

SÚJCHBO, v.v.i.

Certifikovaná metodika

Státní ústav jaderné, chemické a biologické ochrany, v.v.i.

## Hodnocení účinnosti filtrů a materiálů využívaných v ochranných prostředcích proti R/N látkám pro potřeby kontrolní činnosti SÚJB

Ing. Josef Vošahlík, Ing. Ivo Burian, CSc., Mgr. Petr Otáhal, Ph.D.

Realizační výstup projektu MV ČR: Výzkum moderních metod detekce a identifikace nebezpečných chemických, biologických, jaderných a radioaktivních látek (CBRN) a materiálů, metod snížení jejich nebezpečnosti a dekontaminace; výzkum moderních prostředků ochrany osob a prvků kritické infrastruktury.  
kód VF20112015013

Oponent: Ing. Pavel Moravec, CSc.

Oponent: Ing. Ondřej Šťastný

Uplatněno:

Schválil:



.....  
**Mgr. Petr Otáhal, Ph.D.**  
vedoucí Odboru jaderné ochrany,  
SÚJCHBO, v.v.i.

.....  
**MUDr. Stanislav Brádka, Ph.D.**  
ředitel SÚJCHBO, v.v.i.

## Obsah

SEZNAM POUŽITÝCH SYMBOLŮ A ZKRATEK.....	3
1 CÍL CERTIFIKOVANÉ METODIKY .....	4
2 VLASTNÍ POPIS METODIKY .....	4
2.1 MATERIÁL A PŘÍSTROJE.....	6
2.2 PRACOVNÍ POSTUP.....	6
2.2.1 Příprava zařízení k činnosti.....	6
2.2.2 Odběr vzorků.....	9
2.2.2.1 Odběr vzorků pro hodnocení pomocí RnDP.....	9
2.2.2.2 Odběr vzorků pro hodnocení pomocí celkové koncentrace aerosolových částic ...	9
2.2.3 Vyhodnocení měření .....	9
2.2.3.1 Vyhodnocení měření pomocí RnDP .....	10
2.2.3.2 Vyhodnocení měření pomocí celkové koncentrace aerosolových částic.....	10
2.2.3.3 Zpracování výsledků .....	10
3 INOVAČNÍ ASPEKTY, NOVOST POSTUPŮ .....	11
4 POPIS UPLATNĚNÍ CERTIFIKOVANÉ METODIKY .....	11
5 SEZNAM POUŽITÉ SOUVISEJÍCÍ LITERATURY .....	11
6 SEZNAM PUBLIKACÍ A VÝSTUPŮ.....	<a href="#">11+2</a>
Příloha č. 1.....	13
Příloha č. 2.....	18

## SEZNAM POUŽITÝCH SYMBOLŮ A ZKRATEK

SÚJCHBO, v.v.i.	Státní ústav jaderné, chemické a biologické ochrany, veřejná výzkumná instituce
SMPS	skenovací třídič pohyblivosti částic
EOAR	ekvivalentní objemová aktivita radonu
OAR	objemová aktivita radonu
RnDP	produkty přeměny radonu ( $^{218}\text{Po}$ až $^{214}\text{Po}$ )
DMA	elektrostatický klasifikátor
CPC	kondenzační čítač částic
ČSN	česká technická norma
EN	evropská norma
NaCl	chlorid sodný
AGK2000	označení generátoru aerosolu
CWG	označení generátoru aerosolu
RAK	radon-aerosolová komora
LMR-2,LMR-3	akreditované metodiky SÚJCHBO, v.v.i. Kamenná

## 1 CÍL CERTIFIKOVANÉ METODIKY

Cílem certifikované metodiky je objektivní hodnocení účinnosti filtrů a materiálů osobních ochranných prostředků prostřednictvím testování pomocí radioaktivního aerosolu.

## 2 VLASTNÍ POPIS METODIKY

### Úvod

Česká technická norma ČSN EN 149+A1 určuje minimální požadavky pro filtrační polomasky proti částicím, jako jsou ochranné prostředky dýchacích orgánů, s výjimkou únikových přístrojů. Pro ověření souladu s požadavky jsou v uvedené normě specifikovány laboratorní i praktické zkoušky. Ke zjištění celkového průniku se používá aerosol chloridu sodného, který musí být připravován z 2 % NaCl. Tento roztok vznikne rozpuštěním NaCl čistoty p.a. v destilované vodě. Rozdělení velikostí částic musí být v rozmezí 0,02  $\mu\text{m}$  až 2  $\mu\text{m}$  ekvivalentního aerodynamického průměru s hmotnostním průměrem 0,6  $\mu\text{m}$ . K výrobě aerosolu se používá rozprašovač, který je znázorněn na obrázku č. 4 ve výše uvedené normě. Vyžaduje se průtok vzduchu 100 l/min při tlaku 7 bar.

K testování filtrů a materiálu osobních ochranných prostředků pomocí certifikované metodiky se používá aerosol, který je značkován produkty přeměny radonu. Vlastní polydispersní aerosol může být generován pomocí dvou různých generátorů aerosolů:

- 1) Pro aerosol o aerodynamickém průměru od 100 nm do 350 nm použijeme např. generátor CWG založený na odpaření a následné kondenzaci Carnauba vosku.
- 2) Pro aerosol o aerodynamickém průměru od 30 nm do 200 nm použijeme např. generátor AGK-2000 Palas založený na dispergaci roztoku soli NaCl.

K testování slouží měřicí aparatura, která umožňuje testování materiálu při různých rychlostech pohybu vzduchu a při různém velikostním rozdělení částic. Tato aparatura umožňuje i odhad penetrace pomocí celkové koncentrace aerosolu.

Aparaturu lze použít ve dvou variantách – výběr varianty záleží na testovaném materiálu:

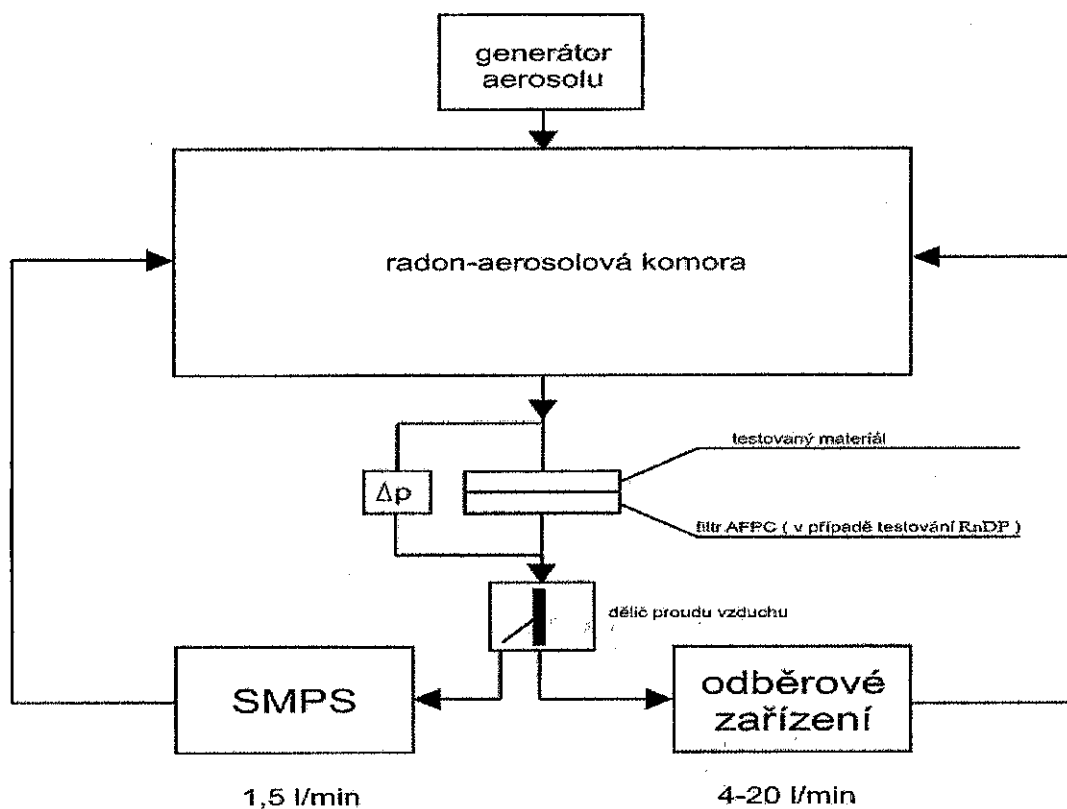
- 1) Materiál lze upevnit do objímek a testování probíhá pomocí odběrových hlavice mimo RAK (viz. Obr. 1).
- 2) Materiál nelze upevnit do objímek, v tomto případě umístíme testovaný materiál přímo do RAK (viz. Obr. 2).

Hlavní částí měřicí aparatury je RAK. Na odběrový kohout RAK upevníme vzájemně sešroubované odběrové hlavice (viz Obr.12v Příloze č.1). Dále umístíme za hlavice dělič proudů.

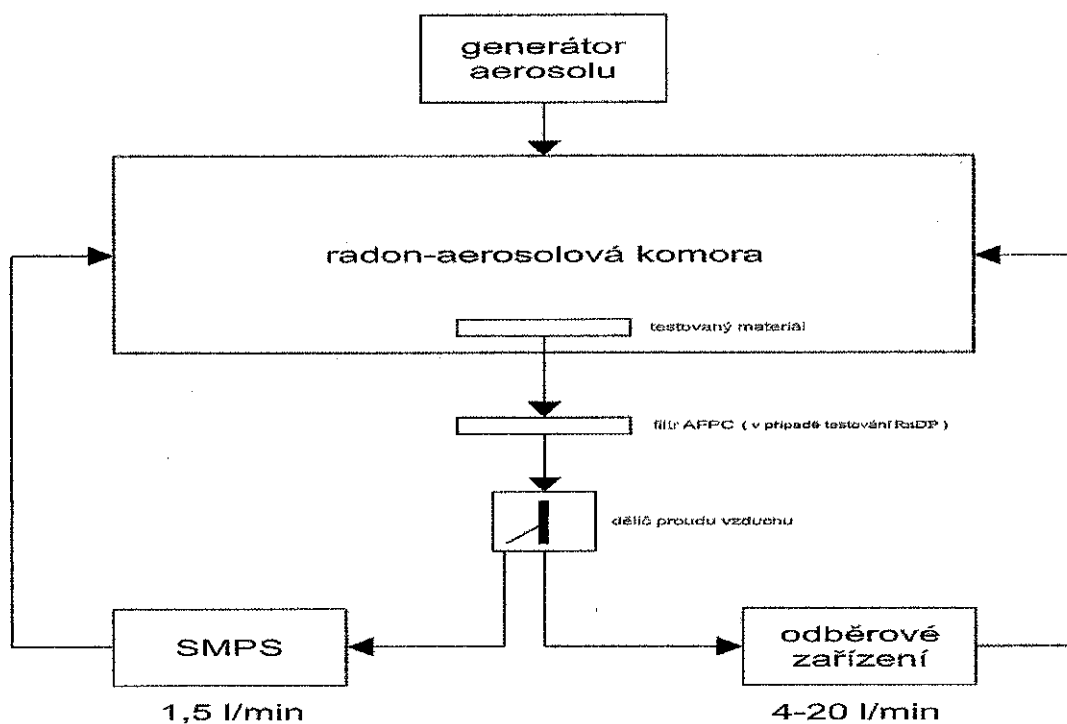
Trubička děliče proudů vzduchu o menším průměru slouží k přívodu vzduchu do SMPS. Vzduch z SMPS se zpět vrací do RAK přes další odběrový kohout. Trubička děliče proudů vzduchu o větším průměru slouží k připojení odběrového zařízení. Vzduch z odběrového zařízení se opět vrací přes odběrový kohout do RAK. V případě testování materiálu, který lze upevnit do objímky, se před a za odběrové hlavice napojí měřidlo diference tlaku. Ke spojení RAK s SMPS je nutné použít elektricky vodivé hadičky.

Podrobný seznam potřebných zařízení je uveden v části 2.1 Materiál a přístroje.

Obr.1 Schématický náčrt měřicí aparatury pro testování materiálů, který lze upevnit do objímky, testování probíhá mimo RAK (upevnění do objímky, mimo RAK)



Obr.2 Schématický náčrt měřicí aparatury pro testování materiálu, který nelze umístit do objímky a je tedy umístěn přímo do RAK. (bez objímky, v RAK)



## 2.1 MATERIÁL A PŘÍSTROJE

### Přístroje a pomocná zařízení

SMPS (skládá ze dvou částí DMA 3080 a CPC 3775)

odběrové zařízení s rozsahem regulovatelným od 4 l/min do 20 l/min

generátor aerosolu

radon-aerosolová komora o objemu 10m<sup>3</sup>

dělič proudu vzduch

měřidlo difference tlaku

čistička vzduchu

software pro SMPS – Aerosol Instrument Manager (AIM)

### Ostatní materiál

hadičky různých průměrů pro spojení jednotlivých zařízení

vodivé hadičky různých průměrů pro spojení RAK s SMPS

objímky pro upevnění testovacího materiálu

objímky s filtry pro měření EOAR

odběrové hlavice

„O“ kroužky k utěsnění objímky na odběrových hlavicích

Jednotlivé části jsou zobrazeny a podrobněji popsány v příloze č.1.

## 2.2 PRACOVNÍ POSTUP

Pracovní postup je znázorněn ve vývojovém diagramu – viz příloha č.2.

### 2.2.1 Příprava zařízení k činnosti

- 1) V případě testování filtrů ochranných prostředků se filtr umístí do radon-aerosolové komory (viz. Obr. 2).
- 2) V radon-aerosolové komoře připravíme koncentraci EOAR v rozmezí 100-500kBq/m<sup>3</sup> (popř. koncentrace OAR 200-1000kBq/m<sup>3</sup>). Stanovené rozmezí hodnot EOAR zkontrolujeme pomocí akreditované metodiky LMR-3 (Měření okamžitých hodnot ekvivalentní objemové aktivity radonu). V případě měření OAR použijeme akreditovanou metodiku LMR-2 (Měření okamžitých hodnot objemové aktivity radonu).
- 3) Zkontrolujeme impaktor u DMA 3080 (správná velikost je 0,071CM) a necháme přístroj stabilizovat. Zároveň uvedeme do chodu i přístroj CPC 3775. V programu AIM pro ovládání SMPS nastavíme potřebné parametry měření:
  - a) V okně SMPS Properties, na kartě Hardware Settings (obr. 3):
    - u nabídky **CPC Model and FlowRate** označíme **3775 high**
    - u nabídky **Classifier Model** označíme **3080** a potvrdíme **Auto-connect**
    - u nabídky **DMA** označíme **3081**
    - u nabídky **DMA Flow Rate(lpm)** nastavíme **Sheath 3,00** a **Aerosol 1,50**
    - u nabídky **Impactor Type** označíme **0,071 cm**
    - u nabídky **Scan Time (s)** nastavíme **Up 180** a **Retrace 60**

Po nastavení všech parametrů stiskneme tlačítko **Set to Max Range**.



Obr. 3 Nastavení parametrů v okně SMPS Properties, na kartě Hardware Settings

SMPS Properties - Sample 24

Hardware Settings | Scheduling | Physical Properties

CPC Model and Flow Rate

3010     3025 high     3776 low     3786     3788 high  
 3022 low     3772     3776 high     3787 low  
 3022 high     3775 low     3782     3787 high  
 3025 low     3775 high     3785     3788 low

Classifier Model

3071     3080  
 Auto-connect

DMA

3081     3085     Custom    HV Polarity:

DMA Flow Rate (lpm)

Sheath     Aerosol

Optional Bypass Flow

Bypass     Bypass flow requires special flow plumbing. See 3080 manual.

Impactor Type

0.0457 cm      
 0.0508 cm      
 0.071 cm      
 None

td (s)   
tf (s)   
D50 (nm)

Size Range Bounds (Diameter)

Lower (nm)     Upper (nm)    

Voltage Range (v)

Scan Time (s)

Up     Retrace

b) Na kartě Physical Properties (obr. 4):

- u nabídky **Correction Flags and Values** potvrdíme **Multiple Charge Correction** a **Diffusion Correction**.

Po nastavení parametrů stiskneme tlačítko **OK** a SMPS je připravené k měření.

Obr. 4 Nastavení parametrů v okně SMPS Properties, na kartě Physical Properties

SMPS Properties - Sample 24

Hardware Settings | Scheduling | Physical Properties

Reference Gas Properties

Gas Viscosity (kg/(m\*s)) 1.83245e-005 Set to Defaults for Air

Mean Free Path (m) 6.73e-008 Sutherland Constant (K) 110.4

Temperature (K) 296.15 Pressure (kPa) 101.3

Particle Density (g/cc) 1.2000

Correction Flags and Values

Multiple Charge Correction Primary Particle Diameter (nm): 10.000

Diffusion Correction Gas Density (g/cc) 0.0012

Nanoparticle Aggregate Mobility Analysis

Orientation:  Parallel  Random

Title

Instrument ID 3775 3775112201 2.

Comment

OK Storno

- 4) RAK vyčistíme od aerosolových částic pomocí čističky vzduchu (na řádově jednotky částic/cm<sup>3</sup>). V případě použití čističky vzduchu typu Electrolux Z 9124 Aircleaner Oxygen je dostatečná doba čištění 15 minut. Dosažení požadovaných parametrů vyčištění RAK zkontrolujeme měřením pomocí CPC. V případě, že vyčištění komory je nedostatečné, čištění opakujeme do té doby, než dosáhneme požadovaných parametrů, tedy jednotky částic na cm<sup>3</sup>.
- 5) V případě testování materiálu ochranných prostředků, který lze upevnit do objímky, připravíme 5 vzorků testovaného materiálu o průměru 35 mm. Tento materiál upevníme do příslušných objímek.
- 6) Připravíme objímky s filtry pro měření EOAR podle akreditované metodiky LMR-3 (Měření okamžitých hodnot ekvivalentní objemové aktivity radonu).
- 7) Sestavíme měřící aparaturu podle typu testování (viz obr. 1, popř. obr. 2).
- 8) Aplikujeme definovaný polydispersní aerosol do radon-aerosolové komory o celkové koncentraci kolem 20 000 částic/cm<sup>3</sup>.



### 2.2.2 Odběr vzorků

Odběr vzorků se liší podle požadavků na hodnocení penetračních vlastností testovaného materiálu. V případě testování pomocí celkové koncentrace aerosolových částic se za testovaný materiál nesmí umístit filtr AFPC.

#### 2.2.2.1 Odběr vzorků pro hodnocení pomocí RnDP

Odběr vzorků provedeme po třech hodinách od aplikace aerosolu (z důvodu ustavení radioaktivní rovnováhy mezi radonem a RnDP).

- 1) Pomocí SMPS změříme velikostní rozdělení aerosolu a celkovou koncentraci aerosolových částic v radon-aerosolové komoře.
- 2) Změříme počáteční hodnotu EOAR v radon-aerosolové komoře.
- 3) Provedeme odběr definovaným průtokem přes testovaný materiál a filtr pro stanovení EOAR.
- 4) Změříme a vyhodnotíme filtr umístěný za testovaným materiálem. Vyhodnocení filtru provedeme podle akreditované metodiky LMR-3 (Měření okamžitých hodnot ekvivalentní objemové aktivity radonu).
- 5) Provedeme další odběry a vyhodnotíme filtry za testovaným materiálem – viz bod 3 a bod 4.
- 6) Změříme konečnou hodnotu EOAR v radon-aerosolové komoře.

#### 2.2.2.2 Odběr vzorků pro hodnocení pomocí celkové koncentrace aerosolových částic

Odběr vzorků provedeme po 20 minutách od aplikace aerosolu (z důvodu stabilizace aerosolové atmosféry).

- 1) Pomocí SMPS změříme velikostní rozdělení aerosolu a celkovou koncentraci aerosolových částic v radon-aerosolové komoře.
- 2) Objímku s testovaným materiálem umístíme do měřicí aparatury.
- 3) Nastavíme definovaný průtok přes testovaný materiál a změříme celkovou koncentraci aerosolových částic.
- 4) Provedeme další odběry přes další testovaný materiál – viz bod 2 a bod 3.
- 5) Pomocí SMPS změříme velikostní rozdělení aerosolu a celkovou koncentraci aerosolových částic v radon-aerosolové komoře.

### 2.2.3 Vyhodnocení měření

Způsob vyhodnocení se určí podle požadavku na hodnocení penetračních vlastností testovaného materiálu (podle způsobu odběru vzorku).

### 2.2.3.1 Vyhodnocení měření pomocí RnDP

Vyhodnocení provedeme porovnáním hodnoty EOAR zjištěné uvnitř radon-aerosolové komory a hodnoty zjištěné na filtru umístěném za testovaným materiálem.

Poměr hodnot EOAR představuje odhad penetrace  $P_{EOAR}$  při známé rychlosti proudu vzduchu a při produktech přeměny radonu deponovaných na aerosolu známé velikosti. Při daných koncentracích aerosolu se předpokládá podíl na aerosol nevázaných nanometrových RnDP zanedbatelný.

$$P_{EOAR} (\%) = \frac{EOAR\ 2}{EOAR\ 1} \times 100$$

kde

*EOAR 2* je hodnota EOAR zjištěná pomocí filtru umístěném za testovaným materiálem,

*EOAR 1* je průměrná hodnota EOAR zjištěná uvnitř radon-aerosolové komory před zahájením a po skončení testování (jedná se o průměr ze dvou hodnot – viz kapitola 2.2.2.1 bod 2 a 6).

### 2.2.3.2 Vyhodnocení měření pomocí celkové koncentrace aerosolových částic

Podobně jako hodnocení pomocí EOAR je možné provést vyhodnocení pomocí celkové koncentrace aerosolových částic zjištěné uvnitř radon-aerosolové komory a celkové koncentrace aerosolových částic zjištěné za testovaným materiálem.

Poměr těchto hodnot koncentrace aerosolových částic představuje odhad penetrace  $P_{CA}$  při známé rychlosti proudu vzduchu a známé velikosti aerosolu.

$$P_{CA} (\%) = \frac{CA\ 2}{CA\ 1} \times 100$$

kde

*CA 2* je celková koncentrace aerosolových částic za testovaným materiálem

*CA 1* je průměrná hodnota celkové koncentrace aerosolových částic uvnitř radon-aerosolové komory před zahájením a po skončení testování (jedná se o průměr dvou hodnot – viz kapitola 2.2.2.2 bod 1 a 5).

### 2.2.3.3 Zpracování výsledků

Vyhodnotí se rozptyl získaných výsledků 5 měření (EOAR, koncentrací aerosolových částic za testovaným materiálem). Pokud je relativní směrodatná odchylka menší než 30%, měření je ukončeno a výsledkem je průměrná hodnota. Pokud je jeden výsledek odlehlý, tento se neuvažuje a provede se ještě jednou měření daného materiálu. Znovu se obdobně provede posouzení výsledků měření. V případě, že je i po opakovaném měření výsledek odlehlý, je nutno připravit nový vzorek materiálu a provést nové měření.

Jestliže je při vyhodnocování výsledků 5 měření relativní směrodatná odchylka větší než 30%, je nutné zopakovat se všechna měření.

### 3 INOVAČNÍ ASPEKTY, NOVOST POSTUPŮ

Radioaktivní aerosoly představují jednu z nejnebezpečnějších forem šíření radioaktivních látek. Jejich nebezpečnost spočívá mimo jiné v možnosti rychlého rozšíření na velké vzdálenosti a následné vnitřní a vnější kontaminace lidského organismu. Zejména vnitřní kontaminace v důsledku inhalace těchto látek představuje jeden z nejrizikovějších dopadů na lidský organismus.

Všechny normy týkající se testování ochranných prostředků dýchacích orgánů používají k testování neaktivní aerosol. Tato metodika umožňuje testovat materiál ochranných prostředků pomocí radioaktivních aerosolů. Aerosol nemusí být značkován pouze produkty přeměny radonu. K testování se dají použít i radionuklidy s krátkým poločasem rozpadu [1] (La-140, Na-24, Tc-99m apod.).

Autorům není známá existence a využívání obdobného postupu v ČR ani v dalších zemích.

### 4 POPIS UPLATNĚNÍ CERTIFIKOVANÉ METODIKY

Certifikovaná metodika *Hodnocení účinnosti filtrů a materiálů využívaných v ochranných prostředcích proti R/N látkám pro potřeby kontrolní činnosti SÚJB* byla vyvinuta jako základní nástroj pro testování různých materiálů osobních ochranných prostředků pomocí radioaktivních aerosolů (o aerodynamickém průměru od 30 nm do 350 nm). Metodika je určena jako technická podpora pro potřeby SÚJB, SÚJCHBO, popř. pro složky Integrovaného záchranného systému a další dotčené orgány státní správy ČR. Další uplatnění této metodiky může být pro všechny výrobce osobních ochranných prostředků. Metodika mimo jiné umožňuje i hodnocení jednotlivých materiálů pomocí neaktivního aerosolu.

### 5 SEZNAM POUŽITÉ SOUVISEJÍCÍ LITERATURY

[1] Kolečka, M.; Lahodová, Z.; Viererbl, L.; Šoltés, J.; Kůs, P.; Výroba krátkodobých radionuklidů – CV Řež, prosinec 2013.

[2] Burian, I.; Závěrečná zpráva úkolu-program rozvoje metrologie, VIII/18/13 Zlepšování ověřování měřidel EOAR – zadavatel úkolu Česká republika – Úřad pro technickou normalizaci, metrologii a státní zkušebnictví, organizační složka státu.

[3] Burian, I.; Otáhal, P.; Vošahlík, J.; Pilecká, E.; Merta, J. Primární měřicí zařízení pro radon v ČR. *Metrologie: vědecká, legální, praktická* 2012, 21 (1), 6–8.

[4] Burian, I.; Otáhal, P.; Vošahlík, J.; Pilecká, E. Czech primary radon measurement equipment. *Radiation Protection Dosimetry* 2011, 145 (2-3), 333–336.

[5] Burian, I.; Závěrečná zpráva úkolu-program rozvoje metrologie, III/23/10 Nová radonová komora – zadavatel úkolu Česká republika – Úřad pro technickou normalizaci, metrologii a státní zkušebnictví, organizační složka státu.

### 6 SEZNAM PUBLIKACÍ VÝSTUPŮ

**Vošahlík, J; Burian, I.; Otáhal, P.** Testování vlastností materiálu filtračních polomasek pomocí radioaktivního aerosolu. *Bezpečnost jaderné energie* **2013**, 21 (11/12), pp 360-362.

Postery

**Vošahlík, J; Burian, I.; Otáhal, P.** Testování vlastností materiálu filtračních polomasek pomocí radioaktivního aerosolu. *Dny radiační ochrany 2013, Třeboň (11. - 15. 11. 2013)*.

**Otáhal, P.; Vošahlík, J.; Burian, I.** Testsofthepersonalrespiratoryprotectiveequipmentusingradioactiveaerosols. In Session: *Indoor and Working Place Aerosols, European Aerosol Conference Prague (1-6 September 2013)*.

## Příloha č.1

1) Radon-aerosolová komora (obr.5) o objemu 10 m<sup>3</sup> je sestavená z ocelových plátů o tloušťce 5mm. Konstrukce komory umožňuje přímý vstup do vnitřního prostoru. Komora byla navržena tak, že umožňuje měření a nastavení různých parametrů, jako jsou teplota, relativní vlhkost vzduchu, koncentrace a velikostní distribuce aerosolových částic a rychlost proudění vzduchu. Těsnost komory byla před prvním uvedením do provozu ověřena několika testy. Prvním testem byla možnost penetrace aerosolových částic z okolního vzduchu do prostoru komory. Druhým testem byla kontrola těsnosti pomocí poklesu objemové aktivity radonu. Oba testy jsou podrobně popsány v dokumentu Nová radonová komora [5]. Fyzikální parametry prostředí v radon-aerosolové komory jsou uvedeny v tabulce 1.[3,4]

Obr.5 Radon-aerosolová komora



Tabulka 1 Fyzikální parametry prostředí RAK

Parametry	minimum	maximum
Koncentrace radonu	100 Bq/m <sup>3</sup>	3 MBq/m <sup>3</sup>
Faktor nerovnováhy F	0,1	0,9
Podíl nevázané frakce f <sub>p</sub>	0,02	0,3
Podíl nevázaného <sup>218</sup> Po	0,05	0,6
Koncentrace aerosolových částic	300 částic/cm <sup>3</sup>	80000 částic/cm <sup>3</sup>
Teplota	15 °C	25 °C
Relativní vlhkost	20%	90%

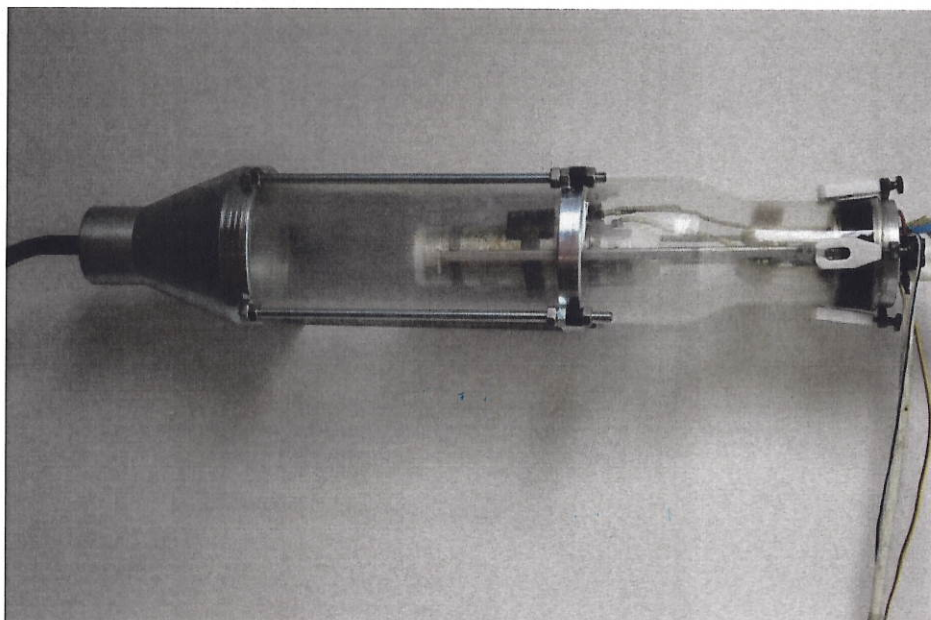


2) Generátor aerosolu – podle požadovaného velikostního rozdělení aerosolu se používá např. generátor typu:

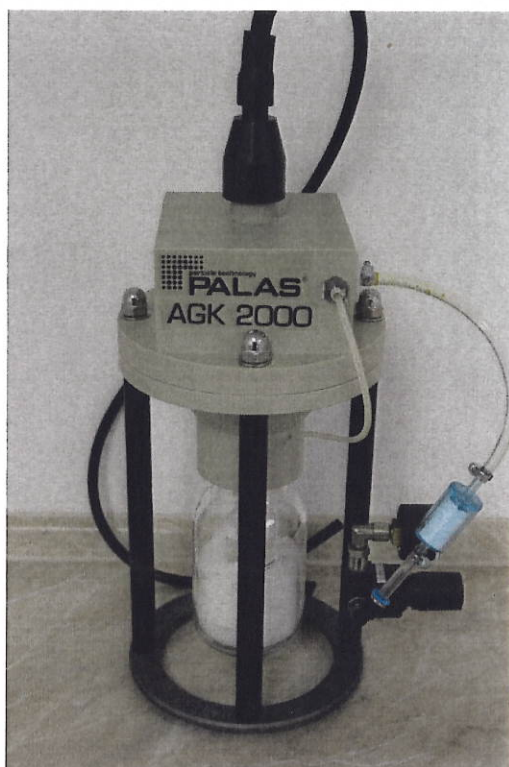
- CWG (obr. 6) pro aerosol o aerodynamickém průměru od 200nm do 350 nm,
- AGK-2000 Palas (obr. 7) pro aerosol o aerodynamickém průměru od 30nm do 200 nm.

K testování lze použít i jiné typy generátorů, které umí vyrobit aerosol o požadovaném aerodynamickém průměru.

Obr.6 Generátor CWG



Obr.7 Generátor AGK-2000 Palas



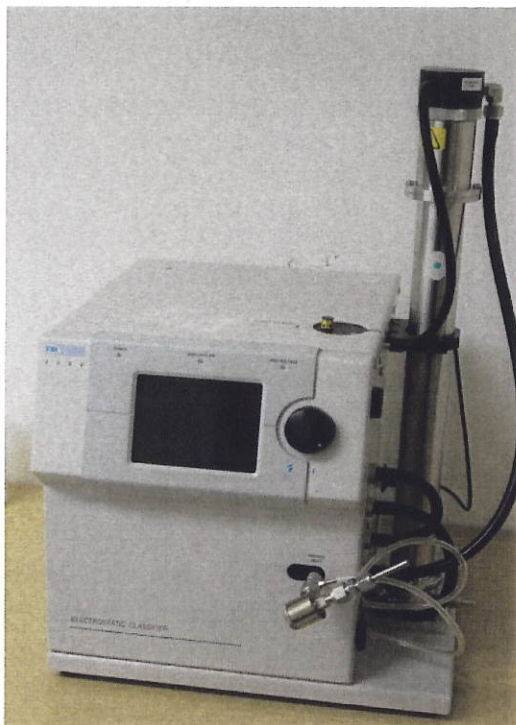
3) SMPS – skenovací třídič pohyblivosti částic se skládá se dvou částí:

- elektrostatický klasifikátor model DMA 3080 (obr. 8),
- kondenzační čítač částic CPC 3775 (obr.9).

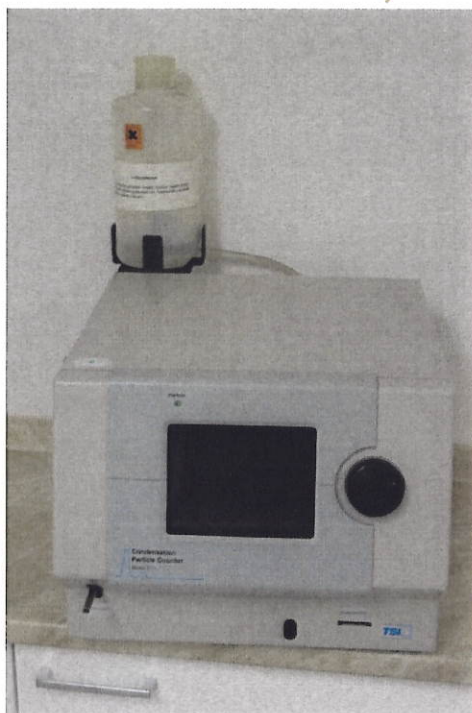
Oba přístroje jsou od firmy TSI(USA). V případě potřeby je možno k měření použít i jiné přístroje splňující následující parametry:

- měření částic minimálně v rozmezí 20nm až 500 nm,
- rozsah měření do 40 000 částic/cm<sup>3</sup>.

Obr. 8 Elektrostatický klasifikátor



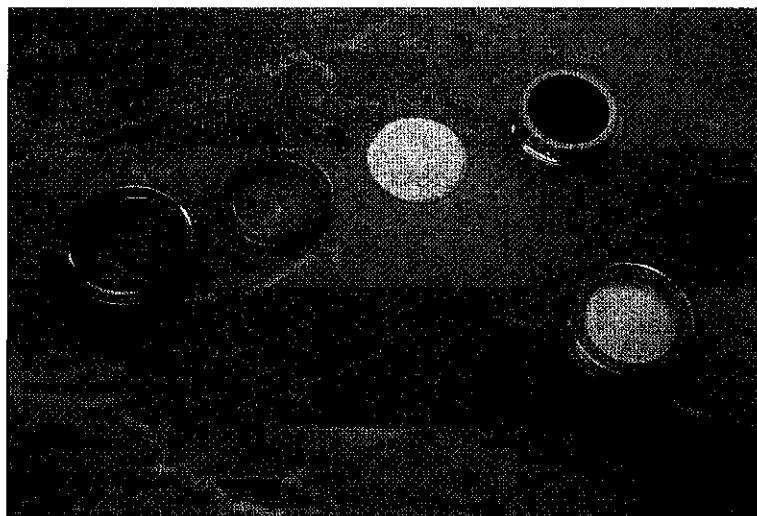
Obr. 9 Kondenzační čítač částic



- 4) Odběrové zařízení – k testování může být použito jakékoliv odběrové zařízení, které je regulovatelné v rozsahu od 4 do 20 l/min.

5) Objímky pro testovaný materiál – jedná se o objímky s aktivním průměrem 30 mm (obr. 10).

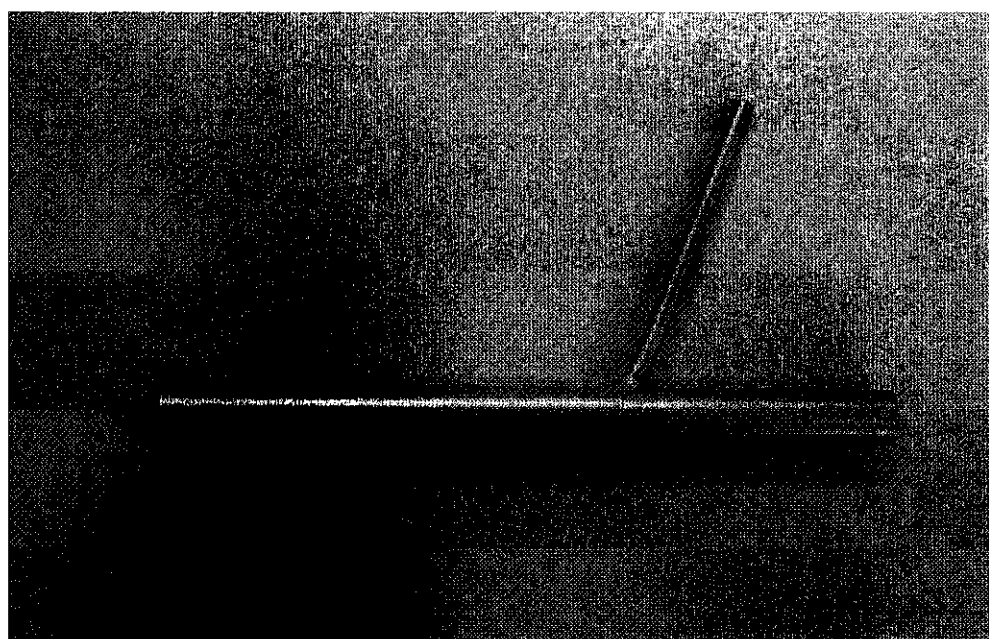
Obr. 10 Objímky pro testovaný materiál



6) Objímky s filtry pro měření EOAR – z důvodu stejné geometrie měření se používají stejné objímky pro testovaný materiál i pro měření EOAR. Vlastní filtry jsou typu AFPC (výroba ukončena bez náhrady). Pro měření lze použít i filtry typu GF/A (od firmy Whatman) nebo typu Glassfibre (od firmy Sartorius).[2]

7) Dělič proudu vzduchu (obr. 11) – jedná se o zařízení speciálně určené pro tento typ testování. Navržené a vyrobené bylo v Ústavu chemických procesů Akademie věd České republiky v Praze.

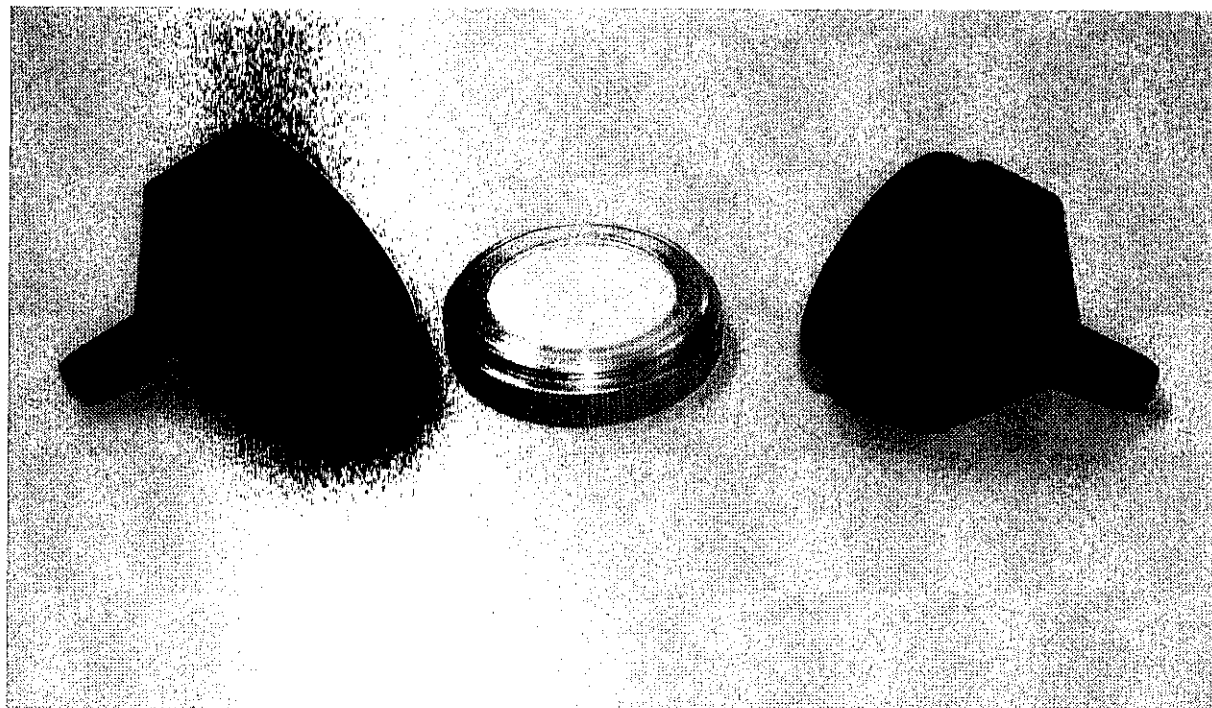
Obr. 11 Dělič proudu vzduchu



8) Měřič difference tlaku – k testování může být použit jakýkoliv měřič difference tlaku.

9) Odběrové hlavice (obr. 12) – slouží k upevnění objímky s testovaným materiálem a objímky s filtrem (AFPC) do měřicí aparatury.

Obr. 12 Odběrové hlavice



10) Čistička vzduchu – k testování může být použita jakýkoliv čistička vzduchu s minimálním vzduchovým výkonem  $300 \text{ m}^3/\text{h}$ .



## Příloha č. 2

### Vývojový diagram pracovního postupu

