

NAŘÍZENÍ VLÁDY
ze dne 12. prosince 2007,
kterým se stanoví podmínky ochrany zdraví při práci

§ 9

**Hygienické limity, způsob jejich zjišťování
a hodnocení**

(1) Hygienickým limitem chemické látky upravené podle zákona o chemických látkách¹⁰ se rozumí přípustný expoziční limit nebo nejvyšší přípustná koncentrace. Hygienickým limitem prachu se rozumí přípustný expoziční limit.

(2) Přípustný expoziční limit chemické látky nebo prachu je celosměnový časově vážený průměr koncentrací plynů, par nebo aerosolů v pracovním ovzduší, jimž může být podle současného stavu znalostí exponován zaměstnanec v osmihodinové nebo kratší směně týdenní pracovní doby, aniž by u něho došlo i při celoživotní pracovní expozici k poškození zdraví, k ohrožení jeho pracovní schopnosti a výkonnosti. Přípustný expoziční limit je stanoven pro práci, při které průměrná plicní ventilace zaměstnance nepřekračuje 20 litrů za minutu za osmihodinovou směnu. Koncentrace chemické látky nebo prachu v pracovním ovzduší, jejímž zdrojem není technologický proces, nesmí překročit 1/3 jejich přípustných expozičních limitů.

(3) Postup při stanovení přípustného expozičního limitu směsi chemických látek, stanovení přípustného expozičního limitu chemické látky při vyšší plicní ventilaci a postup při stanovení přípustného expozičního limitu v delší než osmihodinové směně, jsou upraveny v příloze č. 2 k tomuto nařízení, části B.

(4) Nejvyšší přípustná koncentrace je taková koncentrace chemické látky, které mohou být zaměstnanci exponováni nepřetržitě po krátkou dobu, aniž by pociťovali dráždění očí nebo dýchacích cest nebo bylo ohroženo jejich zdraví a spolehlivost výkonu práce. Při hodnocení pracovního ovzduší lze porovnávat s nejvyšší přípustnou koncentrací časově vážený průměr koncentrace této látky měřený po dobu nejvýše 15 minut. Takové 15minutové úseky s průměrnou koncentrací vyšší než hodnota přípustného expozičního limitu, ale nepřesahující nejvyšší přípustnou koncentraci, smí být během osmihodinové směny nejvýše 4 s odstupem nejméně jedné hodiny. Přitom nesmí časově vážený průměr koncentrací pro celou směnu překročit hodnotu přípustného expozičního limitu.

(5) Seznam chemických látek a jejich přípustné expoziční limity a nejvyšší přípustné koncentrace jsou upraveny v příloze č. 2 k tomuto nařízení, části A. Seznamy prachů a jejich přípustné expoziční limity jsou upraveny v příloze č. 3 k tomuto nařízení, části A, tabulkách č. 1 až 5.

(6) Způsob měření a hodnocení inhalační expozice chemickým látkám a prachům v pracovním ovzduší je upraven v příloze č. 3 k tomuto nařízení, části C. Inhalační expozicí se rozumí expozice chemickým látkám měřená v dýchací zóně zaměstnance.

(7) Způsob měření vdechovatelné a respirabilní frakce polévatého prachu gravimetricky je upraven v příloze č. 3 k tomuto nařízení, části D.

(8) Způsob odběru vzorků prachu obsahujícího azbest v pracovním ovzduší a jejich zpracování je upraveno v příloze č. 3 k tomuto nařízení, části B.

Prach, jeho hygienické limity a postup jejich stanovení

ČÁST A

Seznamy prachů a jejich přípustné expoziční limity

1. PEL pro celkovou koncentraci (vdechovatelnou frakci) prachu se označuje PEL_C , pro respirabilní frakci prachu PEL_R . Vdechovatelnou frakci prachu se rozumí soubor částic polétavého prachu, které mohou být vdechnuty nosem nebo ústy. Respirabilní frakci se rozumí hmotnostní frakce vdechnutých částic, které pronikají do té části dýchacích cest, kde není řasinkový epitel, a do plicních sklípků.
2. Přípustné expoziční limity směsí prachů (PEL_S) s různým PEL se stanoví výpočtem z PEL jednotlivých prachů podle vzorce:

$$PEL_S = \left(\frac{\%x_1}{100 \cdot PEL_1} + \frac{\%x_2}{100 \cdot PEL_2} + \dots + \frac{\%x_n}{100 \cdot PEL_n} \right)^{-1}$$

kde

PEL_S je PEL směsi látek 1 až n

PEL_1 až PEL_n je PEL látek 1 až n

$\%x_1$ až $\%x_n$ je hmotnostní podíl látek 1 až n v procentech.

3. Pokud nelze hmotnostní podíl jednotlivých složek v polétavém prachu spolehlivě určit, stanoví se PEL podle hodnoty platné pro složku s nejnižším PEL.

Příklady:

- a) Směs obsahuje 80 hmotnostních % vláken bavlněných ($PEL_C = 2 \text{ mg} \cdot \text{m}^{-3}$) a 20 % vláken textilních synt. ($PEL_C = 4 \text{ mg} \cdot \text{m}^{-3}$).

$$PEL_S = \left(\frac{80}{100 \cdot 2} + \frac{20}{100 \cdot 4} \right)^{-1} = 2,2 \text{ mg} \cdot \text{m}^{-3}$$

V případě, že nelze hmotnostní podíl jednotlivých složek v polétavém prachu spolehlivě určit, stanoví se PEL_S podle hodnoty platné pro látku s nejnižší PEL.

- b) Směs obsahuje vlnu ($PEL_C = 6 \text{ mg} \cdot \text{m}^{-3}$), syntetická vlákna textilní ($PEL_C = 4 \text{ mg} \cdot \text{m}^{-3}$) a půdní prach ($PEL_C = 10 \text{ mg} \cdot \text{m}^{-3}$). Podíl jednotlivých složek nelze stanovit.
 $PEL_S = 4 \text{ mg} \cdot \text{m}^{-3}$ hodnota platná pro látku s nejnižším PEL_C .

4. Pokud je v prachu obsažena fibrogenní složka musí se stanovit vždy jeho respirabilní frakce a koncentrace fibrogenní složky. Jestliže respirabilní frakce obsahuje více než 1% fibrogenní složky nesmí její PEL_r překračovat hodnoty uvedené v tabulce č. 1. Za dodržení PEL se pokládá stav, kdy jsou dodrženy jak PEL_r pro fibrogenní složku, tak i PEL_c pro daný druh prachu.
5. Pokud prach obsahuje méně než 1% krystalického SiO_2 a neobsahuje azbest, považuje se za prach s převážně nespecifickým účinkem. Pro takový prach s převážně nespecifickým účinkem platí PEL_c 10 $mg.m^{-3}$.
6. PEL nepřihlíží k možným senzibilizujícím účinkům a případnému obsahu mikroorganismů v prachu.

Tabulka č. 1 - Prachy s převážně fibrogenním účinkem ^{a)}

Látka	PEL_r ($mg.m^{-3}$) respirabilní frakce (F_r) $F_r = 100 \%^{b)}$		PEL_c ($mg.m^{-3}$) celková koncentrace
křemen	0,1		-
kristobalit	0,1		-
tridymit	0,1		-
gama-oxid hlinitý	0,1		-
	$F_r \leq 5 \%$	$F_r > 5 \%$	
dinas	2,0	10 : F_r	10
grafit	2,0	10 : F_r	10
prach černouhelných dolů ^{c)}	2,0	10 : F_r	10
koks	2,0	10 : F_r	10
slída	2,0	10 : F_r	10
talek ^{d)}	2,0	10 : F_r	10
ostatní křemičitany (s výjimkou azbestu)	2,0	10 : F_r	10
šamot	2,0	10 : F_r	10
horninové prachy	2,0	10 : F_r	10
slévárenský prach	2,0	10 : F_r	10

Vysvětlivky k tabulce č. 1:

- a) Za fibrogenní se považuje prach, který obsahuje více než 1% fibrogenní složky a v pokusu na zvířeti vykazuje zřetelnou fibrogenní reakci plicní tkáně.
- b) F_r = obsah fibrogenní složky v respirabilní frakci v procentech.
Fibrogenní složka - křemen, kristobalit, tridymit, gama-oxid hlinitý.
- c) Za přítomnosti vláken respirabilních rozměrů v prachu musí být dodržen PEL pro azbest.

Tabulka č. 2 - Prachy s možným fibrogenním účinkem

Látka	PEL_c ($mg.m^{-3}$)
amorfní SiO_2	4,0
svářečské dýmy ^{a)}	5,0
bentonit	6,0

Vysvětlivka k tabulce č. 2:

- a) *Platí pro pevné částice. Složení svářečských dýmů závisí na řadě činitelů zejména na svařovaném materiálu, materiálu jímž se svařuje, svařovacím proudem atd. Tyto okolnosti musí být brány v úvahu při hodnocení expozice svářečským dýmem.*

Tabulka č. 3 - Prachy s převážně nespecifickým účinkem

Látka	PEL _c (mg.m ⁻³)
baryt	10,0
cement	10,0
čedič tavený	10,0
dolomit	10,0
železo a jeho slitiny ^{a)}	10,0
hliník a jeho oxidy (s výjimkou gama Al ₂ O ₃)	10,0
hnědé uhlí a lignit	10,0
magnezit	10,0
ocelářenská struska	10,0
ledek amonný	10,0
oxidy železa	10,0
popílek	10,0
prach z umělého brusiva (karborundum, elektrit)	10,0
půdní prachy	10,0
sádra	10,0
saze	2,0
siderit	10,0
škvára	10,0
vápenec, mramor	10,0
vysokopecní struska	10,0

Vysvětlivka k tabulce č. 3

- a) Pokud slitiny železa obsahují vyšší podíl kovů, pro které jsou stanoveny PEL, posuzuje se prašnost i podle PEL těchto kovů. Za dodržení PEL se považuje stav, kdy je dodržen jak PEL_c pro slitinu železa tak i PEL pro jednotlivé kovy, rozhodující je přitom ten, jehož PEL je nejnižší. Slitiny jiných kovů než železa se posuzují po stránce prašnosti podle PEL jednotlivých kovů přítomných ve slitině, rozhodující je přitom ta složka slitiny, jejíž PEL je nejnižší.

Tabulka č. 4 - Prachy s převážně dráždivým účinkem

Látka	PEL _c (mg.m ⁻³)
Textilní prachy:	
bavlna	2,0
len	2,0
konopí	2,0
hedvábí	2,0
syntetická vlákna textilní	4,0
sisal	6,0
juta	6,0
Živočišné prachy	
peří	4,0
vlna	6,0
srst	6,0
ostatní živočišné prachy	6,0

Rostlinné prachy	
mouka	4,0
tabák	4,0
čaj	4,0
káva zelená	2,0
koření	2,0
prach obilní	6,0
Prach z	
- toxických a výrazně senzibilizujících (exotických) dřevin ^{a)}	1,0
- tvrdých (karcinogenních a senzibilizujících dřev) ^{b)}	2,0
- ostatních (nesenzibilizujících a nekarcinogenních) dřevin	5,0
Ostatní rostlinné prachy	6,0
Jiné prachy s dráždivým účinkem	
prach dusičnanu sodného	6,0
prach z chromu	0,5
prach fenolformaldehydových pryskyřic	5,0
prach PVC	5,0
prach z broušení pneumatik	3,0
prach epoxidových pryskyřic	2,0
prach papíru	6,0
prach polyakrylátových pryskyřic	5,0
prach polyesterových pryskyřic	5,0
prach polyethylenu	5,0
prach polypropylenu	5,0
prach polymerních materiálů	5,0
prach polystyrenu	5,0
prach siřičitanu vápenatého	5,0
prach sklolaminátů	5,0
prach škrobu	4,0
kyselina citrónová	4,0

Vysvětlivky k tabulce č. 4:

- a) Například: Iroko (*chlorophora excelsa*), makoré-třešňový mahagon (*Tieghemella eckelii*), mansonie (*Mansonia altissima*), peroba žlutá (*Paratecoma peroba*), avodiré (*Turraenthus africanus*), citroník (*Chloroxylon*), Indigbo-limba (*Terminalia avirensis*), západní rudý cedr (*Thuja plicata*), teak (*Tectona grandis*).
- b) Tvrdými dřevy se rozumí dřevo: břízy (*Betula*), buku (*Fagus*), bílého ořechu (*Hikory*), dubu (*Quercus*), ebenu afrického cejlonského a pod. (*Diospyros*), habru (*Carpinus*), jasanu (*Fraxinus*), javoru (*Acer*), jilmu (*Ulnus*), kaštanu (*Castanes*), lípy (*Tilia*), olše (*Alnus*), ořešáku vlašského (*Juglans*), platanu (*Platanus*), švestky (*Prunus*), topolu (*Populus*), třešně (*Prunus*), dřeviny botanické skupiny Dalbergia - (indický palisandr, brazilské růžové dřevo, africké černé dřevo a pod.), honduraské růžové dřevo, meranti bílé a rudé (*Shorea talurda acurtisii*), wawa (*Triplochiton sclerowylon*), mahagon africký, senegalský a pod. (*Khaya*

ivorensis anthoteca), *limba - afara (Terminalia superba)*, *kokosové dřevo (Brya ebenus)*, *aiele (Canarian scweinfurtii)*, *andoung (Monopetalanthus heitzii)*, *tola/agba (Gossweilerodendron balsamiferum)*, *Pau Marfim (Balfourodendron riedelianum)*.

Tabulka č. 5 - Minerální vláknité prachy

<u>Látka</u>	<u>PEL</u>
	<u>početní koncentrace</u> <u>(počet respirabilních vláken, cm⁻³)</u>
<u>azbestová vlákna všech azbestů</u>	<u>0,1</u>
<u>keramická vlákna</u>	<u>0,3</u>
<u>umělá minerální vlákna</u> <u>(např. čedičová, skleněná, strusková)</u>	<u>1,0</u>
	<u>hmotnostní koncentrace</u> <u>(mg.m⁻³)</u>
<u>umělá minerální vlákna *</u> <u>(vlákna všech rozměrů)</u>	<u>4</u>

Vysvětlivka k tabulce č. 5

* Pro umělá minerální vlákna včetně keramických musí být dodrženy současně přípustné hodnoty početní i hmotnostní koncentrace.

ČÁST B

Metoda odběru vzorků prachu obsahujícího azbest a jejich zpracování

1. Vzorky se odebírají v dýchací zóně zaměstnance, tj. uvnitř polokoule obepínající zředu obličej o poloměru 300 mm, měřeném ze středu spojnice uší.
2. K odběru se používají membránové filtry (smíšené estery nebo dusičnany celulosy) o průměru 25 mm a o velikosti pórů od 0,8 do 1,2 μm s vytištěnými čtverci upevněné v otevřeném držáku filtru s cylindrickým nástavcem přesahujícím 33 až 44 mm rovinu filtru a vymezujícím kruhovou plochu o průměru nejméně 20 mm. Při odběru má nástavec směřovat dolů.
3. K odběru vzorků pracovního ovzduší se používá přenosné bateriové čerpadlo umístěné na opasku nebo v kapse zaměstnance. Průtok vzduchu se nastavuje na počátku odběru na 1 litr/min $\pm 5 \%$ a má být udržován v rozmezí $\pm 10 \%$ počáteční hodnoty průtoku v průběhu celé doby odběru a nemá kolísat.
4. Doba odběru se měří s tolerancí 2 %.
5. Optimální počet vláken na filtru má být mezi 100 až 400 vláken/mm². Po odběru se celý filtr nebo jeho část umístí na podložní skličko, zprůhlední za použití acetotriacetinové metody a pokryje krycím sklíčkem.
6. Pro počítání vláken se používá binokulární mikroskop vybavený:
 - 6.1. osvětlením podle Koehlera,
 - 6.2. Abbeho nebo achromatickým fázově kontrastním kondenzorem a s nezávislým centrováním fázového prstence,
 - 6.3. pozitivním fázově kontrastním achromatickým objektivem zvětšujícím čtyřicetkrát s numerickou aperturou 0,65 až 0,70 s fázovou vrstvou v optické soustavě, případně

- zařazením pro vytvoření fázového kontrastu mimo rovinu objektivu. Absorpční koeficient absorpční destičky má být 65 až 85 %,
- 6.4 kompenzačními okuláry zvětšujícími 12,5 krát; alespoň jeden z nich musí dovolovat vložení okulárního měřítka a musí být vybaven zaostřováním,
- 6.5 Walton-Becketovým kruhovým měřítkem s kruhem vymezujícím při pracovním měření kruhové pole o průměru $100\ \mu\text{m} \pm 2\ \mu\text{m}$.
7. Mikroskop musí být seřízen podle instrukcí výrobce a detekční limit kontrolován pomocí fázově kontrastní testovací destičky. Kontrola se provádí denně před zahájením práce.
8. Vzorky se odečítají podle následujících pravidel:
- 8.1 počitatelné vlákno je jakékoliv vlákno, jehož délka je větší než $5\ \mu\text{m}$, průměr menší než $3\ \mu\text{m}$, poměr délky ku průměru minimálně 3 : 1,
- 8.2 jakékoliv počitatelné vlákno, jehož oba konce jsou uvnitř gratikulární plochy se počítá jako jedno vlákno; jakékoliv vlákno, jehož jen jeden konec je uvnitř plochy se počítá polovinou,
- 8.3 gratikulární plochy pro počítání se vyberou nahodile uvnitř exponované plochy filtru,
- 8.4 svazek vláken, který se v průběhu své délky jeví v jednom nebo více bodech jako solidní a nerozdělený, ale v jiných bodech je rozdělen do oddělených svazků (rozdělených vláken) se počítá jako jednotlivé vlákno, jestliže jeho rozměry odpovídají počitatelnému vláknu; průměr se přitom měří na nerozdělené části,
- 8.5 v jakémkoliv jiném svazku vláken, v němž se jednotlivá vlákna dotýkají nebo kříží, se vlákna počítají individuálně, jestliže je lze dostatečně rozlišit tak, aby bylo možno určit, zda odpovídají definici pro počitatelné vlákno; jestliže nelze jednotlivá vlákna odpovídající této definici rozlišit, je svazek pokládán za počitatelné vlákno, jestliže posuzován jako celek odpovídá definici počitatelného vlákna,
- 8.6 jestliže je více než 1/8 gratikulární plochy pokryta částicemi nebo jejich svazkem, musí být pro počítání zvolena jiná plocha,
- 8.7 počítá se 100 vláken, přičemž se odečítá minimálně 20 gratikulárních ploch, nebo se vyšetří 100 gratikulárních ploch,
- 8.8 průměrný počet vláken v jednom poli se vypočítá dělením počtu počitatelných vláken počtem vyšetřených polí. Vliv počtu skvrn na filtru a kontaminace filtru se musí omezovat a musí být udrženy pod hodnotu 3 vlákna na 100 polí a posuzuje se srovnáním s čistými filtry.

ČÁST C

Způsob měření a hodnocení inhalační expozice chemických látek a prachu

1. Pro zjištění inhalační expozice zaměstnance na pracovišti, musí se použít tam, kde je to možné, osobní odběr vzorků ovzduší vhodným zařízením, připevněným na těle. Tam, kde skupina zaměstnanců provádí identické nebo podobné úkony na stejném místě a je obdobně exponována, považuje se za reprezentativní pro celou skupinu, je-li odběr prováděn na vybraných zaměstnancích uvnitř této skupiny.
2. Postup měření musí dávat o inhalační expozici zaměstnance škodlivinám v pracovním ovzduší reprezentativní výsledky odvozené od časově váženého průměru jejich koncentrací (k_p). Výpočet časově váženého průměru koncentrací musí postihnout všechny pracovní operace i veškerou ostatní činnost v průběhu pracovní doby. Průměrnou koncentrací k_p se rozumí hodnota vypočtená z naměřených koncentrací k_1 k_n podle vzorce:

$$k_p = \frac{k_1 \cdot t_1 + k_2 \cdot t_2 + \dots + k_n \cdot t_n}{t_1 + t_2 + \dots + t_n}$$

kde

$k_1 - k_n$ = koncentrace v ovzduší získané jednotlivými odběry (měřeními)

$t_1 - t_n$ = doba trvání jednotlivých odběrů (měření).

3. Odběry vzorků a měření na pevně stanovených místech (stacionární) se mohou používat, jestliže jejich výsledky umožňují zjistit míru inhalační expozice zaměstnance na pracovišti. Vzorky se musí odebírat ve výšce dýchací zóny a v bezprostřední blízkosti zaměstnanců.
4. Postup měření musí odpovídat látce, která má být měřena, jejím limitním hodnotám (PEL, NPK-P) a složení pracovního ovzduší.
5. Výsledek musí být dostatečně spolehlivý s ohledem na limitní hodnoty látky a udán ve stejných jednotkách.
6. Jestliže metoda měření není specifická jen pro danou látku, musí být celá naměřená hodnota vztažena na látku, která má být hodnocena.
7. Meze stanovitelnosti musí odpovídat nejméně jedné čtvrtině PEL.
8. Musí být zajištěna správnost měřicího postupu. U metody musí být zajištěna celková správnost odpovídající odhadu relativní chyby $\pm 25\%$.
9. Pro měření musí být použity postupy ověřené v podmínkách praxe.

Hodnocení inhalační expozice

1. Jestliže v pracovním ovzduší nelze s jistotou vyloučit přítomnost jedné, či více látek v plynné formě nebo jako aerosolu, musí se zhodnotit jejich koncentrace a zjistit všechny skutečnosti, které mohou být relevantní pro expozici:
 - a) látky používané nebo vyráběné,
 - b) technická zařízení a technologické operace a
 - c) časové a prostorové rozdělení koncentrací látek.
2. Limitní hodnota pro chemické látky nebo prach v pracovním ovzduší je dodržena, jestliže hodnocení ukáže, že ji koncentrace ve vzduchu dýchací zóny nepřekračuje. Pokud jsou podklady nedostatečné pro kvalifikované posouzení, zda jsou limitní hodnoty dodrženy, musí být provedeno další šetření a měření.
3. Jestliže hodnocení ukáže, že:
 - a) nejsou limitní hodnoty dodrženy, musí být zjištěny důvody, pro které byla limitní hodnota překročena a musí být zavedena co nejrychleji odpovídající opatření pro nápravu situace a hodnocení se musí zopakovat,
 - b) jsou limitní hodnoty dodrženy, musí se podle potřeby v pravidelných intervalech provádět

- následná měření, aby se potvrdilo, že dosavadní situace stále trvá; čím více se zjištěná hodnota blíží hodnotě limitní, tím častěji se musí měření provádět nebo že
- c) nedochází současně k podstatným změnám v podmínkách pracoviště, které by mohly pravděpodobně vést ke změně expozice zaměstnance, může být snížena frekvence kontrol dodržení limitní hodnoty měření; v takových případech musí být však pravidelně kontrolováno, zda hodnocení vedoucí k tomuto závěru je stále ještě použitelné.
4. Jestliže jsou zaměstnanci vystaveni současně nebo následně více než jedné látce, musí být tato skutečnost brána v úvahu při hodnocení zdravotního rizika, jemuž jsou vystaveni.

ČÁST D

Měření vdechovatelné a respirabilní frakce polévatého prachu

Pro hodnocení expozice prachu platí zásady uvedené v části C s těmito doplňky:
Způsob a technika odběru a stanovení koncentrace frakcí polévatého prachu vdechovatelné a respirabilní frakce v pracovním ovzduší podle přijatých konvencí v ČSN EN 481 gravimetricky. Strategie měření, výběr vhodného měřicího postupu a zpracování výsledků dle ČSN EN 482 a ČSN EN 689.

Princip zkoušky

Podstatou metody je prosávání vzduchu zařízením s filtrem, na němž se určitá frakce polévatého prachu kvantitativně zachytí.

Prosávání vzduchu je nejčastěji zajištěno čerpací jednotkou s elektronickou regulací průtoku, popř. jiným způsobem (Venturiho trubice napojená na zdroj stlačeného vzduchu, rotace misky s filtrem apod.).

Vstupním zařízením může být cyklon, impaktor, elutriátor, popř. jiné zařízení, které zachycuje částice odlučovaných frakcí prachu, které musí odpovídat přijatým konvencím uvedeným v ČSN EN 481. (V tomto smyslu je možno používat i zařízení splňující požadavky Johannesburgské konvence).

Rozsah použití zkoušky

Je to rozdíl mezi horní a dolní mezí stanovitelnosti a mezí detekce hmotnosti odebraného prachu na filtru. Rozsah použití zkoušky závisí na době odběru, citlivosti analytických vah, typu filtru a typu prachu.

Mez detekce je nejmenší statisticky významný rozdíl v hmotnosti, který lze vypočítat z hmotnosti filtru s odebraným prachem a hmotnosti čistého filtru. Je ji možno odhadnout z hmotností opakovaně vážených slepých vzorků takto:

$$x_D = x_0 + k \cdot s_0$$

kde x_0 je průměrný rozdíl hmotnosti slepých vzorků před expozicí a po expozici

k je konstanta, doporučuje se hodnota 3

s_0 je průměrná směrodatná odchylka hmotnosti slepých vzorků před a po expozici (viz. kapitola Validace)

Horní mez stanovitelnosti polétavého prachu je největší hmotnost odebraného prachu v případě, že ještě nedochází k odpadávání prachových částic z filtru. Je závislá na maximální únosnosti filtru (u membránového filtru je asi 15-20 mg, u některých vláknitých filtrů až 80 mg, u PUF filtrů závisí na velikosti filtru a pórů).

Vzorkování, konzervace a přeprava vzorků

Vzorek prachu je získán prosáváním zkoumaného ovzduší odběrovou aparaturou. Před odběrem se doporučuje provést kontrolu těsnosti aparatury. Průtoková rychlost, která musí být dodržena po celou dobu odběru v povolených mezích (max. $\pm 5\%$ hodnoty průtokové rychlosti jmenovité) se liší podle druhu použitého odběrového zařízení. U osobních odběrových aparatur s čerpadlem se pohybuje hodnota jmenovité průtokové rychlosti v rozmezí 1-3,5 litrů/min., u osobních vzorkovačů (samplerů) u nichž je prosávání založeno na jiném principu než je tomu u sestavy čerpadlo + odběrová hlavice i více, např. 10 litrů/min. U stacionárních aparatur až 50 litrů/min. Zároveň s reálnými vzorky je nutno transportovat slepé vzorky, tj. vzorky, se kterými se manipuluje zcela obdobně jako s reálnými vzorky, vyjma prosávání vzdušin těmito filtry. Doporučuje se počet 1 až 4, popř. počet slepých vzorků přizpůsobit vyššímu počtu vzorkovaných pracovišť.

Vzorek prachu se uchovává a transportuje v odběrové hlavici popř. se exponované filtry v objímkách, miskách či jinak fixované podle typu použité aparatury přemístí do transportních obalů nebo boxů. V laboratoři se filtry umísťují v Petriho miskách v exsikátoru do dalšího zpracování. Doba archivace exponovaných filtrů je dána minimálně termínem vydání protokolu o zkoušce zkušební laboratoře pokud nebyl filtr podroben dalším destruktivním zkouškám. Obecně postup vzorkování a konzervace vzorků musí respektovat návod k použití konkrétního odběrového zařízení výrobce, není-li v rozporu s některým bodem standardní metody.

Etalony, referenční materiály

Závaží o rozsahu hmotnosti <1000mg, pokud možno odpovídající hmotnosti vážených filtrů.

Přístroje a zařízení

1. Kompletní odběrová hlavice (vybavená selektorem oddělující frakce polétavého prachu vyhovující konvencím podle ČSN EN 481), vyrobená z materiálu, který zaručuje, že nebude ovlivněno stanovení koncentrace prachu ani následné analýzy filtru (stanovení obsahu kovů, organických látek apod.).
2. Čerpací jednotka - čerpadlo zajišťující dodržení hodnoty požadovaného jmenovitého průtoku při odběru s maximální odchylkou $\pm 5\%$, tedy čerpadlo s elektronickou regulací průtoku nebo čerpadlo vybavené omezovací tryskou (kontrola průtoku je možná pouze při vybavení soustavy vakuometrem, tedy prostřednictvím hodnoty podtlaku, pod níž nesmí klesnout, má-li se průtok s postupným zanášením filtru snížit jen do povolené odchylky) nebo jiné, vybavené indikátorem chybné funkce čerpadla nebo automatickým přerušovačem chodu čerpadla se záznamem délky doby odběru (podle požadavků ČSN EN 1232 - Ovzduší na pracovišti. Čerpadla pro osobní odběr vzorků chemických látek - požadavky a zkušební metody, ČSN EN 12912 - Ovzduší na pracovišti. Čerpadla pro odběr vzorků chemických látek s objemovým průtokem nad 5 litrů/min - Požadavky a zkušební metody).
3. Časoměrné zařízení vhodného typu a rozsahu, například stopky.
4. Hadice přiměřeného průměru a materiálu, zaručujícího stálost vnitřního průřezu v

podtlakovém (nebo přetlakovém) režimu při prosávání odebírané vzdušiny, s dostatečnou tepelnou odolností (pryž, PU, PVC, apod.)

5. Držáky filtrů.
6. Podpůrné destičky pro podložení filtru.
7. Průtokoměr požadovaného rozsahu průtočné rychlosti a takové přesnosti jejího měření, aby bylo možno spolehlivě kontrolovat její kolísání v rozsahu požadovaných $\pm 5\%$, průtoku, nebo suchý nebo mokrá plynoměr s týmiž vlastnostmi.
8. Stativ, či jiné zařízení pro instalaci stacionárních odběrových zařízení ve výšce odpovídající výšce dýchací zóny exponovaného zaměstnance (s ohledem na jeho pracovní polohu).
9. Příslušenství pro osobní odběr (opasek, brašna, podle typu a provedení přístrojů).
10. Exsikátor s nasyceným roztokem K_2CO_3 pro udržení konstantní relativní vlhkosti 44 %.
11. Analytické váhy s citlivostí 10g nebo lepší.
12. Petřino misky nebo jiné zařízení pro transport a přechovávání filtrů.
13. Pinzeta s plochými konci pro manipulaci s filtry v laboratoři.
14. Formuláře pro záznamy v terénu a psací potřeby.
15. Teploměr, vlhkoměr, tlakoměr pro měření veličin při kalibraci (justaci) odběrové sestavy v laboratoři a podmínek odběru vzorků ovzduší na pracovišti.

Filtry

Výběr druhu filtru musí uživatel přizpůsobit podmínkám odběru vzorku (např. mikroklimatické podmínky) a potřebě eventuální následné analýzy zachyceného materiálu. Je nutno uvážit vlastnosti filtrů, jako druh materiálu, obsah nečistot, průměr a tloušťku filtru určený pro danou odběrovou hlavici, texturu povrchu filtru, pórovitost (např. průměr vláken, tloušťka a plošná hmotnost u vláknitých filtrů), velikost pórů (např. u membránových filtrů), odolnost vůči podtlaku. Membránové filtry (pro vdechovatelné frakci velikost pórů $< 2,5\mu m$, pro respirabilní frakci velikost pórů $< 1,5\mu m$) např. směs esterů celulózy, nitrát celulózy, acetát celulózy, celulóza, polykarbonát, polyamid, polytetrafluoretylen (PTFE). Vhodné pro všechny druhy prachu vyjma prachů, jejichž částice mají malou měrnou hmotnost (např. dřevných prachů). Většina z nich není vhodná (s výjimkou PTFE) pro odběr prachu v prostředí s vyšší koncentrací organických rozpouštědel.

Vláknité filtry (pórovitost se významně liší u různých typů materiálů, pro křemenné filtry jsou požadavky přibližně - průměr vláken $< 1,0\mu m$, tloušťka filtru $> 400\mu m$ a plošná hmotnost $> 5\text{ mg/cm}^2$) - skleněné, křemenné (quartz), AFPC. Vhodné pro všechny druhy prachů včetně prachů, jejichž částice mají malou měrnou hmotnost. Tyto filtry mají zpravidla vyšší únosnost zachyceného materiálu.

Polyuretanová pěna (druhy dodávané výrobcem pro odběrové zařízení). Pokud není výrobcem uveden návod na další zpracování tohoto filtru, není vhodnou volbou v případě provádění dalších analýz odebraného prachu a v prostředí s vyšší koncentrací organických rozpouštědel.

Postup zkoušky

Postup zkoušky spočívá ve stanovení hmotnostní koncentrace vdechovatelné a/nebo respirabilní frakce, popř. jiné frakce poletavého prachu v pracovním ovzduší osobní nebo stacionární odběrovou aparaturou. Stanovení sestává z přípravných prací v laboratoři, vlastního odběru, zpracování vzorku a výpočtu koncentrace prachu.

Koncentrace dané frakce se vypočte podle vzorce

$$c = m/V,$$

kde

c - koncentrace frakce (mg/m³)

m - celková hmotnost prachu (mg)

V - objem odebraného vzorku (m³)

Celková hmotnost prachu se vypočte z rozdílu hmotností filtru před a po odběru (expozici) podle vzorce

$$m = W_2 - W_1,$$

kde

W₁ - hmotnost filtru před odběrem (mg)

W₂ - hmotnost filtru po odběru (mg)

Stejným způsobem se provede výpočet i pro slepé vzorky (viz kapitola - validace).

Objem vzorku vzduchu se stanoví měřením prošlého objemu vzduchu nebo se vypočte jako součin průměrného průtoku a doby odběru podle vzorce

$$V = Q \cdot t,$$

kde

Q - minutový průtok odběrovým zařízením (m³/min)

T - doba odběru (min).

Q se stanoví podle návodu výrobce zařízení (aritmetický průměr hodnot průtokové rychlosti na začátku a na konci odběru, jmenovitý průtok čerpadla s omezovací tryskou, Venturiho trubice).

Přepočet na standardní podmínky se provádí tehdy, nebylo-li při měření použito měřidla kalibrovaného za standardních podmínek. Za standardní podmínky se považuje T=20°C a p=101,3kPa).

V případě, kdy měřidlo průtoku je v odběrové sestavě zařazeno za odběrovou hlavici po směru proudění prosávaných vzdušín (např. je-li k měření průtoku použit rotametr jako součást čerpadla), při výpočtu odebraného objemu je nutno provést korekci na tlakové a teplotní podmínky při justaci sestavy, například podle vzorce:

$$V = Q \cdot t \cdot (p_{kal} \cdot t_{odb} / p_{odb} \cdot t_{kal})^{1/2},$$

kde

Q - objemový průtok odběrovým zařízením (m³/min)

T - doba odběru (min)

p_{kal} - tlak během kalibrace čerpadla (kPa), tlakoměr zařazen mezi čerpací jednotku a odběrovou hlavici

t_{odb} - teplota během kalibrace (°C)

p_{odb} - tlak odebraného vzduchu (kPa)

t_{kal} - teplota odebraného vzduchu (°C)

a) Stanovení hmotnostní koncentrace vdechovatelné frakce prachu osobní odběrovou aparaturou

Použije se zařízení s odběrovou hlavicí vyhovující konvenci pro vdechovatelné frakci podle ČSN EN 481.

Přípravné práce

Vizuální kontrola stavu odběrových zařízení, kontrola akumulátorů čerpadla, hadic, **Kondicionace filtrů**

před odběrem vzorku musí být filtr kondicionován při konstantní relativní vlhkosti a konstantní teplotě nejméně 24 hodiny. Doporučuje se, aby pro dosažení nejlepší přesnosti okolní teplota byla v rozsahu 15 - 30 °C a byla udržována v rozmezí ± 3 °C, relativní vlhkost v rozmezí 20 - 45 % ± 5 %. Po odběru vzorků musí být filtry kondicionovány za stejných podmínek jako před odběrem. Filtry musí být v exsikátoru během kondicionace uloženy v otevřených přepravních zařízeních, např. Petriho miskách. Exsikátor musí být umístěn co nejbližší analytickým vahám, aby se čas, po který je filtr vystaven jiné vlhkosti, zkrátil na minimum. Z téhož důvodu je vhodné umístit do skříně vah malou kádinku s nasyceným roztokem K_2CO_3 . Pokud je v laboratoři k dispozici váhova s řízenými tepelně vlhkostními podmínkami, postačí pro kondicionaci filtrů uložení v této místnosti v prázdném exsikátoru nebo pod ochranným obalem.

Kontrola správné funkce analytických vah - před vážením každé série filtrů je nutno provést vážení závaží o hmotnosti <1000mg, pokud možno odpovídající hmotnosti vážených filtrů. Odchylka od deklarované hodnoty musí být menší než v laboratoři vypočtená kombinovaná nejistota z nejistoty kalibrace tohoto závaží a nejistoty kalibrace vah. Pokud vznikne podezření na změnu podmínek vážení (teplota, vibrace, mechanický otřes apod.), je nutno provést novou kalibraci vah.

Vážení čistých filtrů

Filtry musí být zváženy do 1 minuty po vyjmutí z exsikátoru, aby se jejich hmotnost nezměnila vlivem odlišné okolní vlhkosti. Exsikátor se musí zavřít po každém vyjmutí filtru. Po kalibraci analytických vah se filtry bez objímky a podpůrných destiček zváží. Filtry se přechovávají v laboratoři v čisté Petriho misce. Manipulace s nimi se děje pouze pinzetou s plochými čelistmi, bez dotýkání se exponované plochy filtru, pouze za okraj. Vážení filtrů s objímkami je možné u speciálních odběrových zařízení podle specifikace výrobců.

Sestavení odběrové hlavice

Filtr a podpůrná destička se do objímky vloží ihned po zvážení, objímky se uloží v transportním obalu popř. se instalují přímo do odběrových hlavic.

Odběr vzorku v terénu

- Sestaví se odběrová aparatura - čerpadlo, hadička, odběrová hlavice s filtrem, upevní se na pracovníka exponovaného prachu pracovního ovzduší, do jeho dýchací zóny podle příslušné české technické normy ČSN EN 1540.
- Nastaví se požadovaný průtok sestavy justací čerpadla (průtokoměrem či jiným zařízením)
- Zaznamená se čas začátku odběru, průtoková rychlost na začátku měření popř. jiné parametry než průtok mající význam pro měření.
- Po odběru vzorku se zaznamená čas ukončení odběru, průtoková rychlost na konci měření popř. jiné. Filtr v objímce se vyjme z odběrové hlavice a uloží do transportního obalu.

Zpracování vzorku v laboratoři

- Před vážením se filtr po odběru vzorku kondicionuje za stejných podmínek jako před odběrem. Požadavky na vážení exponovaných filtrů jsou stejné jako u vážení čistých filtrů.
- Výpočet koncentrace prachu je uveden výše.
- Všechny práce či manipulace se zařízením musí být v souladu s postupem stanoveným

výrobce zařízení.

b) Stanovení hmotnostní koncentrace respirabilní frakce (podle přijatých konvencí) prachu osobní odběrovou aparaturou.

Respirabilní frakce se odebírá v případě výskytu prachu s převážně fibrogenním účinkem. Stanovení jiných frakcí může být opodstatněné při výzkumných a speciálních úkolech.

Použije se zařízení s odběrovou hlavicí vyhovující konvenci pro respirabilní, popř. jinou frakci podle příslušné české technické normy ČSN EN 481.

Celý postup je identický jako u vdechovatelné frakce s tím, že některá zařízení umožňují stanovení vdechovatelné, respirabilní popř. jiných frakcí současně (odběr jedinou odběrovou hlavicí). V tomto případě se provádí nejen vážení filtru ke stanovení koncentrace respirabilní frakce, ale i vážení ostatních zachycených podílů prachu. Vdechovatelné frakce je pak dána součtem všech zachycených podílů prachu.

c) Stanovení hmotnostní koncentrace vdechovatelné a respirabilní frakce prachu stacionární odběrovou aparaturou

Postup je identický jako u stanovení koncentrace uvedených frakcí poletavého prachu osobní odběrovou aparaturou. Rozdíl je pouze u odběru vzorku v terénu, kdy po sestavení odběrové aparatury se tato umístí na referenčním místě na pracovišti v úrovni dýchací zóny, neupevňuje se na zaměstnance. Referenčními místy jsou míněna místa pro statický odběr vzorků, která reprezentují výskyt a pohyb zaměstnanců.

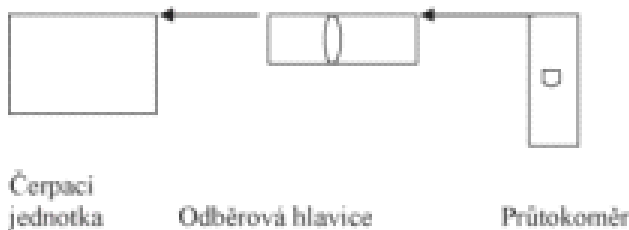
d) Požadavky na metrologickou návaznost:

Metrologická návaznost je upravena zákony a prováděcími předpisy v platném znění.

Časové intervaly úkonů metrologické návaznosti (kalibrací) jsou upraveny zvláštními právními předpisy pro stanovená měřidla, v případě nestanovených měřidel si laboratoř příslušné intervaly stanoví sama.

Průtoková rychlost v sestavě čerpadlo-odběrová hlavice se měří vždy minimálně před a po každém odběru průtokoměrem, či nepřímo měřidlem jiné veličiny, při zapojení sestavy (viz schéma nejběžnější aplikace) podle doporučení výrobce takto:

Směr toku vzduchu



Vysvětlivka:

Čerpací jednotka (v zapojení nasává) --- odběrová hlavice osazená filtrem (použitým pouze ke kalibraci, stejného typu jaký je použit k odběru vzorků) --- průtokoměr. Jiné zapojení může způsobit nepřesné nastavení správné hodnoty průtokové rychlosti odběrové aparatury! (viz korekce na tlakové a teplotní podmínky při justaci soustavy).

Vyjádření výsledků

Výsledky koncentrace prachu se udávají v mg/m^3 . Nejistota výsledku se uvádí v % hodnoty výsledku nebo v jednotce mg/m^3 .

Zaokrouhlování výsledků

Výsledky se zaokrouhlují na 1 desetinné místo.

Validace metody, kontrola stability zkoušek

V následujícím textu jsou použity názvy parametrů podle příslušné české technické normy ČSN ISO 3534 - 1.

Pro validaci metody musí laboratoř ověřit následující parametry pro konkrétní podmínky a použitou laboratorní a odběrovou techniku:

Rozsah kalibrace: u průtoku je dán rozdílem nejvyšší a nejnižší hodnoty kalibrační závislosti. Pracovní rozsah měřidla průtoku musí respektovat jmenovité hodnoty průtoků hlavice odběrových aparatur. Pracovní rozsah měřidel hmotnosti musí splňovat podmínku nižší dolní meze váživosti vah než je hmotnost použitého čistého filtru.

Nejistota kalibrace: vyjadřuje výskyt chyb při kalibraci nebo použití měřicího zařízení (průtokoměrů, vah, plynometrů atd.). Zpravidla je vyjádřena jako rozšířená kombinovaná standardní nejistota nebo konfidenční interval. U průtokoměru nesmí být horší než $\pm 5\%$ hodnoty průtoku, které jsou požadovány u stability průtoku čerpacích jednotek, v praxi se pohybuje do $\pm 3\%$. Používají se váhy s citlivostí 0,01 mg nebo lepší.

Mez detekce (mez stanovitelnosti) lze odhadnout výpočtem z opakovaných měření slepých pokusů (pro daný typ filtru). Doporučuje se pro výpočet použít sady nejméně 10 naměřených rozdílů hmotnosti slepých vzorků (čistých filtrů) před a po expozici (myslí se tím vystavení filtru stejným podmínkám jako neznámé vzorky s tím rozdílem, že slepými vzorky není prosáván vzduch obsahující aerosol).

Mez stanovitelnosti se použije v případě požadavku dodržení shodnosti v celém rozsahu kalibrace a vypočte se stejným způsobem jako mez detekce při použití koeficientu $k=10$. V souladu s postupem zkoušky se provádí vážení slepých filtrů při každé sérii vzorků. Z výsledků se sestojí regulační diagram, kde v přípravné fázi se vynese nejméně 10 zjištěných rozdílů hmotnosti (před a po expozici). Pokud poté dojde u slepého vzorku k překročení regulačních mezí ($\pm 3s_0$) musí být výsledky u této série prohlášeny za neplatné.

Shodnost vyjadřuje přítomnost a velikost náhodných chyb, tj. variabilitu jednotlivých dílčích kroků při měření prašnosti (vážení, měření průtoku, apod.). Slouží jako výchozí parametr (vyjádřený jako směrodatná odchylka) pro odhad nejistoty výsledku.

Strannost (správnost) strannost metody lze hodnotit jen v definovaných laboratorních podmínkách při zajištění referenční koncentrace aerosolu.

Specifičnost je odhadována na základě znalosti principu metody a experimentů, kterými je možno odhalit rozsah rušivých vlivů interferujících s měřeným faktorem. Měření koncentrace prachu je metodou nespecifickou v případě výskytu kapalného aerosolu při měření závisí zachyt kapalných částic na filtru (nebo částic pevných, na které se kapalně mohou vázat) na tenzi par kapalných látek.

Nejistota výsledků je parametr přidružený k výsledku měření, charakterizující rozptyl hodnot důvodně přisuzovaný výsledkům. Nejistotu výsledků je možno odhadnout jako rozšířenou kombinovanou standardní nejistotu podle zákona o šíření nejistot. Je to souhrn nejistot všech veličin vstupujících do procesu vynásobený koeficientem rozšíření.

Při výpočtu kombinované standardní nejistoty výsledku se významně podílí na výsledku tyto složky:

- a) nejistota vnesená kalibrací měřidel - přebírá se z údaje o nejistotě kalibrace,

- b) vzorkování - v úvahu připadá vliv směru/rychlosti proudění vzduchu, vlhkost při odběru, shoda průběhu odlučování jednotlivých frakcí prachu odběrovým zařízením s konvenční funkcí,
- c) vliv experimentálních podmínek na zkušební postup - vlivy prostředí při vážení a justaci průtoku,
- d) vlastnosti a stav předmětu zkoušení, interference - distribuce částic aerosolu, vliv možného elektrostatického náboje váženého filtru na výslednou hmotnost,
- e) další vlivy - chyby operátora, aproximace, předpoklady, které jsou součástí zkušební metody.

Rozšířená kombinovaná standardní nejistota výsledku se vypočte podle vzorce

$$U(p, q, r, \dots) = k \cdot (u_p^2 + u_q^2 + u_r^2 + \dots)^{1/2}$$

kde

k - koeficient rozšíření,

u_p - dílčí standardní nejistota parametru p,

u_q - dílčí standardní nejistota parametru q,

u_r - dílčí standardní nejistota parametru r.

¹⁰ Zákon č. [356/2003 Sb.](#), o chemických látkách a chemických přípravcích a o změně některých zákonů, ve znění pozdějších předpisů.