

Co dýcháme? Prvkové složení respirabilního aerosolu

M.Kvapil^{*}, M.Mervartová^{**}

^{*} Gymnázium, Brno, Vídeňská 47,

^{**} Gymnázium, Dobruška, Pulická 779

^{*} kv.michal@seznam.cz

Supervizoři: Prof. Ing. Jaroslav Král, CSc., RNDr. Jan Proška

Abstrakt:

Práce představuje užití analytické metody PIXE k zjištění kvalitativního prvkového složení respirabilního aerosolu. Prvky přítomné v respirabilním aerosolu se respirační soustavou dostávají do plic a přechází do krevního řečiště člověka. Práce odhalila přítomnost mnoha prvků ve vzduchu, z nichž některé mohou způsobovat člověku problémy, či být dokonce jedovaté.

1 Úvod

Analytická metoda PIXE (**P**article **I**nduced **X**-ray **E**mission, neboli částicemi vyvolaná rentgenová emise) je v dnešní době hojně využívána k určení kvalitativního a kvantitativního složení zkoumaného vzorku, v našem případě respirabilního aerosolu, neboli polétavého prachu.

Úkolem této práce bylo odebrání a příprava vzorku, jeho následná analýza metodou PIXE a zjištění přítomnosti různých prvků v respirabilním aerosolu.

2 Analytická metoda PIXE

O metodě PIXE

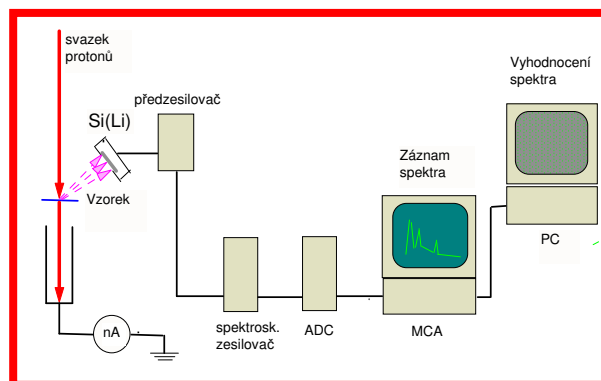
Metoda PIXE je metodou mnohaprvkové simultánní analýzy, tzn. že během jednoho měření získáme celé prvkové spektrum zkoumaného vzorku. Metoda PIXE je vysoce citlivá. Limit detekce prvku se pohybuje kolem ppm (particle per million, neboli jedné částice v milionu) u tlustého vzorku a u tenkého vzorku je to řádově v ng/cm^2 . Pomocí PIXE lze provádět stopovou analýzu v rozmezí prvků od sodíku po uran.

Metoda PIXE užívá k emitování rentgenového záření dopadu svazku protonů (iontů) na vzorek. Analýzu je možné provádět nejen ve vakuu, ale také v ochranné atmosféře, popř. na vzduchu (z evakuované trubice prochází protonový svazek skrz tenkou fólii s minimálním zeslabením do ochranné atmosféry, popř. vzduchu). Lze tak analyzovat vzorky, které není

možné vložit do vakua. Navíc protony jsou téměř nedestruktivní k vzorku, což umožňuje aplikaci metody na citlivé a vzácné předměty jako jsou obrazy, či staré tisky.

Fyzikální princip metody PIXE

V urychlovači urychlené protony (s energií několika MeV) dopadají na vzorek a při průniku protonu látkou dochází k srážkám s atomy vzorku. Energie se předává elektronům, které jsou vyraženy na energeticky vyšší hladiny. Na původních místech vznikají volná místa, která posléze zaplňují elektrony z vyšších energetických hladin buď zářivým přechodem, kdy elektron vyzáří charakteristický rentgenový foton a dochází k tzv. fluorescenci, nebo nezářivým přechodem, kdy dochází k Augerovu jevu, kdy elektron při přechodu s energeticky vyšší hladiny na nižší, předá energii jinému, který opustí atom. Pokud rentgenový foton dopadne na detektor Si(Li), vyvolá v něm fotoefekt, generují se elektron-děrové páry a takto vzniklý elektrický náboj je vnějším elektrickým polem buzeným napětím 500-1000V odváděn k elektrodám. Vzniklý nábojový impuls je konvertován na napěťový, zesílen v předzesilovači a dále zesilován a tvarován. Amplituda výsledného impulsu je úměrná energii dopadlého fotonu. Impuls je digitalizován v analogově digitálním převodníku a zpracován mnohokanálovým analyzátozem. Energetické spektrum je poté vyhodnoceno počítačem, který oddělí jednotlivé píky a spojitě pozadí, identifikuje detekované prvky a určí jejich koncentraci.

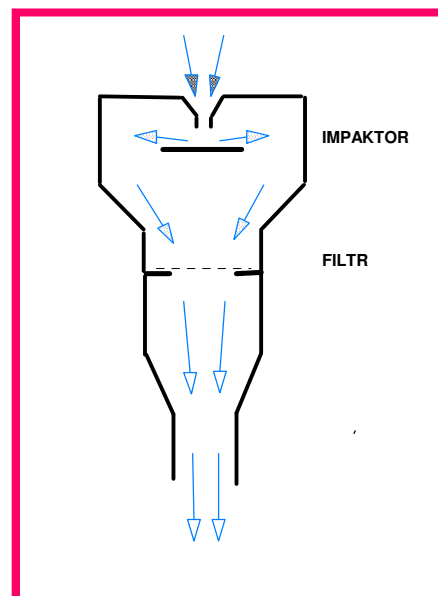


Obr.1 Schéma aparatury pro PIXE

3 Vlastní analýza

Jednou z výhod metody PIXE je nenáročný získání a příprava vzorku. Skrz sondu (viz. obr.2) čerpáme vzduch, přičemž hrubé částice přítomné ve vzduchu se usazují na impaktoru a jemné částice se usadí na filtru. To, které části se usadí na impaktoru a které na filtru, lze ovlivnit tím, jakou rychlostí nasáváme vzduch do sondy. Pro naši analýzu jsme sondou přečerpali $2,5\text{m}^3$ vzduchu rychlostí přibližně $10\text{dm}^3/\text{min}$. Filtr ze sondy byl poté vložen do evakuované terčové komory. Byla provedena energetická kalibrace zařízení, kdy byl analyzován čistý molybden a zařízení bylo zkalibrováno podle tabulkových výsledků (viz. obr. 3). A následně byly analyzovány získané vzorky.

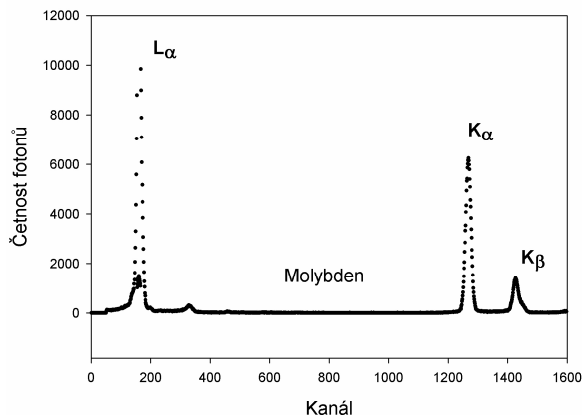
Celkem jsme analyzovali 3 vzorky. Vzorek 1 obsahoval částice získané ze vzduchu námi v laboratoři (při zapnuté klimatizaci). Vzorek 2 obsahoval částice získané přibližně před měsícem v téže laboratoři (při vypnuté klimatizaci). Vzorek 3 obsahoval částice získané asi ve



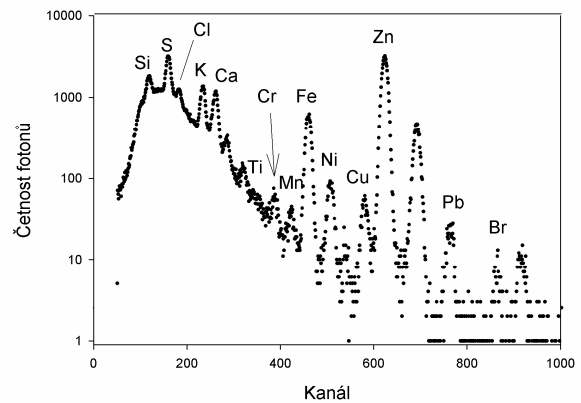
Obr. 2 Schéma odběrové sondy

stejně době z místosti č.206 budovy FJFI v Tróji. Získaná energetická spektra analyzoval program GUPIX, vyvinutý University of Guelph, Canada.

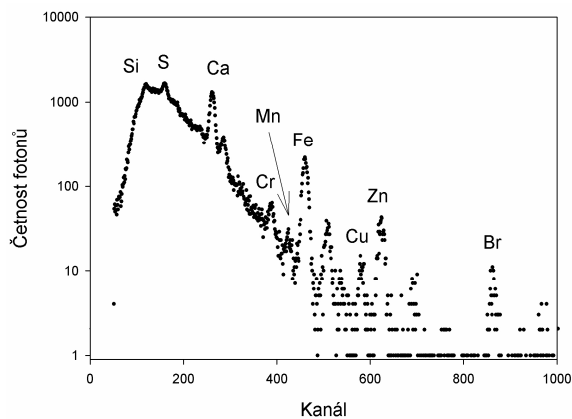
Jak je patrné z grafů (obr. 4,5,6) byla ve všech třech vzorcích zjištěna přítomnost prvků jako je křemík, síra, vápník, chrom, mangan, železo, nikl, měď, zinek a brom. Ovšem brom je součástí filtru, takže jeho přítomnost v respirabilním aerosolu nelze zjistit. Ve vzorku 2 (obr.5) byla oproti vzorku 1 navíc ještě zjištěna přítomnost chlóru, draslíku, titanu a olova. Ve vzorku 3 (obr.6) byla oproti vzorku 1 navíc zjištěna přítomnost hliníku, draslíku, titanu a olova.



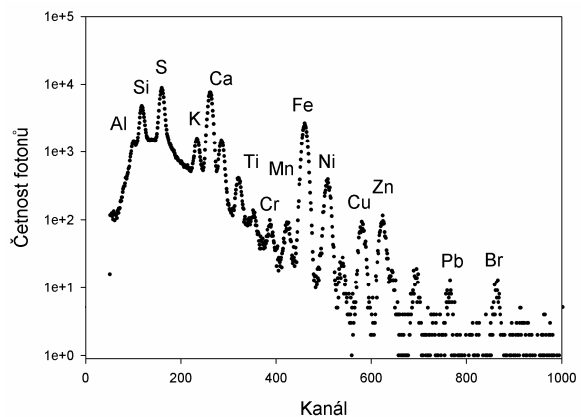
Obr.3 Energetická kalibrace



Obr.5 Vzorek 2



Obr.4 Vzorek 1



Obr.6 Vzorek 3

4 Shrnutí

Zjistili jsme přítomnost mnoha prvků v respirabilním aerosolu, některé z těchto prvků člověka neohrožují, jiné jako například olovo nebo chrom jsou pro člověka jedovaté.

Poděkování

Děkujeme FJFI ČVUT v Praze za uspořádání Fyzikálního týdne a našim supervizorům Prof. Ing. Jaroslovu Královi, CSc. a RNDr. Janu Proškovi, bez nich bychom si tady ani neškrtili.

Reference:

- [1] FRANK, L., KRÁL, J.: *Metody analýzy povrchů – iontové, sondové a speciální metody*, Academia, 2002, 245-271.
- [2] <http://rumcajs.fjfi.cvut.cz/fyzport/ft/2005/aerosoly/kuloze.htm>