  $\text{HNO}_3$ , kyseliny octové a mravenčí).

Z výsledků měření v Třeboni a ve Zlaté Koruně vyplývá, že ani v jednom z archivů se ve vnitřním prostředí nenachází významnější zdroj prachových částic. Koncentrace částic ve vnitřním ovzduší tak byly určovány především penetrací z vnějšího ovzduší. Poměr průměrných vnitřních a vnějších koncentrací částic, změřených v obou lokalitách, je uveden na Obr. 3. Z obrázku je patrné, že v Třeboni přispívá vnější ovzduší výrazněji ke znečištění uvnitř archivu, ve srovnání s depozitářem ve Zlaté Koruně. To je dáno zřejmě stavební dispozicí (jednoduchá okna s mezerami v Třeboni, dvojitá okna v depozitáři ve Zlaté Koruně), vedoucí k vyšší rychlosti výměny vzduchu (v Třeboni průměrně třikrát vyšší než ve Zlaté Koruně). Z obrázku je dále patrné, že nejnadhěji z vnějšího do vnitřního prostředí pronikaly částice o velikosti 100 nm – 1 μm.



Obr. 3 Poměr průměrných vnitřních a vnějších početních koncentrací částic v závislosti na velikosti částice v Třeboni a ve Zlaté Koruně

Z výsledků iontové chromatografie bylo dále zjištěno, že hlavními vodorozpustnými anorganickými složkami submikronových frakcí částic byly síran a dusičnan amonný, s koncentracemi dusičnanu blízkým nulovým hodnotám, což lze vysvětlit rozkladem dusičnanu amonného na amoniak a kyselinu dusičnou, která se následně deponovala na vnitřních površích. Tyto výsledky byly potvrzeny i velmi nízkými koncentracemi plynné kyseliny dusičné a naopak zvýšenými koncentracemi amoniaku ve vnitřním ovzduší. Obdobná situace byla pozorována i v předešlé studii v Národní knihovně v Praze [Andělová a kol., 2010; López-Aparicio a kol., 2011]. V jednotlivých studiích byla sledována i depozice prachových částic na různé orientované povrchy. Výsledky ukázaly, že submikronové částice mohou pronikat dířůz i mezi stránky knih [Smolík a kol., 2013].

## POZNÁMKA

Submikronové částice: Částice o průměru menším než 1 μm  
Resuspenze částic: Návrat částic usazených na povrchu zpět do proudu vzduchu

## PODĚKOVÁNÍ

Projekt je podporován grantem Ministerstva kultury v programu NAKI, č. DF11P01OVV020.

## LITERATURA

- Andělová, L. – Smolík, J. – Ondráčková, L. – Ondráček, J. – López-Aparicio, S. – Grøntoft, T. – Stankiewicz, J.: Characterization of Airborne Particles in the Baroque Hall of the National Library in Prague. In: *e-Preservation Science*, 2010, Vol. 7, s. 141–146.
- Cachier, H. – Sarda-Estève, R. – Oikonomou K. – Sciare, J. – Lefèvre, R.-A. – Ausset P. – Chabas, A. – Favez, O.: Atmospheric particles inside and outside Saint-Urban Basilica (Troyes, France): a task in the VIDRIO EC-Project. In: *Air Pollution and Cultural Heritage*, C. Saiz-Jimenes (Editor), Leiden : A. A. Balkema Publishers, 2004.
- Camuffo, D. – Fassina, V. – Havermans, J. – (Editors): *Basic Environmental Mechanisms affecting Cultural Heritage. Understanding deterioration mechanisms for conservation purposes. COST Action D42: Chemical Interactions between Cultural Artefacts and Indoor Environment (EnviArt)*, Firenze: Nardini Editore, 2010.
- Goss, K.-U. – Eisenreich, S.: Sorption of volatile organic compounds to particles from a combustion source at different temperatures and relative humidities. In: *Atmos. Environ.*, 1997, Vol. 31(17), s. 2827–2834.
- Hatchfield, P.A.: *Pollutants in the Museum Environment*. London: Archetype Publications Ltd., 2005.
- López-Aparicio, S. – Smolík, J. – Mašková, L. – Součková, M. – Grøntoft, T. – Ondráčková, L. – Stankiewicz, J.: Relationship of Indoor and Outdoor Air Pollutants in a Naturally Ventilated Historical Building Envelope. In: *Build. Environ.*, 2011, Vol. 46(7), s. 1460–1468.
- Nazaroff, W.W. – Ligocki, M.P. – Salmon, L.G. – Cass G.R. – Fall, T. – Jones, M.C. – Liu, H.I.H. – Ma, T.: *Airborne Particles in Museums*, The Getty Conservation Institute, 1993. Dostupný z WWW: <[http://www.getty.edu/conservation/publications\\_resources/pdf\\_publications/airborne\\_particles.html](http://www.getty.edu/conservation/publications_resources/pdf_publications/airborne_particles.html)>
- Smolík, J. – Mašková, L. – Zíková, N. – Ondráčková, L. – Ondráček, J.: Deposition of suspended fine particulate matter in a library. In: *Heritage Science*, 2013, v tisku.
- Straka, R.: Preventivní péče. In: *Restaurování a konzervování archiválií a knih*, M. Ďurovič a kol., Paseka 2002, kap. 3.