



# Aktuální otázky nanobezpečnosti

Zuzana Balgová, Vladimír Adamec, Klaudia Köbölová

Vysoké učení technické v Brně

Ústav soudního inženýrství

**APROCHEM Hustopeče 20. - 21. 10. 2021**



# Obsah

- Nanotechnologie, nanomateriály, nanočástice
- Nanomateriály - původ a výskyt
- Nanomateriály - vlastnosti
- Nanomateriály - organizmus a zdraví
- Nanomateriály - stav hodnocení rizik
- Legislativa - nanobezpečnost
- Safe by design, Controll Banding
- Metodiky

# Nanotechnologie

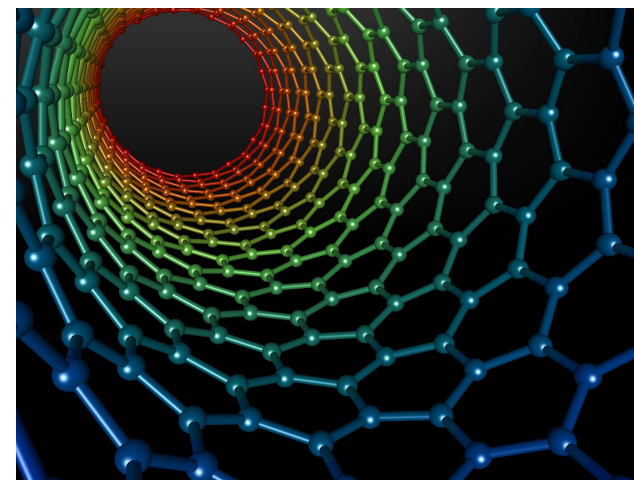
- výzkum a technologický vývoj na atomové, molekulární nebo makromolekulární úrovni
- ve velikostním rozsahu využívaných funkčních struktur 1 - 100 nm



# Co jsou nanomateriály?

Definice v doporučení EU (2011/696/EU/18.10.2011):

Nanomateriál (MNM) je přírodním materiálem, materiálem vzniklým jako vedlejší produkt nebo cíleně vyrobeným materiálem obsahujícím částice. Tyto částice jsou ve formě izolovaných částic nebo jejich agregátů/ aglomerátů a 50 % nebo více částic materiálu má jeden nebo více vnějších rozměrů ve velikostním rozmezí 1-100 nm.



<https://commons.wikimedia.org/wiki/File:FlyingThroughNanotube.png>

# Nanomateriály - původ a výskyt

Přírodní - plná adaptace ŽP

Antropogenní - z činností člověka, částečná adaptace ŽP

Syntetické - nové materiály s definovanou strukturou, nové v ŽP





# Nanomateriály - vlastnosti

V „nanosvětě“ přestávají platit zákony klasické fyziky známé pro makrosvět a začínají se projevovat také kvantové vlastnosti atomárního mikrosvěta.

## Co to znamená?

Nanomateriály mají jiné vlastnosti než stejné chemické sloučeniny v kompaktní podobě nebo jako makro/mikročástice.

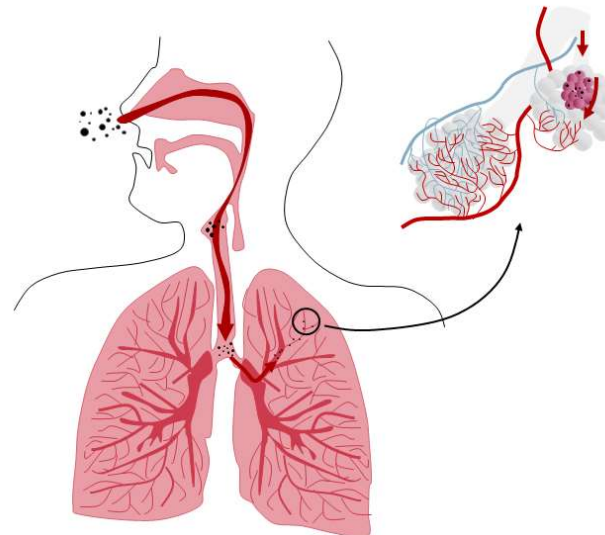
Reaktivita nanomateriálů - mají mnohem větší povrch než stejná hmotnost „sympkých klasických“ materiálů takže větší množství materiálu může přijít do styku s okolím, což zvyšuje reaktivitu.

(Příklad:  $1\text{cm}^3$  kostka má povrch  $6\text{cm}^2$ ; stejná kostka o velikosti  $1\text{cm}^3$  naplněná kostkami o velikosti  $1\text{nm}^2$ , každá o ploše  $6\text{nm}^2 = 6\,000$  metrů čtverečních)



# Cesty vstupu NM do organismu

- **Dýchací systém**
  - cesta největší expozice NM
  - ukládání v různých místech dýchacích cest
  - vstup do krevního a lymfatického oběhu → distribuce do orgánů



# Cesty vstupu NM do organismu

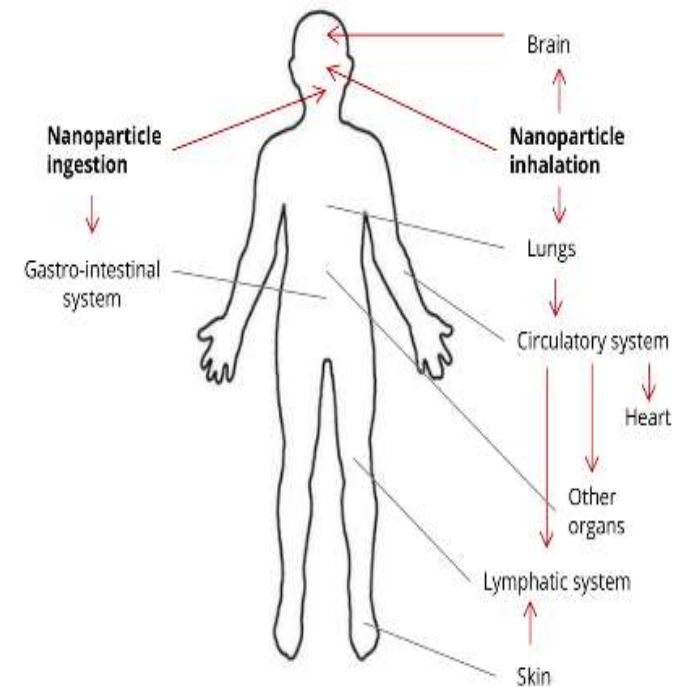
- **Trávící systém**

- špatná hygiena po manipulaci s NM, zubní pasty, kosmetické přípravky, obrus ze zubních protéz, hlen z dýchacích cest po expozici NM

- přes stěnu střeva → distribuce do orgánů

- **Kožní soustava**

- možná absorpce → lymfatický systém → distribuce do orgánů







# Nanomateriály - shrnutí

Malá velikost + kvantové vlastnosti + velká plocha povrchu



Vysoce reaktivní, vstupují do buněčných prostor, zasahují do biologických procesů, mohou aktivovat imunitní odpověď

Vlastnosti se dají využít v medicíně

**vs.**

Vysoká biologická aktivita = riziko toxicity



# Působení NM na organizmus

Záleží na složení, tvaru nanočástic a jiných vlastnostech

Experimentální studie ukazují vznik

- Oxidačního stresu
- Zánětlivých procesů
- Fibrózy plic
- Kardiovaskulárních nemocí
- Rakoviny
- Poškození DNA



# NM v pracovním prostředí

- Rozvojem nanotechnologií - požadavek zkoumání možných nebezpečných účinků nanomateriálů na lidské zdraví a životní prostředí.
- Nanotechnologie, kde jsou zaměstnanci vystavováni účinkům nanočástic umělého původu (nebo z nepřírodních materiálů), o jejichž toxicitě toho stále ještě mnoho nevíme.



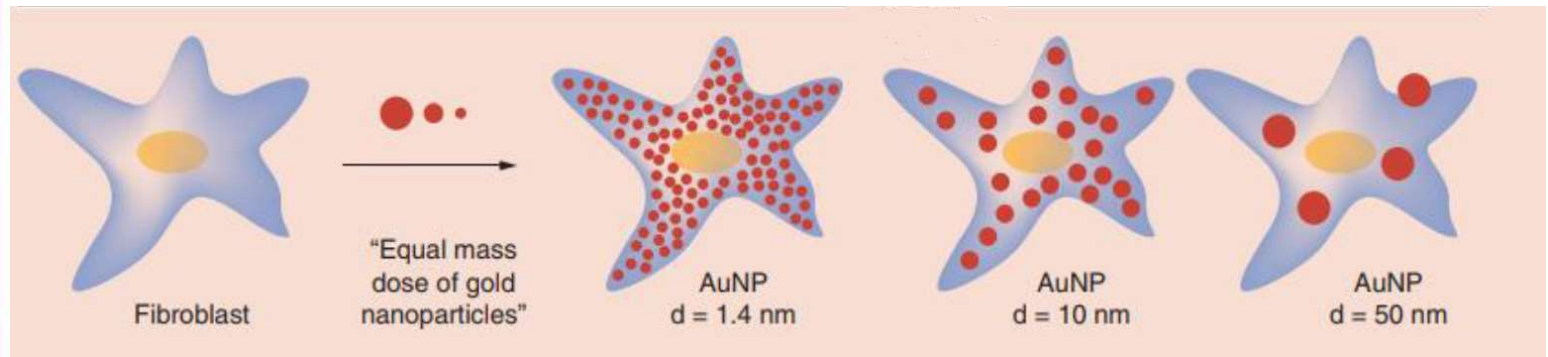
# Současný stav hodnocení rizik NM

- absence legislativních nástrojů
- chybí limitní hodnoty vztažené k lidskému zdraví
- definice nebezpečných vlastností nanomateriálů,
- kontrola nad uváděnými materiály na trh
- kontrola životního cyklu nových materiálů
- princip předběžné opatrnosti
- zodpovědný rozvoj

Absence jednotného přístupu hodnocení rizik

# Současný stav hodnocení rizik NM

- Chybí shoda, jaké je nejvhodnějším vyjádřením dávky v nanotoxikologii
- Dle současných poznatků se může vhodná metrika dávky lišit v závislosti na testu a sledovaném účinku a vlastnostech testovaných NM (tvaru, velikosti, ...)  
(Delmaar et al. Environmental toxicology and chemistry, 2015, 34(5):1015-1022)
- Současné metodiky (např. OECD test guidelines) používají hmotnostní vyjádření (obr. Taylor U. et al. Nanomedicine, 2014, 9(13): 1971-1989)





# Legislativa v oblasti nanobezpečnosti

Základním legislativním dokumentem - nařízením EU 2018/1881, které reaguje na rozvoj současných nanotechnologií a různých nanoforem.

- Tímto nařízením se mění *nařízení Evropského parlamentu a Rady (ES) č. 1907/2006 o registraci, hodnocení, povolování a omezování chemických látek (REACH)* a to v přílohách I, III, VI, VII, VIII, IX, X, XI a XII za účelem zohlednění nanoforem látek. Tyto změny jsou v platnosti od ledna 2020.

Hodnocení chemické bezpečnosti je založeno na:

- provedení komplexního posouzení rizika založeného na fyzikálně-chemických, chemických, toxikologických a ekotoxikologických vlastnostech látky bez ohledu na velikost, tvar nebo fyzikální stav,
- definici úrovně expozice,
- charakterizaci rizika srovnáváním hladin expoziční a prahové úrovně, pod kterými jsou látky nebezpečné pro lidské zdraví a životní prostředí považovány za kontrolované.



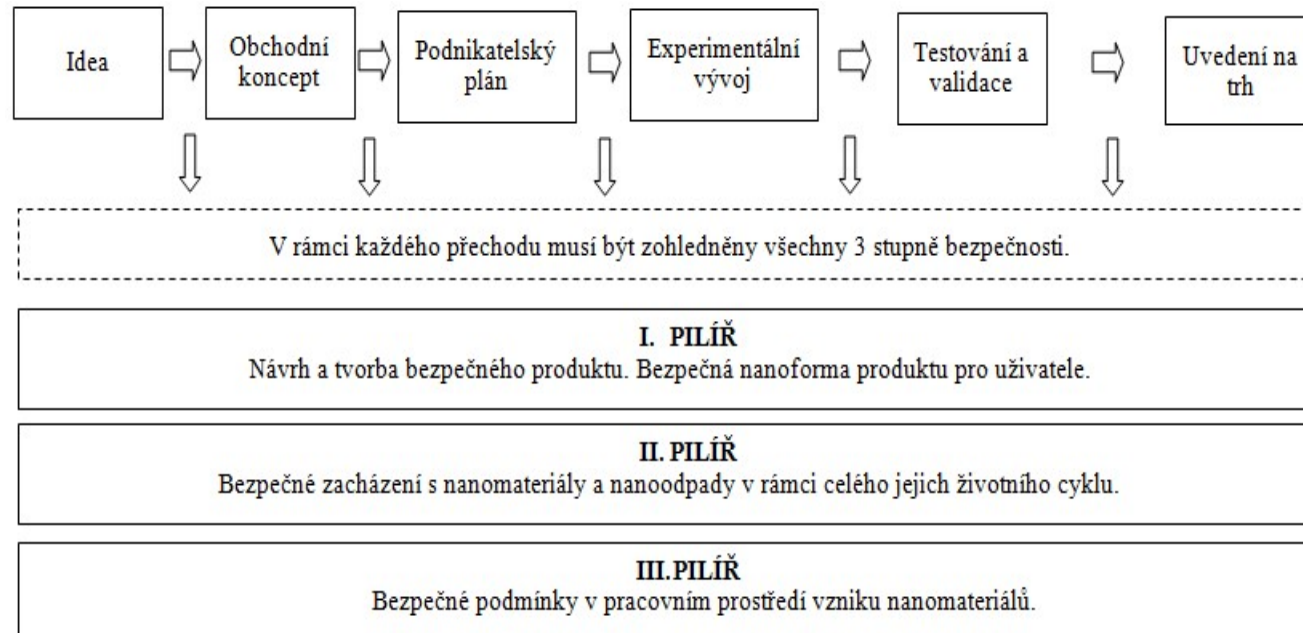


# Přístupy k hodnocení rizik NM

## Safe by Design

- Koncept zahrnující celý životní cyklus nanomateriálů, ale zároveň i bezpečnost výrobců a uživatelů.
- založen na principu tří pilířů - zásady by přitom měly být dodržovány v každé fázi životního cyklu nanomateriálu
- Cílem: získání dostatečných znalostí a nástroje pro posuzování rizik v rámci bezpečné průmyslové výroby a především bezpečnosti na pracovišti.

# Safe by Design



# Control Banding

- Využití při omezených toxikologických informacích a bez dostupnosti expozičních limitů
- Snaží se hodnotit „riziko práce“ v určitých kontrolních systémech nebo do určitých pásem na základě kombinace nebezpečnosti látek a expozice těmito látkami





# Control Banding

**Pásmo nebezpečnosti (Hazard Band)** - charakterizace z dat o toxicitě konvenční chemické látky event. její nanoformy

**Pásmo expozice (Risk of Exposure)** - charakterizuje expozici podle délky trvání a periodicity jednotlivých pracovních operací, bere v potaz množství pracovníků a množství používané látky

**Pásmo kontroly technologie (Control Measures)** - hodnocení technického systému ochrany pracovního ovzduší - celkové odsávání, místní odsávání až uzavření technologie

HAZARD → EXPOSURE → CONTROL



# METODIKY

- **Metodika zvyšování bezpečnosti pracovního prostředí zatíženého částicemi  $< 2.5 \mu\text{m}$** 
  1. Charakteristiku pracoviště a stanovení priority rizik na základě poznatků získaných z dokumentace pracoviště
  2. Základní hodnocení expozice
  3. Pokročilé hodnocení expozice
  4. Hodnocení míry vnímání rizik ze strany zaměstnanců
  5. Souhrnné hodnocení rizik
  6. Návrhy opatření ke snížení expozice zaměstnanců směřujících ke zvýšení úrovně managementu BOZP





ČESKÁ SPOLEČNOST PRO JAKOST, z.s.

uděluje

# CERTIFIKÁT

pro uplatněnou metodiku

**Metodika zvyšování bezpečnosti pracovního prostředí  
zatíženého částicemi < 2,5 µm**

vypracovanou v rámci projektu

**TAČR, „Zvyšování úrovně managementu BOZP v provozech s  
výskytem jemných a ultra jemných částic“, TL02000240**

Zpracovatel metodiky:

Prof. Ing. Vladimír Adamec, CSc., Ing. et Ing. Klauďia Kőbőlová, Ing. Michal Urbánek, Mgr. Tomáš Zeman, Ph.D., Mgr. Kateřina Wolfová, doc. Ing. Petr Blecha, Ph.D., prof. Dr. Ing. Jiří Marek, Ph.D., DBA, prof. Ing. Marie Jurová, CSc., Ing. Barbora Schüllerová, Ph.D., doc. Ing. Jana Drbohlavová, Ph.D., Ing. Jana Victoria Martincová, Ph.D., Mgr. Et. Mgr. Petr Pacher, Ph.D., MBA

Zadavatel certifikace:

**Vysoké učení technické v Brně, Ústav soudního inženýrství**

Tímto se osvědčuje, že Česká společnost pro jakost, z.s. - Certifikační orgán pro certifikaci systémů managementu a produktů provedl nezávislý posudek uvedené metodiky, kterým bylo uznáno uplatnění certifikované metodiky v souladu s podmínkami dokumentu

**„Metodika hodnocení výzkumných organizací  
a programů účelové podpory výzkumu, vývoje a inovací  
schválené usnesením vlády dne 8. února 2017 č. 107“**



Číslo certifikátu: M058/M/2021  
Datum vydání: 10.09.2021

Vedoucí certifikačního orgánu pro certifikaci systémů managementu a produktů: Ing. Petr Koten





# METODIKY

- Certifikovaná metodika pro poskytování osobních ochranných prostředků v prostředí s rizikem výskytu nanočástic (zaměřeno na zaměstnavatele při řešení potřeby přidělování osobních ochranných pracovních prostředků pro ochranu dýchadel)



Děkuji.