

Ochrana zdraví osob pracujících s nanomateriály v aktivitách zahraničních institucí (WHO, BAuA)



Jaroslav Mráz



***Státní zdravotní ústav Praha
Centrum hygieny práce a pracovního lékařství***

**Bundesanstalt für Arbeitsschutz und Arbeitsmedizin (BAuA)
(Federal Institute for Occupational Safety and Health)**

Dortmund

**SAFE HANDLING OF NANOMATERIALS AND
OTHER ADVANCED MATERIALS AT WORKPLACES**

(připraveno v rámci FP7 projektu NanoValid – Development of reference methods for hazard identification, risk assessment and LCA of engineered nanomaterials)



Developing Reference Methods for Nanomaterials

Upozornění

Názvy osobních ochranných prostředků uváděné v této presentaci byly převzaty z originálního dokumentu BAuA. Podle vyjádření znalce tyto názvy nejsou v souladu s názvoslovím dle současné české normy.

Rozhodovací kritéria:

1. Fyzikální stav nanomateriálu (NM)

- vázán v matrici
- suspendován v kapalině
- suchý práškový materiál

2. Rozpustnost ve vodě

3. Vlákenný tvar částic nebo látka s CMR vlastnostmi

4. Chemická toxicita nebo pouze částicová toxicita

CMR: látka karcinogenní, mutagenní nebo toxická pro reprodukci

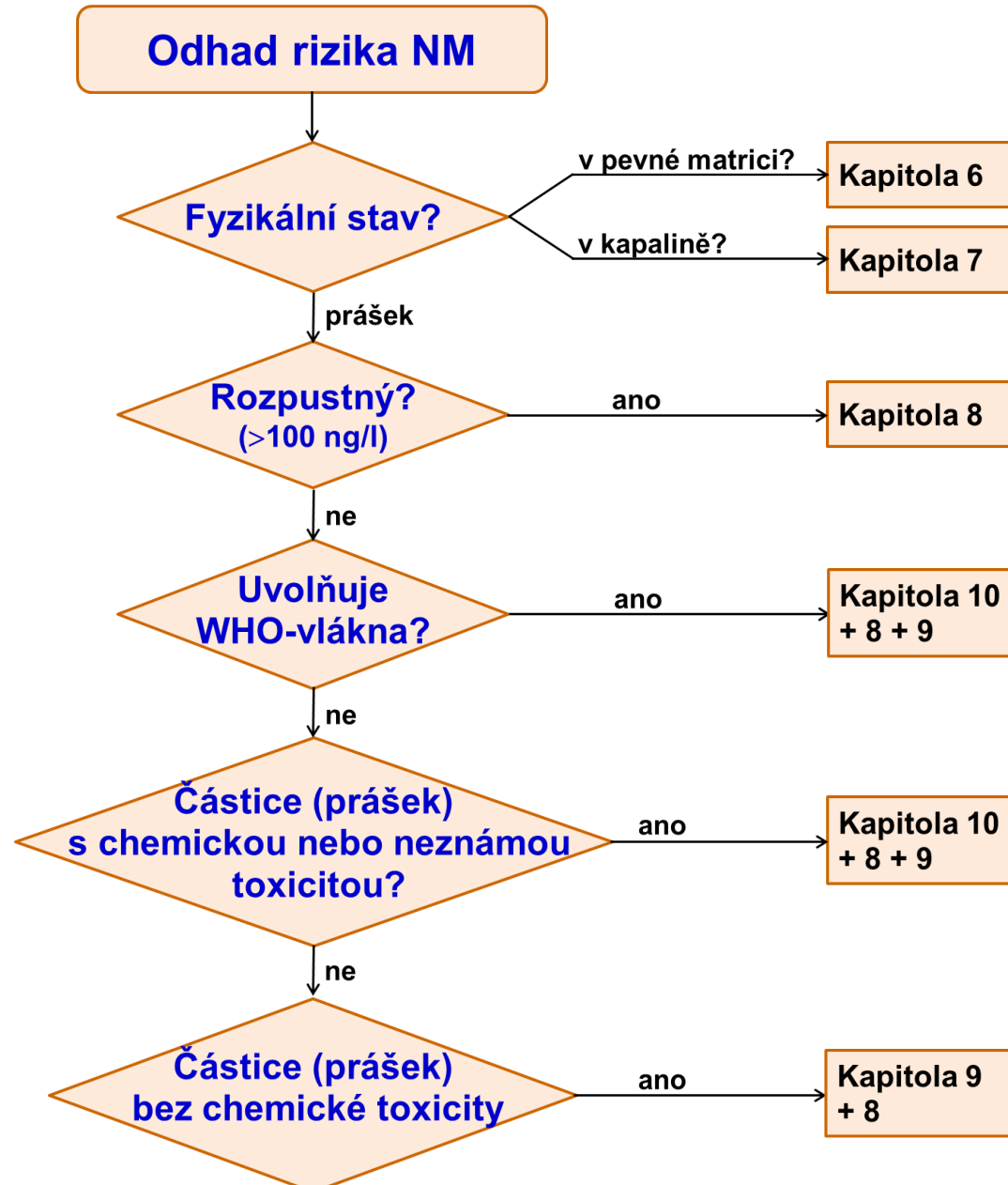
Ochranná opatření prováděná podle principu STOP

S substitution

T technical measures

O organisation measures

P personal protection measures
(osobní ochranné prostředky)



Rozhodovací kritérium 1: **Fyzikální stav nanomateriálu (NM)**

■ **NM fixován v pevné matici**

- nanočástice v pevné matici se běžně neuvolňují ani při mechanickém obrábění (řezání, pískování) → ochranná opatření stejná jako při mechanickém obrábění

→ **Kapitola 6**

■ **NM v kapalně suspenzi**

- nutno zabránit tvorbě aerosolů (např. stříkáním)
- pokud aerosoly nevznikají, přítomnost NM není třeba zohledňovat

→ **Kapitola 7**

■ **NM v práškovém stavu** → Rozhodovací kritérium 2

Kapitola 6

Ochranná opatření při nakládání s NM v pevné matrici

- S** - použití méně prašného materiálu (zvlhčení, granulace, pasty)
- T** - při tvorbě prachu mechanickým obráběním použít vysavače/oddělovače prachu s filtry kategorie M a vyšší
 - pravidelná kontrola digestoří a ventilace
 - při cirkulaci vzduchu řádná filtrace

Kontrola účinnosti

s měřením: hygienický limit pro respirabilní prach (hustoty 2.5 g/cm³):
1.25 mg/m³ (German Committee on Hazardous Substances, AGS)

bez měření: porovnat s jinými podobnými pracovišti

Kapitola 7

Ochranná opatření při nakládání s NM v kapalně suspenzi

Při stříkacích pracích nutno použít stříkací kabinet nebo extrakční stěnu nebo stříkací stěnu.

- S** - stříkání nahradit ponořením, natíráním, válečkováním
- T** - ventilace, záchyt co nejbližší zdroji
 - strojová aplikace místo manuální aplikace
 - opatření pro explozivní prostředí (elektrické instalace v neexplozivním provedení, uzemnění proti statické elektřině, nejiskřivá zařízení, prostor bez plamene a horkých povrchů, vhodné obutí a oblečení)
- O** - práce venku: po větru
 - nevstupovat do čerstvě kontaminovaných prostor
 - omytí kontaminované pokožky
- P** - masky s filtrem proti aerosolu i parám, chemicky odolné rukavice (nitril, neoprén), ochranný oblek

Rozhodovací kritérium 2

Rozpustnost NM

Limitní rozpustnost 100 mg/l (amorfní SiO₂: 120 mg/l)

Možno zohlednit, pokud některé NM mají vyšší rozpustnost v séru než ve vodě.

Pro rozpustné NM aplikovat stejná ochranná opatření jako pro identickou substanci ve formě mikročástic.

→ **Kapitola 8**

Nerozpustné NM → Rozhodovací kritérium 3

Kapitola 8

Ochranná opatření při nakládání s rozpustnými NM

- S** - použití méně prášivého materiálu a/nebo méně prašných postupů (zvlhčení, granulace, pasty, předmíchané směsi)
- T** - ventilace
 - při cirkulaci vzduchu řádná filtrace
 - ruční nářadí s odtahem
- O** - zabránit víření prachu při manipulaci s NM, použitými obaly a při úklidu, zabránit depozici NM na špatně čistitelných a vlhkých plochách, venkovní práce po větru, řádné odpadové hospodářství
- P** - respirátory (prašný filtr P2), ochranné obleky, ochranné brýle

Kontrola efektivity:

S měřením: hygienické limity pro inhalabilní nebo respirabilní frakci prachu (hustoty 2.5 g/cm^3): 10 mg/m^3 a 1.25 mg/m^3 (limity AGS)

Bez měření: porovnat s jinými podobnými pracovišti

Rozhodovací kritérium 3

Vláknitý tvar částic NM

Vláknitý tvar může být spojen s výrazným zvýšením nebezpečnosti NM (analogie s azbestem)

WHO kritérium: délka $> 5 \mu\text{m}$, průměr $< 3 \mu\text{m}$, poměr délka/průměr > 3

Pokud rozměry vláken neznáme, zachovat princip předběžné opatrnosti a nakládat s NM jako s karcinogeny.

Práce s křehkými/lámavými vlákny + splnění WHO kritéria:

→ **Kapitola 10**

Práce s pružnými nelámavými vlákny **nebo** nesplnění WHO kritéria:

→ **Kapitola 9**

NM není vláknitý → Rozhodovací kritérium 4

Kapitola 10

Zvýšená/speciální ochrana při práci s nanovláknny

- S** - dispergace v kapalině, uložení do matrice, snížení prašnosti zvlhčením, granulací, předmícháním
 - náhrada pružnými nebo nebiopersistentními vlákny nebo vlákny mimo WHO kritérium
- T** - oddělené jednoúčelové pracovní prostory
 - HEPA filtry třídy H14 apod. jako při práci s azbestem
- O** - maximální omezení práce v otevřeném prostoru, čištění povrchů vlhkým způsobem nebo polymerním filmem
- P** - obličejová polomaska s filtrem P3 nebo respirátor s aktivní filtrací TM3P, ochranný oblek

Kontrola účinnosti:

koncentrace vláken $< 10\,000/\text{m}^3$,

optimální stav: nezvýšená hodnota pozadí nebo < 500 vláken/ m^3



Personal protection measures: schematic drawing of a power air purifying respirator (PAPR)

Rozhodovací kritérium 4

Typ toxicity NM (částicová nebo chemická)

- a) Částicová toxicita: vyvolána přítomností granulárních biopersistentních respirabilních částic v cílové tkáni
hodnocení expozice: expoziční limit pro respirabilní prach

Kapitola 9

- b) Chemická toxicita: specifická pro konkrétní látku, způsobena např. uvolněnými ionty nebo katalytickým účinkem

hodnocení expozice: expoziční limit pro danou látku v mikrometrické formě (obvykle $<0.1 \text{ mg/m}^3$)

Kapitola 9 (pokud exp. limit není překračován)

Kapitola 10 (pokud je překročení exp. limitu reálné)

Kapitola 9

Ochrana při práci se suchými, prášivými a nerozpustnými NM

- S** použití náhradního NM, např. s nižší prášivostí nebo povrchovou úpravou a/nebo méně prašných postupů (zvlhčení, granulace, pasty, předmíchané směsi)
 - T** práce v uzavřených systémech
(práce v laboratořích s gramovými množstvími v digestořích nebo boxech se považuje za bezemisní)
ventilace; při cirkulaci vzduchu řádná filtrace (filtry třídy H)
 - O** proškolení personálu
čištění povrchů mokřým způsobem nebo vysavači s filtry třídy H
mít plán pro případ nehody – úniku velkého množství NM
opatření na ochranu před explozí
 - P** krátkodobá práce: polomaska s P2 filtrem
delší práce: respirátor s aktivní filtrací typu TM2P nebo TM3P
- Kontrola účinnosti: měření, porovnání s limitem pro respirabilní prach

Kapitola 9

Ochrana při práci se suchými, prášivými a nerozpustnými NM

Kontrola účinnosti:

- online čítač částic:
 - pro posouzení rozdílu v koncentraci částic před pracovní aktivitou a v jejím průběhu (typické pozadí 20×10^3 částic/m³)
 - identifikace úniků NM
- měření koncentrace respirabilní frakce prachu

Kde se dozvědět potřebné údaje o vlastnostech NM?

- bezpečnostní listy
- od výrobce

Jestliže údaje o toxicitě NM nejsou (dosud) známy, předpokládat vlastnosti dle tabulky:

Hazard	R-věta	H-věta
Akutní toxicita (Acute Tox. 3)	R23, R24, R25	H301, H311, H331
Dráždivost (Skin Irrit. 2)	R38	H315
Mutagenita (Muta. 2)	R68	H341
Skin sensitization (Skin Sens. 1)	R43	H317

Ochrana zdraví pracovníků v riziku expozice nanomateriálům – zkušenosti s přípravou směrnice Světové zdravotnické organizace (WHO)



Jaroslav Mráz



Státní zdravotní ústav, Praha
Centrum hygieny práce a pracovního lékařství

Světová zdravotnická organizace World Health Organization (WHO)

- **2011: ustavení WHO/NANOH Guideline Developing Group (GDG) „*Protecting Workers from Potential Risks of Manufactured Nanomaterials*“**
- **Předpokládání uživatelé:**
národní ministerstva zdravotnictví a práce, OSH profesionálové, zaměstnavatelé, odbory, zaměstnanci

Schéma procesu tvorby WHO směrnic

- 1) **Rozhodnutí o přípravě směrnice** (WHO, Interventions for Healthy Environments, Dept. of Public Health and Environment)
- 2) **Diskuse obsahu směrnice**
- 3) **Diskuse rozsahu, ujasnění požadavků na směrnici a určení organizačních opatření**
- 4) **Ustavení pracovní skupiny (Guideline Developing Group, GDG)**
- 5) **Formulace klíčových otázek (PICO questions)**
- 6) **Schválení komisí (Guideline Review Committee, GRC)**
- 7) **Určení autorů review**
- 8) **Systematický sběr a uspořádání podkladů (review)**
- 9) **Hodnocení kvality důkazů (metoda GRADE)**
- 10) **Vypracování doporučení**
- 11) **Připomínkování, schvalování, publikace, implementace**

Tvorba WHO směrnic

Účastníci procesu:

- Guideline Review Committee (GRC)
- Guideline Developing Group (GDG)
- autoři review
- metodik WHO
- nadřízený stupeň WHO

Tvorba WHO směrníc

Formulace **PICO** otázek:

Patient or population

Intervention

Comparison

Outcome

Tvorba WHO směrnic

Výběr vhodných otázek: **DELPHI** process

bodování podle kritérií:

- **hodnota pro uživatele**
- **specifita pro konkrétní pracoviště** (tj. zda otázka bere v úvahu parametry pracoviště, pracovních procesů, použitých materiálů...)
- **specifita posuzovaného opatření**
- **specifita srovnávacího (referenčního) opatření**
- **specifita požadovaných výstupů**

Tvorba WHO směrníc

System hodnocení doporučení GRADE:
Gradings of **R**ecommendations **A**ssessment,
Development and **E**valuation

GRADE slouží ke kategorizaci dvou složek doporučení:

- **kvalita důkazů (quality of evidence)**
- **síla doporučení (strength of recommendation)**

Kritéria hodnocení kvality důkazů

Pro každou otázku stanoveno 8-9 specifických kritérií s rozsahem bodování každého kritéria v rozmezí -2 až +2

→ výpočet celkového skóre, podle něž celková kvalita důkazů zařazena jako

- vysoká
- střední
- nízká
- velmi nízká

Síla doporučení

- slabé
- silné

GRADE postupy pro hodnocení různých typů epidemiologických studií (zahrnuta další kritéria)

série článků v J Clin Epid

Klíčové otázky směrnice WHO/NANOH

- a) **Které specifické nanomateriály a skupiny nanomateriálů jsou nejdůležitější z hlediska snižování rizika pro pracovníky?**
- b) **Pro nanomateriály vybrané v bodě a), které jejich formy a které cesty expozice jsou nejdůležitější (z hlediska snižování rizika pro pracovníky)?**
- c) **Které kategorie nebezpečnosti a jaké hodnoty profesionálních expozičních limitů (OEL) by měly být přiřazeny jednotlivým nanomateriálům nebo skupinám nanomateriálů, a na jakém základě?**
- d) **Jaké jsou typické expoziční situace při nakládání s nanomateriály a při kterých průmyslových procesech k nim dochází?**

- e) Jak lze určit expozice nanomateriálům? Existují k běžně používaným současným technikám také techniky alternativní, vhodné pro méně rozvinuté státy?**
- f) Může metoda control banding zajistit dostatečnou kontrolu pro bezpečné nakládání s nanomateriály?**
- g) Jaké techniky snižování expozice se mají používat pro specifické nanomateriály a skupiny nanomateriálů a pro specifické expoziční situace, a jaká jsou kritéria pro vyhodnocení efektivity přijatých opatření?**
- h) Jak by měli být proškoleni pracovníci v riziku expozice specifickým nanomateriálům nebo skupinám nanomateriálů?**
- i) Jaké metody zdravotního dozoru by měly být prováděny u pracovníků v riziku expozice nanomateriálům?**
- j) Jak se mají pracovníci a jejich zástupci podílet na odhadu a řízení rizik při nakládání s nanomateriály?**

- e) Jak lze určit expozice nanomateriálům? Existují k běžně používaným současným technikám také techniky alternativní, vhodné pro méně rozvinuté státy?
- f) **Může metoda control banding zajistit dostatečnou kontrolu pro bezpečné nakládání s nanomateriály?**
- g) Jaké techniky snižování expozice se mají používat pro specifické nanomateriály a skupiny nanomateriálů a pro specifické expoziční situace, a jaká jsou kritéria pro vyhodnocení efektivity přijatých opatření?
- h) Jak by měli být proškoleni pracovníci v riziku expozice specifickým nanomateriálům nebo skupinám nanomateriálů?
- i) **Jaké metody zdravotního dozoru by měly být prováděny u pracovníků v riziku expozice nanomateriálům?**
- j) Jak se mají pracovníci a jejich zástupci podílet na odhadu a řízení rizik při nakládání s nanomateriály?

Může metoda control banding zajistit dostatečnou kontrolu pro bezpečné nakládání s nanomateriály?

Reviewer: NIOSH

- **Nalezeno 226 prací na základě klíčových slov + 15 dalších prací, vyloučeny duplikáty, zůstalo 235 prací**
- **Vyloučeno 165 prací (neobsahují klíčová slova v názvu)**
- **Zůstalo 70 prací pro důkladné review**
- **Nedohledáno 22 prací, zůstalo 48 prací**
- **Provedeno důkladné review, zůstaly 2 práce, které splňují všechny požadavky pro zařazení do hodnocení**