



99. Konzultační den

Centrum hygieny práce a pracovního lékařství

Oddělení hygieny práce

Oddělení hodnocení expozice chemickým látkám na pracovišti

Novinky v oblasti nanomateriálů z hlediska ochrany zdraví při práci

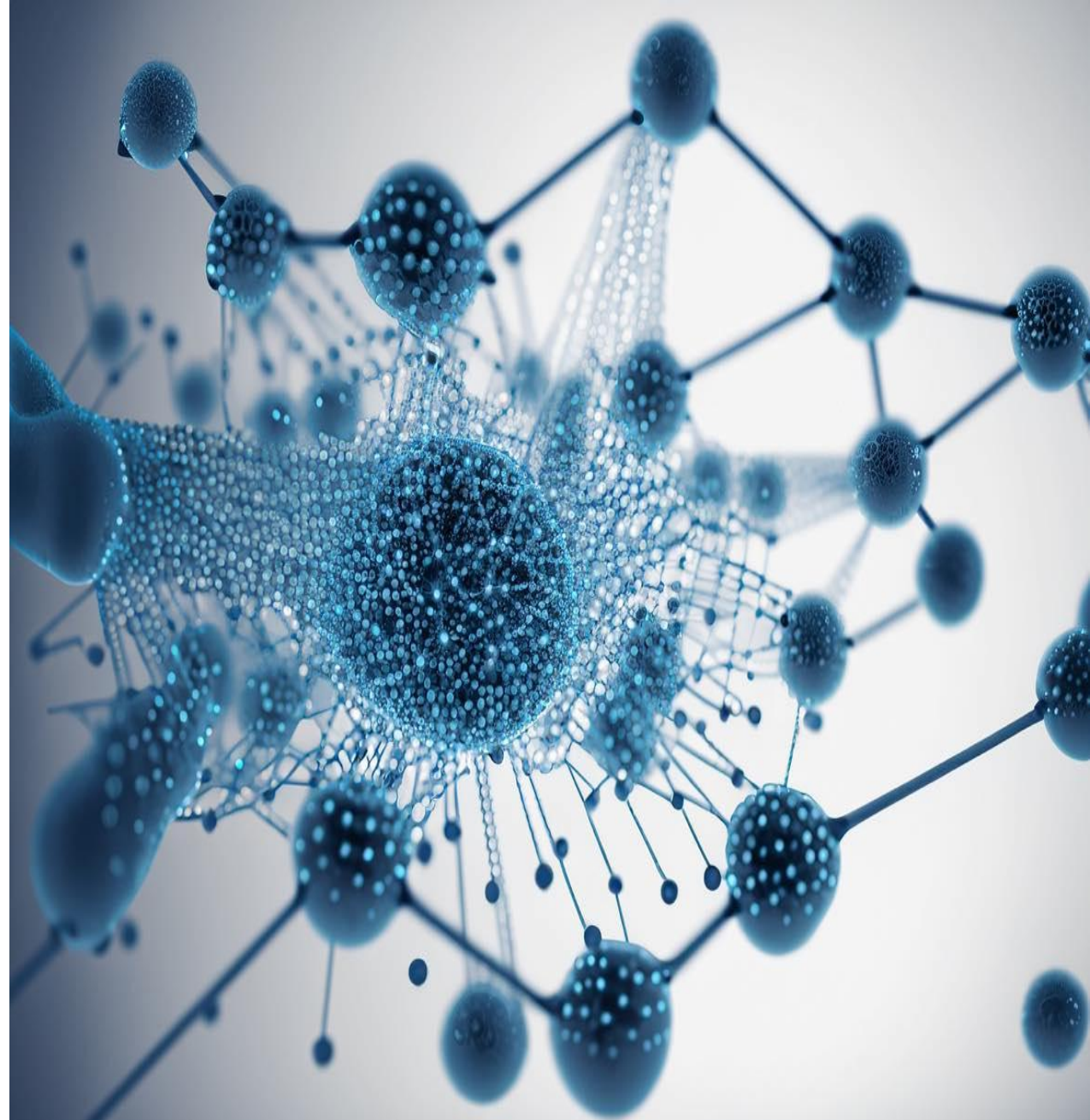
Ol'ga Jarabicová, Michaela Klenotová, Pavla Hofbauer Pechová

18.9.2025

Obsah prezentace

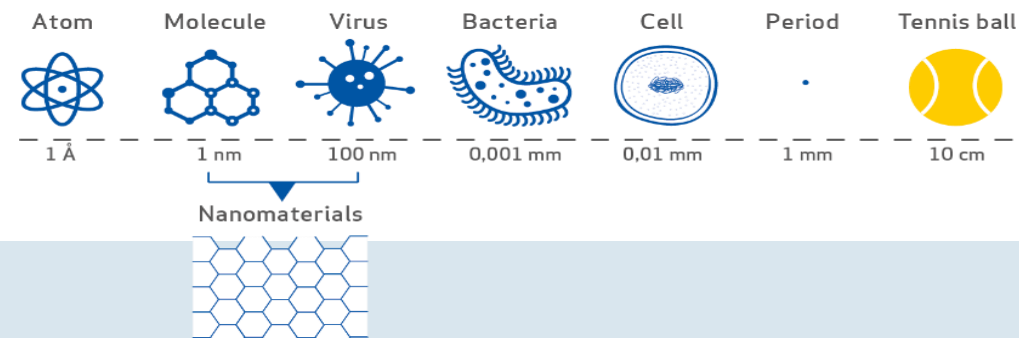


- Stav řešení problematiky nanomateriálů
- Nanomateriály a legislativa ČR
- Nanomateriály a dostupné možnosti
hodnocení v rámci ochrany veřejného zdraví
- Vyšlé technické normy
(Ol'ga Jarabicová, Michaela Klenotová)



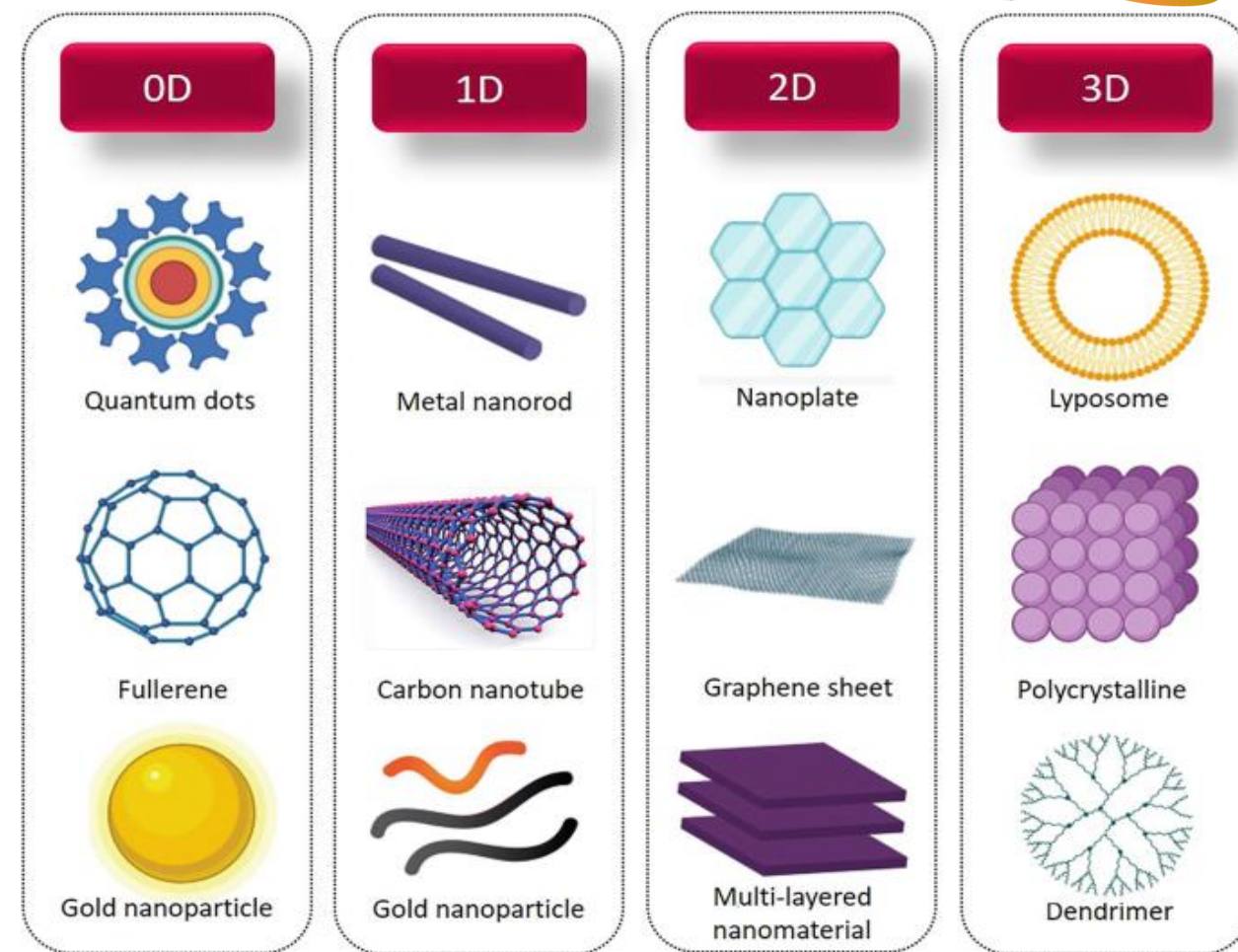
Nanomateriály

- **Nanotechnologie spolu s výzkumem nanočástic a nanomateriálů patří mezi rychle se rozvíjející oblasti současné vědy.**
- S rozvojem nových technologií, včetně nanotechnologií, **se zároveň objevují nová zdravotní rizika** spojená s potenciální expozicí zaměstnanců nanomateriálům.
- **Nanomateriály nacházejí široké uplatnění** v mnoha oblastech, například v medicíně, farmacii, stavebnictví, nanoelektronice, průmyslové výrobě, nanoagrochemikáliích, inteligentních nanosenzorech, kvantové výpočetní technice, elektronice a fotonice, kosmetice, aditivech zlepšujících texturu potravin, výzkumu či v nanokompozitech pro lehké konstrukční materiály.
- **Definice nanomateriálu (dle doporučení Evropské komise):** *Nanomateriál je přírodní materiál, materiál vzniklý jako vedlejší produkt nebo materiál vyrobený, který obsahuje částice v nesloučeném stavu, případně jako agregáty či aglomeráty, u nichž 50 % nebo více částic ve velikostním rozdělení má jeden nebo více vnějších rozměrů v rozmezí 1–100 nm.*



Klasifikace nanomateriálů (běžně uváděná v odborných publikacích)

- **0D – objekty**, jejichž 3 dimenze splňují nanoměřítka (např. kvantové tečky, fullereny, zlaté nanočástice)
- **1D – objekty**, jejichž 1 rozměr není omezen nanoměřítkem (např. nanodrátky, nanotrubičky, nanovlákná)
- **2D – objekty**, jejichž 2 rozměry nejsou omezeny nanoměřítkem, přičemž elektrony se mohou volně pohybovat v 3. rozměru (např. nanovrstvy, grafénové vrstvy)
- **3D – nanostrukturní materiály nebo hierarchické struktury**, které nejsou omezeny na nanoměřítka v žádném rozměru, často se vyznačují porézními strukturami nebo shluky stavebních bloků 0D, 1D a 2D (např. nanokrystalické materiály, porézní nanostruktury, kompozity).



Proč jsou nanočástice a nanomateriály nebezpečné?

- Základní výzkum opakovaně ukázal, že určité fyzikálně-chemické vlastnosti nanočástic nanomateriálů **mohou mít negativní vliv na lidské zdraví**.
- Toxicita inhalovaných nanomateriálů byla v posledních letech prokázána v řadě experimentálních studií, přesto však zůstává **předmětem diskuse** přesný mechanismus jejich působení na živé organismy.
- Za **hlavní faktory toxicity** se považuje vysoká specifická povrchová reaktivita a schopnost nanočástic či nanostrukturovaných materiálů interagovat s buněčnými biomolekulami, zejména proteiny a DNA. Tyto interakce mohou vést k oxidativnímu stresu, zánětlivým procesům a dalším biologickým účinkům, které závisí na složení, velikosti, tvaru a dalších fyzikálně-chemických vlastnostech daného nanomateriálu.

Hodnocení zdravotního rizika na pracovišti

§102 – zákon č. 262/2006 Sb., Zákoník práce

- (1) **Zaměstnavatel je povinen vytvářet bezpečné a zdraví neohrožující pracovní prostředí a pracovní podmínky vhodnou organizací bezpečnosti a ochrany zdraví při práci a přijímáním opatření k předcházení rizikům.**
- (3) **Zaměstnavatel je povinen soustavně vyhledávat nebezpečné činitele a procesy pracovního prostředí a pracovních podmínek, zjišťovat jejich příčiny a zdroje. Na základě tohoto zjištění vyhledávat a hodnotit rizika a přijímat opatření k jejich odstranění a provádět taková opatření, aby v důsledku příznivějších pracovních podmínek a úrovně rozhodujících faktorů práce dosud zařazené podle zvláštního právního předpisu jako rizikové mohly být zařazeny do kategorie nižší. K tomu je povinen pravidelně kontrolovat úroveň bezpečnosti a ochrany zdraví při práci, zejména stav výrobních a pracovních prostředků a vybavení pracovišť a úroveň rizikových faktorů pracovních podmínek, a dodržovat metody a způsob zjištění a hodnocení rizikových faktorů podle zvláštního právního předpisu.**

Hodnocení zdravotního rizika na pracovišti

§102 – zákon č. 262/2006 Sb., Zákoník práce

(7) **Zaměstnavatel je povinen přizpůsobovat opatření** měnícím se skutečností, **kontrolovat jejich účinnost a dodržování** a zajišťovat zlepšování stavu pracovního prostředí a pracovních podmínek.



Zůstává otázka, jak na hodnocení expozice z hlediska terénní praxe?

Pro oblast nanomateriálů:

- stanovení vztahu dávka–odezva **v praxi určována koncentrace dané látky a doba trvání expozice;**
- u nanočástic je, kromě stanovení dávky a doby expozice → **fyzikálně-chemické vlastnosti hodnocených nanočástic a nanomateriálů.**
- **Co všechno je potřeba měřit? Jak se to má měřit?**

Legislativa ČR a nanomateriály

- **Nanomateriál je v právních předpisech definován**, a to zejména podle doporučení Evropské komise 2011/696/EU. Neexistuje však jednotný speciální zákon či vyhláška, která by komplexně řešila nakládání s nanomateriály ve všech oblastech praxe.
- **Nakládání s nanomateriály na pracovištích není upraveno samostatnými hygienickými nebo BOZP předpisy.** Na nanomateriály se proto uplatňují obecné právní požadavky pro chemické látky, prach a ochranu zdraví při práci, které však ne vždy zohledňují specifika nanočástic.
- **Zaměstnavatelé nemají povinnost samostatně hlásit nebo registrovat „nanoformu“ materiálů v rámci BOZP.** Povinnosti týkající se identifikace a ohlašování nanoform existují pouze v rámci chemické legislativy (např. REACH) a týkají se především výrobců a dovozců, ne přímo zaměstnavatelů jako uživatelů.
- **Identifikace pracovišť s možnou expozicí nanomateriálům je v praxi závislá na kvalitě hodnocení rizik prováděného zaměstnavatelem.** Pokud zaměstnavatel nanočástice nevyhodnotí jako rizikové nebo je neidentifikuje, neexistuje speciální kontrolní mechanismus, který by to automaticky odhalil.

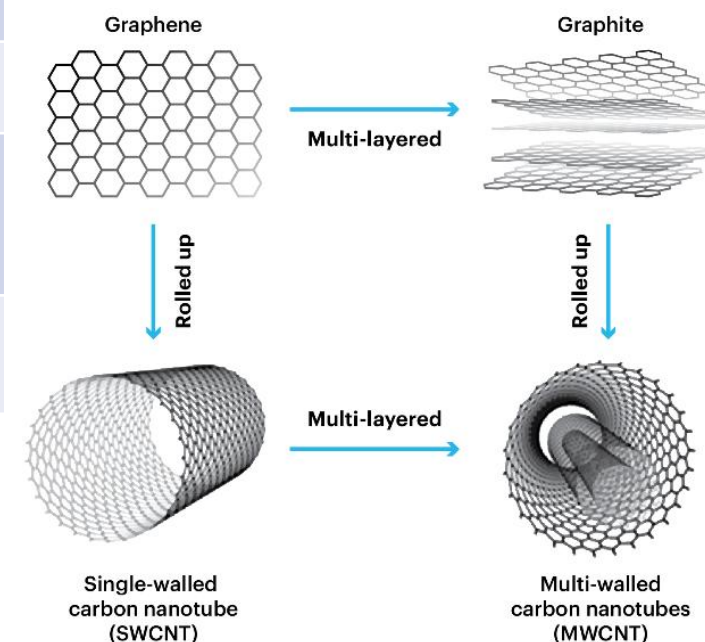
Legislativa ČR a nanomateriály

- U některých profesionálních onemocnění způsobených chemickými látkami či prachem se **projevy objevují až po mnohaleté expozici**. Protože využívání mnoha vyráběných nanomateriálů je relativně nové a dlouhodobé údaje o jejich účincích chybí, **je vhodné uplatňovat princip předběžné opatrnosti**:
 - minimalizovat expozici zaměstnanců nanočásticím,
 - snižovat dobu a intenzitu expozice na co nejnížší dosažitelnou míru,
 - používat účinná technická a organizační opatření tam, kde se nanomateriály vyrábějí nebo používají.

Nanomateriály ve světě – hygienické limity

	Typ	Limit	Zdroj	Status
TiO ₂ (nano)	REL	0,3 mg/m ³	NIOSH (US)	doporučení
CNF/CNT	REL	0,001 mg/m ³	NIOSH (US)	doporučení
TiO ₂		1,2 mg/m ³	NEDO	podnikový limit
CNT	DNEL	0,007 – 0,020 mg/m ³	ENRHES	
MWCNT (baytubes)	OEL	0,05 mg/m ³	Bayer (Germany)	podnikový limit
MWCNT (nanocyl)	OEL	0,0025 mg/m ³	Nanocyl (Belgium)	podnikový limit

- Nanotechnology Research Center (NTRC) NIOSH od roku 2004



Limity pro uhlíkové nanotrubičky (CNT) a uhlíková nanovlákna (CNF) ve světě

Země	Instituce	Koncentrace (f/cm ³ nebo µg/m ³)	Interpretace	Rok
UK	BSI (WEL)	0,01 f/cm ³ [1]	vláknité nanomateriály s poměrem stran (> 3:1) a délkou > 5000 nm	2007
Německo	IFA	0,01 f/cm ³ [2]		2009
Belgie	Nanocyl	2,5 µg/m ³ [2] (MWCNT)*	8-h TWA (ekvivalentní pracovní směna) Pouze produkty firmy Nanocyl.	2009
Německo	Bayer Schering Pharmaceuticals (OEL)	50 µg/m ³ [2] (MWCNT)*	8-h TWA (pouze produkt firmy Bayer - Baytubes™)	2010
Nizozemí	SER (OEL)	0,01 f/cm ³ [1]	SWCNT nebo MWCNT nebo vlákna oxidů kovů, u kterých není vyloučen efekt podobný azbestu	2012
USA	US NIOSH (REL)	1 µg/m ³ (EC)* [1,3] (7 µg/m ³ v roce 2010) [1]	8-h TWA	2013
USA	US OSHA (REL)	1 µg/m ³ [1] (EC)	8-h TWA	2013
Japonsko	AIST	30 µg/m ³ (SWCNT)* [3] 80 µg/m ³ (MWCNT)* [3]	8-h TWA	2015
Švýcarsko	SUVA	0,01 f/cm ³ [1]	8-h TWA	2018
Jižní Korea	MOEL	6 µg/m ³ (MWCNT)* [4] (10 µg/m ³ (MWCNT)* v roce 2017) [5]		2019

Nano Reference Values (NRV) – Holandský přístup

- Referenční nano hodnoty (NRV) jsou **prozatímní limitní hodnoty** pro hodnocení koncentrací **engineered nanoparticles (ENPs)** na pracovišti
- NRV jsou založeny na zásadě předběžné opatrnosti, jsou to hodnoty stanovené do doby než budou stanoveny **Health Based OEL** nebo hodnoty **DNEL** (odvozená úroveň, nedochází k nepříznivým účinkům), definované v souvislosti s nařízením REACH pro specifické nanočástice, nebo pro skupinu nanočástic
- NRV představují **úroveň koncentrace ENPs**, kdy je třeba provést hodnocení a následné řízení rizika na pracovišti. V případě, že prozatímní hodnota NRV je překročena, je to **pokyn k provedení opatření**, které směřuje ke snížení expozice zaměstnanců

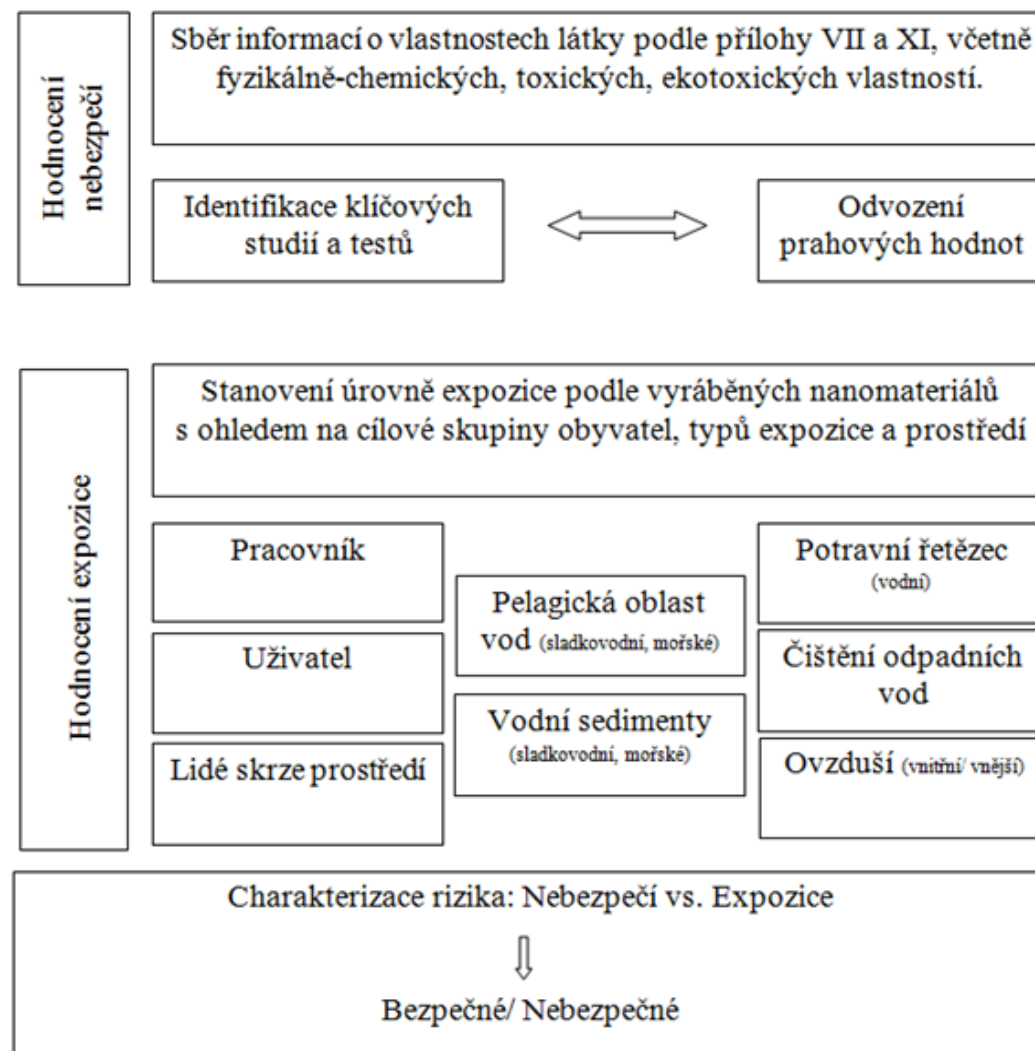
Agreements with social partners concerning NRVs

Table 1 Provisional nano reference values for the four classes of ENPs.

Class	Description	Density	NRV (8-hr TWA)	Examples
1	Rigid, biopersistent nanofibres for which effects similar to those of asbestos are not excluded	-	0.01 fibres/cm ³ (= 10,000 fibres/m ³)	SWCNT or MWCNT or metal oxide fibres for which asbestos-like effects are not excluded by manufacturer.
2	Biopersistent granular nanomaterial in the range of 1 and 100 nm	> 6000 kg/m ³	20,000 particles/cm ³	Ag, Au, CeO ₂ , CoO, Fe, Fe _x O _y , La, Pb, Sb ₂ O ₅ , SnO ₂
3	Biopersistent granular and fibre form nanomaterials in the range of 1 and 100 nm	< 6000 kg/m ³	40,000 particles/cm ³	Al ₂ O ₃ , SiO ₂ , TiN, TiO ₂ , ZnO, nanoclay Carbon Black, C60, dendrimers, polystyrene Nanofibres for which asbestos-like effects are excluded
4	Non-biopersistent granular nanomaterials in the range of 1 and 100 nm	-	Applicable OEL	e.g. fats, common salt (NaCl)

Hodnocení rizik dle REACH (EU 2018/1881)

- **komplexním posouzení fyzikálně-chemických, toxikologických a ekotoxikologických vlastností látky**, včetně všech relevantních forem látky.
- **Stanovení úrovně expozice** pro jednotlivé expoziční scénáře.
- **Charakterizaci rizika** porovnáním vypočtených expozičních hladin s příslušnými prahovými hodnotami, jako jsou DNEL (Derived No-Effect Level) pro lidské zdraví a PNEC (Predicted No-Effect Concentration) pro životní prostředí;
- **Vyhodnocení, zda je riziko považováno za „adekvátně kontrolované“**, tj. zda expozice nepřekračuje hodnoty, při nichž by mohlo dojít k nepříznivým účinkům.



Hodnocení rizik dle REACH (EU 2018/1881)

Nové požadavky REACH od 1. 1. 2020 – (<https://echa.europa.eu/-/get-ready-for-new-reach-requirements-for-nanomaterials>)

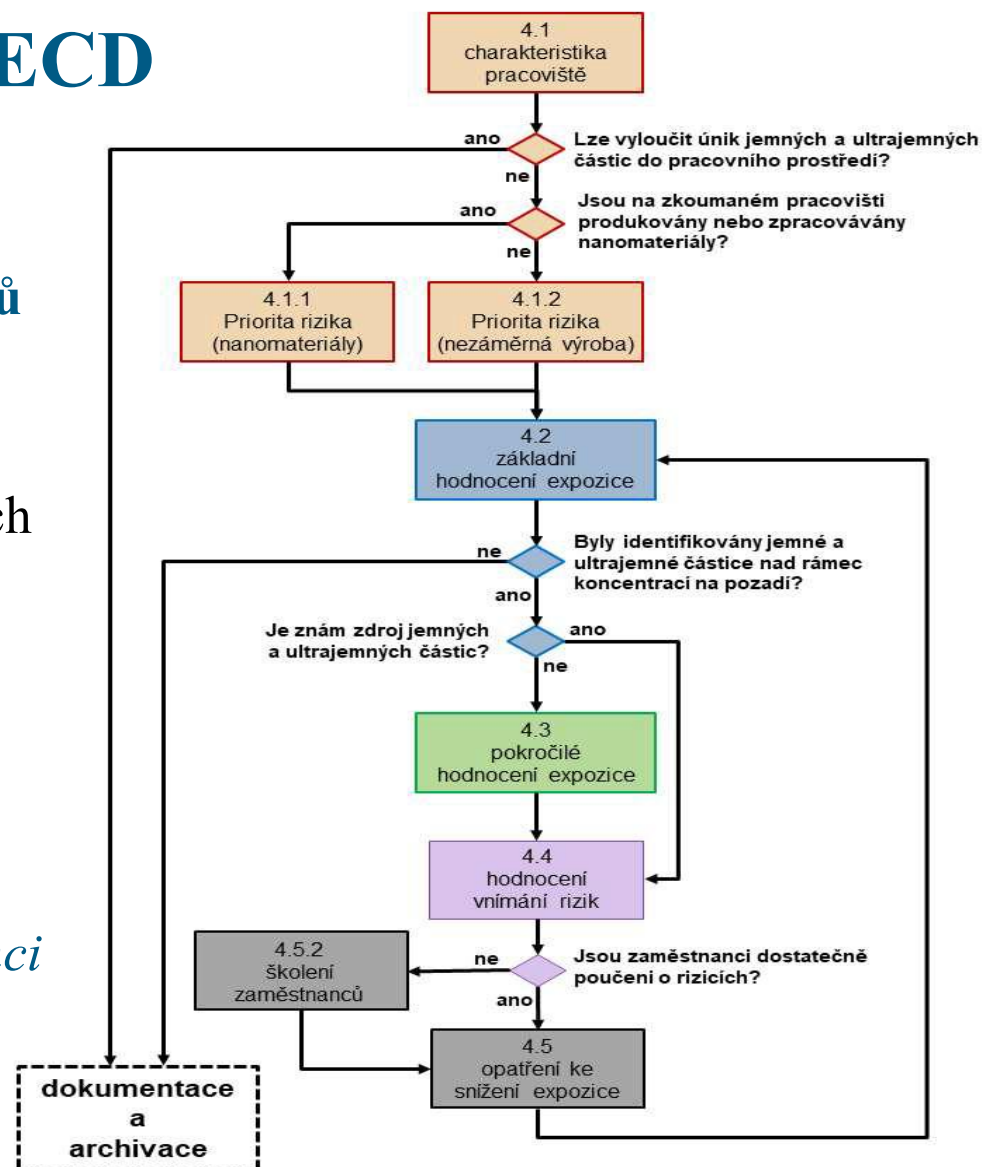
- Cílem změn je zajistit, aby společnosti poskytovaly **dostatek informací k prokázání bezpečného používání nanomateriálů** z hlediska ochrany lidského zdraví i životního prostředí.
- Nové požadavky se vztahují na **všechny nové i stávající registrace**, které **zahrnují nanoformy chemických látek**.
- **Žadatelé o registraci byli povinni do 1. ledna 2020 aktualizovat svou registrační dokumentaci** a doplnit ji o všechny relevantní informace týkající se **produkce, vlastností, použití a bezpečného nakládání s nanoformami**, které uvádějí na trh nebo distribuují.

Metodika hodnocení rizika dle OECD

se zaměřuje na:

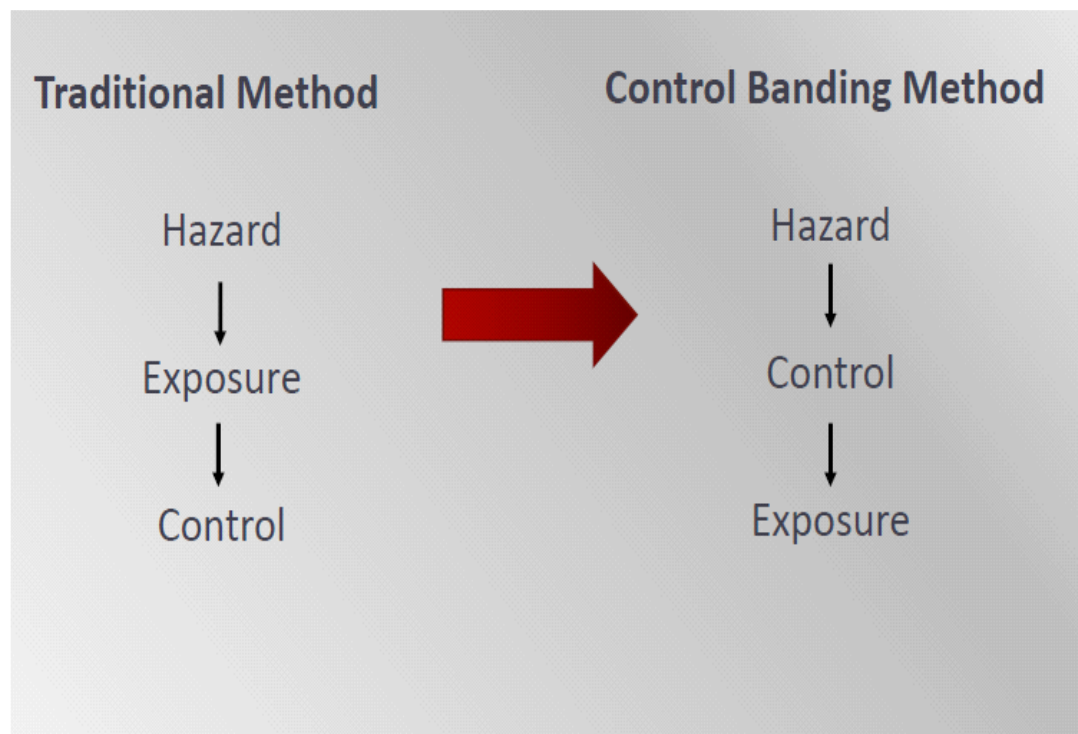
- **hodnocení rizik spojených s expozicí pracovníků jemným a ultrajemným částicím,**
- **zkoumání míry vnímání rizik zaměstnanci,** zejména pokud jde o jejich informovanost o rizicích spojených s jemnými a ultrajemnými částicemi,
- **posouzení adekvátnosti stávajících bezpečnostních opatření** určených ke snižování expozice pracovníků těmto částicím na pracovišti.

Tyto principy byly v České republice testovány týmem prof. Ing. Vladimíra Adamce, CSc. (VUT Brno) v rámci metodiky zaměřené na zvyšování bezpečnosti pracovního prostředí zatíženého částicemi $< 2,5 \mu\text{m}$ (projekt TAČR).



Control Banding

- **Control Banding je metoda, která klasifikuje pracovní rizika do předem definovaných kontrolních pásem na základě kombinace nebezpečnosti látky a úrovně expozice.**
- Metoda hodnotí tři základní oblasti:
 - **pásmo nebezpečnosti** (hazard band) – založené na inherentních vlastnostech látky;
 - **pásmo expozice** (exposure band) – odráží množství látky, četnost a charakter práce;
 - **pásmo kontroly technologie** (control band) – doporučuje úroveň technických a organizačních opatření potřebných ke zvládnutí rizika.



Dostupné praktické studie zabývající se nanomateriály v pracovním prostředí

- **TiO₂** – *Expert appraisal on recommending occupational exposure limits for chemical agents Assessment of health effects for titanium dioxide under nanoform (nTiO₂, P25) CAS N° 13463-67-7, ANSES · collective expert appraisal report Request No. 2019-SA-0109 “nTiO₂ OEL – návrh referenčních hodnot OEL, doporučení aplikovat zásadu předběžné opatrnosti*
- **Certifikovaná metodika pro poskytování osobních ochranných prostředků v prostředí s rizikem výskytu nanočástic** (vedoucí řešitelského kolektivu: doc. Ing. et Ing. Karel Klouda, CSc., Ph.D.)
Zdroj: https://szu.gov.cz/wp-content/uploads/2024/02/Metodika_OOPP_nano_expozice_VUBP.pdf
- **Metodika zvyšování bezpečnosti pracovního prostředí zatíženého částicemi < 2,5 μm** (metoda OECD, (vedoucí řešitelského kolektivu: prof. Ing. Vladimír Adamec, CSc.)
Zdroj: <https://szu.gov.cz/wp-content/uploads/2024/02/Metodika-zvysovani-bezpecnosti-pracovniho-prostredi-zatizeneho-casticemi-25-%C2%B5m-1.pdf>

Dostupné studie zabývající se nanomateriály v pracovním prostředí

- **Toxicita nanomateriálů. Vybrané výsledky projektu *NANOBIO*** (*Zdeněk Fiala, Tereza Švadláková, Drahomíra Holmannová*)
- **Nanosafety in Europe 2015 – 2025 - Towards Safe and Sustainable Nanomaterials and Nanotechnology Innovations (Finnish Institute of Occupational Health)**
Zdroj: <https://www.nanosafetycluster.eu/wp-content/uploads/2019/11/NSC20Research20Roadmap202015-2025.pdf>

Asociace nanotechnologického průmyslu ČR



- 2014 - založena **Asociace nanotechnologického průmyslu ČR**
- Sdružuje **39 českých firem** z různých odvětví (např. textilní průmysl, biotechnologie, optika, energetika).
- Podporuje rozvoj a propagaci **nanotechnologického sektoru v ČR** – zejména využití nanotechnologických postupů ve výrobě, vývoji a výrobě finálních produktů z **nanomateriálů** nebo jejich aplikací.
- Webové stránky: <https://www.nanoasociace.cz/>

Pasportizace pracovišť s nanomateriály

- **2008 – hlavní hygienik MUDr. Michael Vít, Ph.D.** zadal v oblasti hygieny práce a pracovního lékařství úkol:
pasportizace pracovišť s nanomateriály a nanotechnologiemi.
- Realizací pověřeno **Centrum pracovního lékařství SZÚ** (vedoucí doc. MUDr. Pavel Urban, CSc.)
- Úkol byl následně rozdělen **vedoucím odborů hygieny práce KHS.**
- Byla provedena **dotazníková akce** – určena pro provozy (včetně neziskových), které vyrábějí nebo zpracovávají nanomateriály.
- Cílem byla **charakterizace skutečné nebo potenciální expozice** zaměstnanců těmto látkám.

Pasportizace pracovišť s nanomateriály - výsledky

- **131 dotazníků** rozesláno
- **90 subjektů zúčastněno**
 - 53 výrobních podniků
 - 37 neziskových organizací
 - (17 ústavů AV ČR, 14 vysokých škol, 6 dalších institucí)podle krajů – nejvíc Praha (48 podniků), nejméně kraj Karlovarský (pouze 1 podnik)
- **Regionální rozložení (podle krajů):**
 - Praha – 48 podniků (nejvíce)
 - Karlovarský kraj – 1 podnik (nejméně)
- **Typ činnosti:**
 - Výroba: 32 provozů
 - Výzkum a vývoj: 99 provozů
 - z toho 79 neziskových organizací

Pasportizace pracovišť s nanomateriály - výsledky

Typy nanomateriálů (hlášené subjekty):

Kovy:

- Ag, Au, Fe a další
- Použití: výroba i výzkum

Oxidy kovů:

- TiO_2 , Al_2O_3 , SiO_2 , ZnO , ZrO_2 aj.
- Použití: výroba i výzkum

Uhlíkové nanomateriály:

- uhlíkové nanotrubičky (CNT) – jedno- i vícevrstvé
- saze, fullereny, nanodiamanty
- Převážně výzkum

Anorganické nanomateriály:

- magnetické materiály, kompozity
- tvrdé povlaky – karbidy, nitridy
- kvantové tečky, nanofoily
- silikáty, zeolity aj.
- Výroba i výzkum

Organické nanomateriály:

- nanovlákná polymerů
- polystyren, dendrimery
- Převážně výzkum

Pasportizace pracovišť s nanomateriály - výsledky

Hlavní oblasti použití nanomateriálů:

- úprava povrchů
- plniva do pryže a polymerů
- katalyzátory
- filtrační a kompozitní materiály
- tvrdé povlaky (PVD) ve strojírenství a metalurgii
- chemické a optické senzory
- polovodiče, optické prvky
- biomedicínské aplikace
- biokompatibilní povrchy a baktericidní účinky

Informace o expozici:

- Údaj o počtu potenciálně exponovaných osob poskytlo 109 pracovišť.

Do budoucna je potřebné opakování pasportizace, z důvodů:

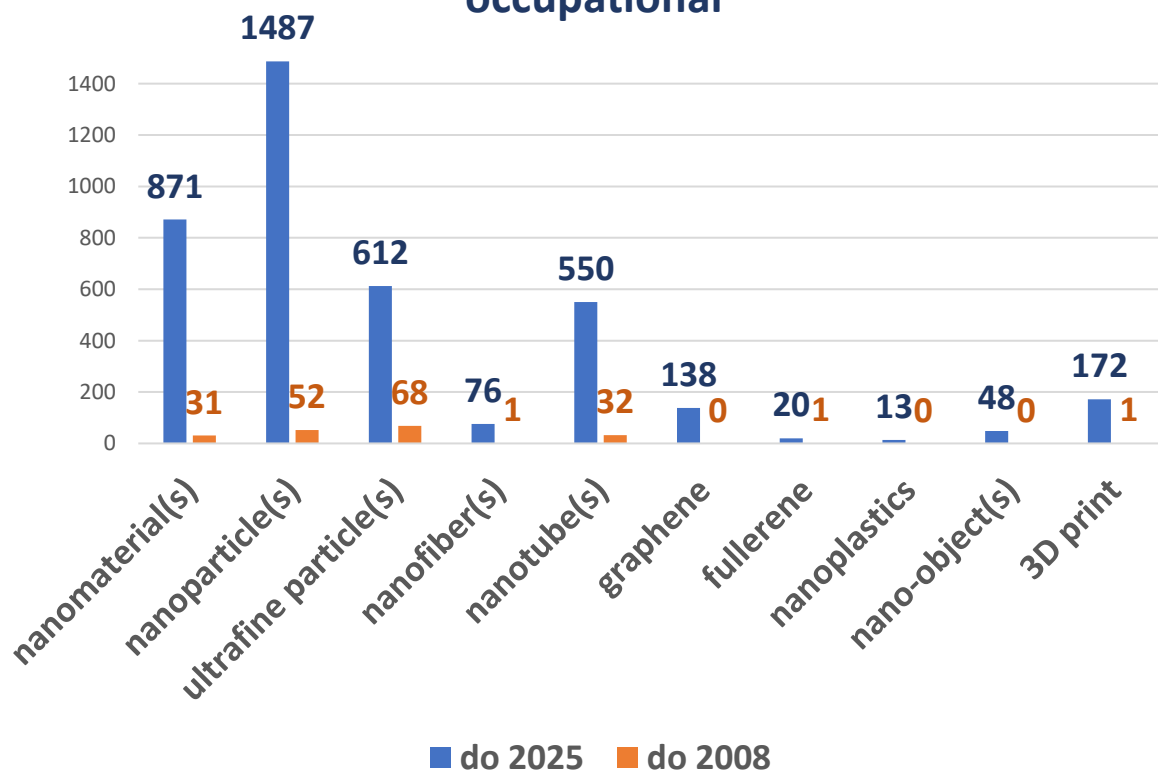
- rostoucí počet těchto typů pracovišť,
- potřeba sledovat vývoj aplikovaného výzkumu a nových technologií.

Publikační aktivita dle Web of Science (topics) - 3.9. 2025

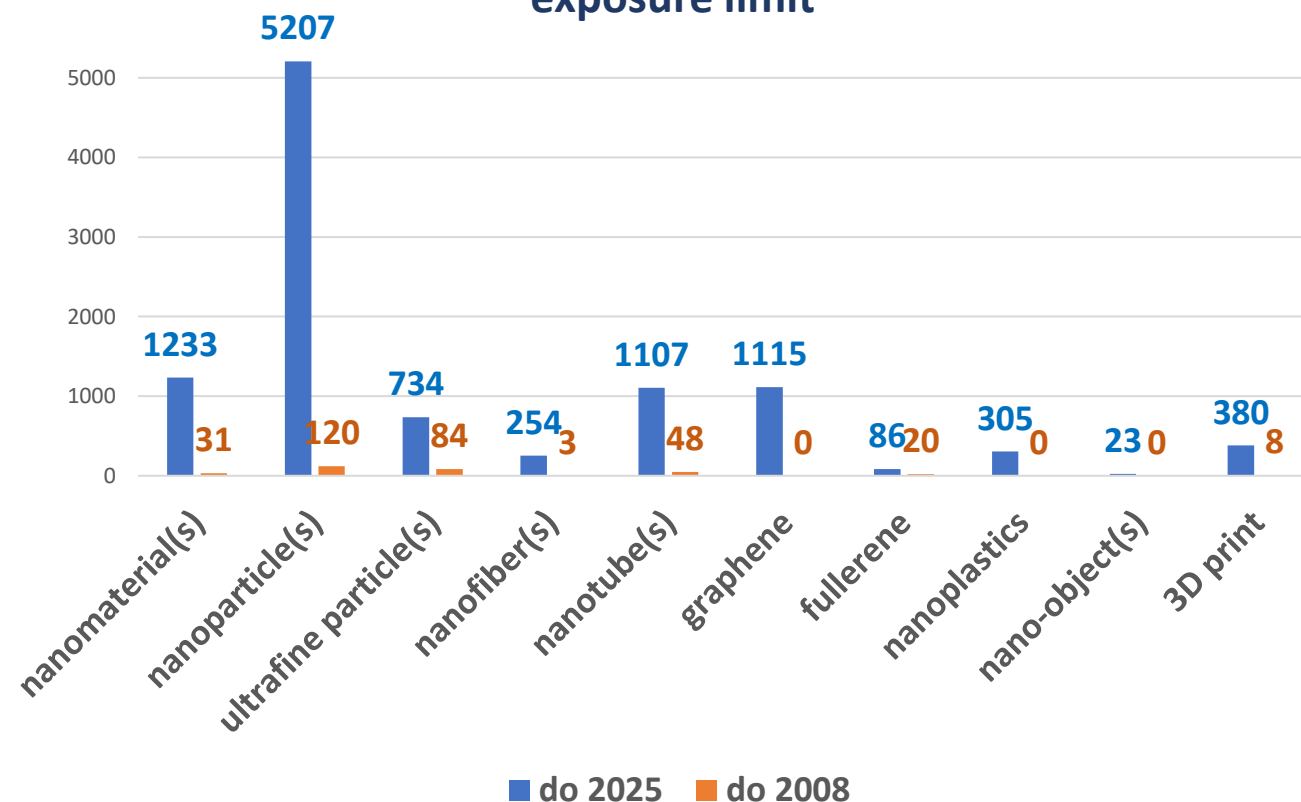
Do 2025	---	↓ occupational	↓ hygienic	respiratory	toxicology	↓ dose response	health	benchmark dose	NOAEL	LOAEL	↓ exposure limit
nanomaterial(s)	145380	871	32	872	1205	1276	9925	57	25	7	1233
nanoparticle(s)	1180473	1487	183 ↑	5216 ↑	2587	6928	37950	123	88 ↑	16 ↑	5207
ultrafine particle(s)	21638	612	4	1670	304	393	4283	15	6	1	734
nanofiber(s)	96792	76	25	252	41	117	2502	2	2	0	254
nanotube(s)	365696	550	10	808	756	892	8003	32	14	2	1107
graphene	413502	138	19	726	286	538	9153	7	4	2	1115
fullerene	48094	20	0	59	59	71	351	1	2	0	86
nanoplastics	5649	13	1	120	140	150	1976	1	1	0	305
nano-object(s)	3420	48	2	9	10	4	74	0	0	0	23
3D print	99195	172	24	483	0	176	2917	18	0	0	380
		↑ 1883 x	↑ 172 x	61 x	34 x	538 x	4577 x				
Do 2008	---	occupational	hygienic	respiratory	toxicology	dose response	health	benchmark dose	NOAEL	LOAEL	exposure limit
nanomaterial(s)	6564	31	0	37	62	32	221	3	0	0	31
nanoparticle(s)	81612	52	3	154	136	220	432	4	0	0	120
ultrafine particle(s)	6561	68	1	383	97	124	610	2	1	0	84
nanofiber(s)	6208	1	1	0	0	1	11	0	0	0	3
nanotube(s)	50823	32	0	51	79	49	234	2	0	0	48
graphene	3690	0	0	0	0	1	2	0	0	0	0
fullerene	16574	1	0	11	18	17	38	0	0	0	20
nanoplastics	3	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
nano-object(s)	360	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
3D print	824	1	0	0	0	0	2	0	0	0	8

Publikační aktivita dle Web of Science (topics) - 3.9.2025

occupational

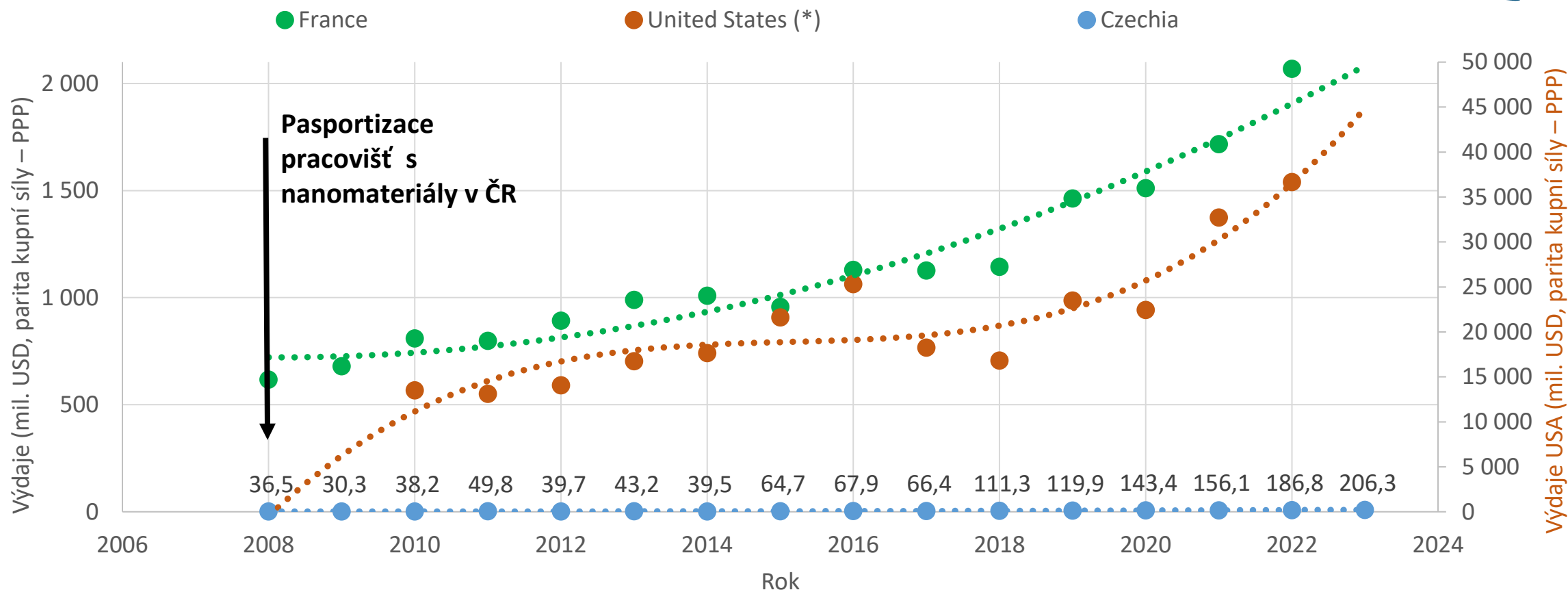


exposure limit



Pozn.: Rok 2008 odpovídá pasportizaci pracovišť s nanomateriály v ČR.

Výdaje podnikatelského sektoru na výzkum a vývoj v nanotechnologiích (2008–2023)



OECD (2024). Key Nanotechnology Indicators – Nanotechnology R&D expenditures in the business sector (KNI2), 2008–2023. OECD Emerging Technology Indicators database. Dostupné z:

<https://www.oecd.org/content/dam/oecd/en/data/datasets/emerging-technology-indicators-2024/KNI2-nanotech-RD-expenditures-2024.xlsx>

Technické normy pro nanočástice a nanomateriály

2011

- **TNI ISO/TR 11360 (01 2012)** - Nanotechnologie - Metodologie pro klasifikaci a kategorizaci nanomateriálů
- **TNI ISO/TR 12885 (01 2010)** - Nanotechnologie - Zdravotní a bezpečnostní směrnice relevantní pro pracovní prostředí nanotechnologií
- **ČSN EN ISO 10808 (01 2013)** - Nanotechnologie - Charakteristika nanočástic v inhalačních komorách na zkoušku toxicity po inhalaci

2016

- **ČSN P ISO/TS 12901-2(01 2004)** - Nanotechnologie - Použití managementu pracovního rizika pro nanomateriály v průmyslu - Část 2: Použití přístupu control banding

2019

- **ČSN P CEN/TS 17275 (01 2017)** - Nanotechnologie - Pokyny pro správu a likvidaci odpadu z výroby a zpracování vyráběných nanoobjektů
- **ČSN P CEN/TS 17276 (01 2018)** - Nanotechnologie - Pokyny pro posuzování životního cyklu - Aplikace EN ISO 14044:2006 na vyráběné nanomateriály

Technické normy pro nanočástice a nanomateriály

2021

- **ČSN EN ISO 17200 (01 2040)** - Nanotechnologie - Nanočástice ve formě prášku - Charakteristiky a měření
- **ČSN P CEN ISO/TS 12025(01 2030)** - Nanomateriály - Kvalifikace nanoobjektů uvolněných z prášků generovaných aerosolů

2023

- **ČSN P CEN ISO/TS 23302 (01 2007)** - Nanotechnologie - Požadavky a doporučení pro identifikaci měřených veličin, které charakterizují nanoobjekty a materiály, které je obsahují

2024

- **ČSN P CEN ISO/TS 80004-3 (01 2003)** - Nanotechnologie - Slovník - Část 3: Uhlíkové nanoobjekty

2025

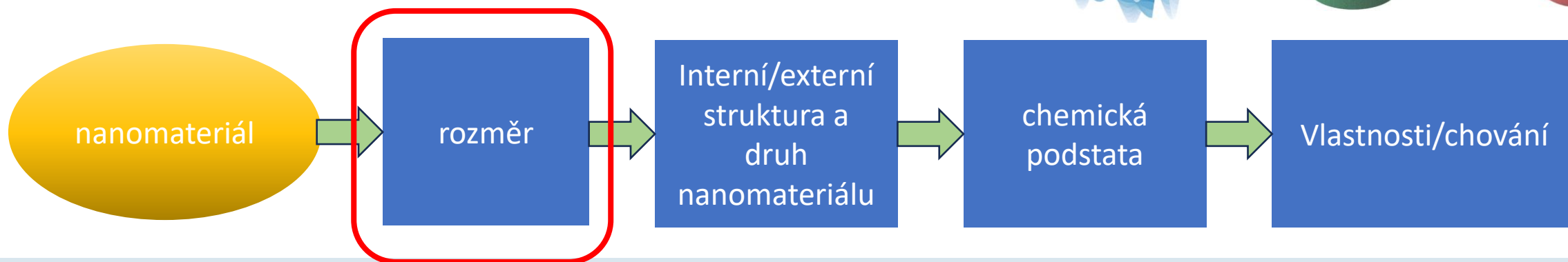
- **ČSN P CEN ISO/TS 24672 (01 2005)** - Nanotechnologie - Návod pro měření koncentrace nanočástic

TNI ISO/TR 11360 (01 2012) - Nanotechnologie - Metodologie pro klasifikaci a kategorizaci nanomateriálů

- Nanomateriály jsou různých rozměrů (nanoobjekty, nanostruktury, nanokompozity), odlišných fyzikálních, chemických, magnetických a biologických vlastností. Proto ISO zavádí klasifikační systém umožňující jejich jednotné třídění.
- V technické dokumentaci, oficiálních dokumentech, normách a právních textech by se mělo držet

terminologie podle norem ISO

- Klasifikace nanomateriálů na základě rozměru interní/externí struktury **1D** , **2D** , **3D** 



ČSN P ISO/TS 12901-2(01 2004) - Nanotechnologie - Použití managementu pracovního rizika pro nanomateriály v průmyslu - Část 2: Použití přístupu control banding

- Přístup založený na předběžné opatrnosti- **předcházení expozice nanomateriálům**

Nástroje pro vyhodnocení rizika, využívající principu Control Banding

CB Nanotool

Matice hazardu × expozice

Ke stažení xlsx. soubor a návod:



NanoSafer NRCWE (Dánsko)

Nástroj, který pracuje s **ventilací a prostorovou dynamikou**

Přístup po registraci: <http://www.nanosafer.org/>

Stoffenmanager-Nano TNO (Nizozemsko).

Praktický EU nástroj pro firmy (jednodušší, ale robustní)

Placený přístup: <https://nano.stoffenmanager.com/>

Dle publikace

A.S.Jiménez et al. (2016)

<https://doi.org/10.1080/15459624.2016.1200191>

méně konzistentní v praxi

Výstupy
**nenahrazují
měření ani
odbornou
inspekci**

Iniciativy OECD Working Party on Manufactured Nanomaterials (WPMN), s podporou evropské Malta Initiative

- Cílem bylo dát regulační rámec pro **charakterizaci nanomateriálů**, zejména pro REACH a chemickou legislativu
- Webinar on Particle Size and Size Distribution of Nanomaterials: OECD Test Guideline 125
<https://www.youtube.com/watch?v=bHWRMbbNOcE>
- Dokument TG 125 a další: <https://www.oecd.org/en/topics/sub-issues/testing-of-chemicals/nanomet.html>
- Popisuje a doporučuje metody AFM, CLS, DMAS, EM, PTA, SAXS, sp-ICP-MS
- **Regulační impuls – technický podklad pro harmonizaci metod v budoucích ISO normách**

Test Guideline No. 125

Nanomaterial Particle Size and Size Distribution of Nanomaterials

Metoda	Rozsah velikostí (nm)	Typ průměru	Princip měření	Typ vzorku
DMAS (Differential Mobility Analysis System)	2–1000	Elektrická mobilita	Elektrická pohyblivost	Aerosoly
DLS (Dynamic Light Scattering)	1–1000	Hydrodynamický průměr	Rozptyl světla (časově rozlišený)	Disperze
EM (Electron Microscopy – TEM/SEM)	1–1000	Ekvivalentní kruhový průměr	Mikroskopie (signál e ⁻)	Vakuum, suché deponované částice
PTA (Particle Tracking Analysis)	10–1000	Hydrodynamický průměr	Difuze částic	Disperze
SAXS (Small Angle X-ray Scattering)	1–200	Objemový ekvivalentní průměr	Rozptyl rentgenového záření	Disperze, prášky

Kritérium použití	DMAS	DLS	EM	PTA	SAXS
Přímo poskytuje distribuci podle počtu částic	✓	✗	✓	✓	✗
Určí vnější průměr částice	✓	✓	(záleží)	✓	(záleží)
Rozliší jednotlivé částice a aglomeráty	(záleží)	✗	✓	(záleží)	(záleží)
Dobré rozlišení distribuce velikostí	✓	✗	(záleží)	✗	✓
Směs různých částic (kompozity)	✓	✗	✓	(záleží)	(záleží)
Má tendenci podhodnocovat průměry	✗	✗	✓	✗	✓
Má tendenci nadhodnocovat průměry	✓	✓	✗	✓	✗
Získá ekvivalentní kruhový průměr	✓	✗	✓	✗	✓
Získá hydrodynamický průměr	✗	✓	✗	✓	✗

ČSN P CEN ISO/TS 12025(01 2030) - Nanomateriály - Kvalifikace nanoobjektů uvolněných z prášků generovaných aerosolů

Obsah:

- Standardizované **postupy pro měření uvolňování nanočástic z prášků** při manipulaci či disperzi.
- Tři klíčové fáze: **generace – transport – měření a analýza**.
- Přehled metod generace aerosolů používaných k vytváření reprodukovatelných aerosolů z práškových nanomateriálů za různých dispergačních podmínek.

Specifikace:

- **Porovnávání různých práškových materiálů** za použití jednotného protokolu.
- Zahrnuje vlivy jako **koheze, porozita, Brownův pohyb** → specifika aerosolů s nanočásticemi.

Informace:

Praktické návody k výběru **měřicí metody (koncentrace, velikost, distribuce částic)**.

Norma **nenahrazuje test prašnosti ani hodnocení zdravotního rizika** – spíše **podklad pro srovnání materiálů**.

Použitelná pro nastavení **monitoringu expozice pracovníků**.

ČSN P CEN ISO/TS 23302 (01 2007) - Nanotechnologie - Požadavky a doporučení pro identifikaci měřených veličin, které charakterizují nanoobjekty a materiály, které je obsahují



Obsah:

- Přehled toho, **jaké veličiny (measurands)** charakterizují nanoobjekty.
- Rozdělení podle oblasti použití: fyzikální, chemické, biologické parametry.
- Praktické tipy, jak **zvolit správný parametr** pro daný cíl (toxikologie, expozice, kontrola kvality).

Specifikace:

- Systematický seznam „**co má smysl měřit**“ u nanoobjektů (velikost, tvar, specifický povrch, zeta potenciál, chemické složení).
- Zdůraznění rozdílu mezi **primární nanočásticí vs. aglomerátem/kompozitem**.
- Rámec pro srovnatelnost výsledků mezi laboratořemi.

Informace:

- Užitečné jako **checklist** – zda měří ty veličiny, které skutečně odpovídají účelu studie.
- Praktické pro **toxikologické hodnocení** i pro **regulační inspekce**.
- Hodí se do terénu jako **návod, co má prioritu při charakterizaci vzorku**.

ČSN P CEN ISO/TS 24672 (01 2005) - Nanotechnologie - Návod pro měření koncentrace nanočástic

Obsah:

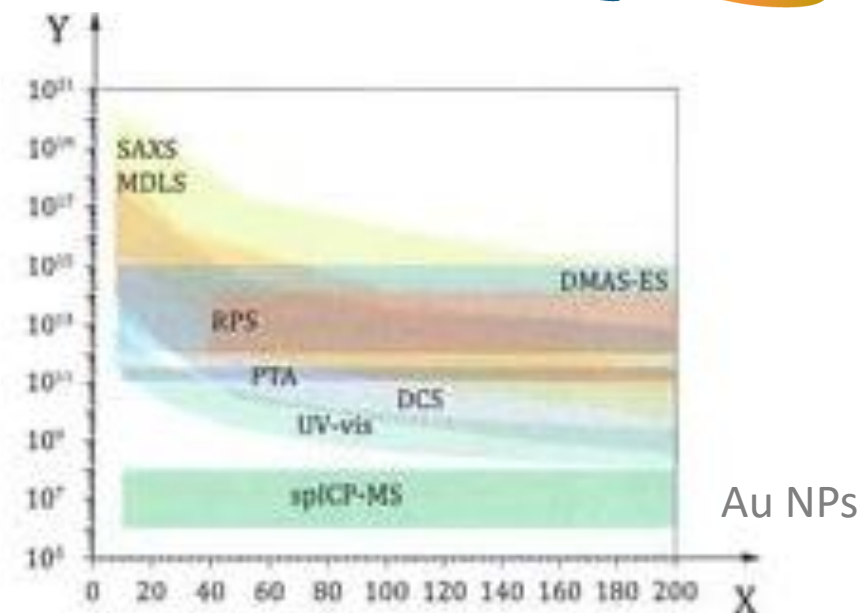
- Podrobný **návod k měření početní koncentrace nanočástic**.
- Pokrývá aerosoly, kapaliny i práškové materiály.
- Doporučení pro volbu vhodné metody podle prostředí a typu částic.

Specifikace:

- Srovnání a limity hlavních metod: **CPC, DMA, SMPS, spICP-MS, PTA**.
- Postupy kalibrace, validace a kontroly kvality měření.
- Pokyny pro interpretaci výsledků a vhodnost použití jednotlivých metod.

Informace:

- **Praktická pomůcka do terénu** – jasně říká, která metoda funguje pro **počítání nanočástic** a kde jsou její limity.
- Přispívá k efektivnímu plánování měřicích kampaní.



Interakce NM s organismem

Hot spot

- Plasmonický (optický, LSPR): přiblížení částic → plasmonic coupling → zesílené EM pole → SERS, fototermální efekt, fotokatalýza.
- Katalytický (chemický): ostré hrany, defekty, kavity → místa se zvýšenou povrchovou energií → snadnější redox. procesy, tvorba ROS, lokální oxidační stres.

Zeta potenciál (ζ-potenciál)

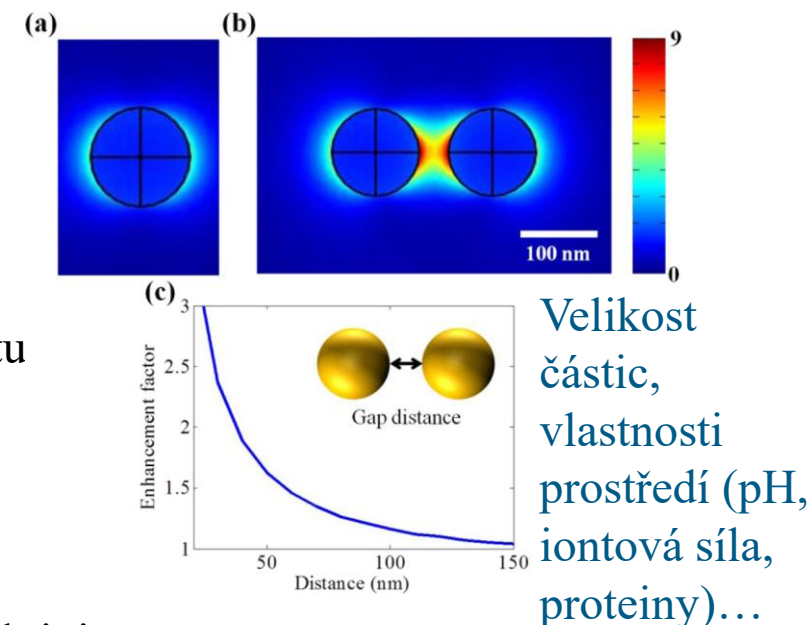
Elektrický potenciál na smykové vrstvě částice v disperzi.

- Určuje **stabilitu suspenzí** ($|\zeta| > 30$ mV = stabilní, nízké = agregace).
- Ovlivňuje **interakce s proteiny a buněčnými membránami**.
- Kladně nabitě částice obvykle vykazují vyšší afinitu k membránám a cytotoxicitu
- Zásadní pro **biodistribuci a imunitní odpověď**.

Specifický měrný povrch (BET surface area)

Povrchová plocha částic vztažená na hmotnost.

- Vysoký měrný povrch = více **reaktivních míst** → vyšší chemická i biologická aktivita.
- Koreluje s **tvorbou ROS** a katalytickými procesy.
- Rozhodující parametr při hodnocení **toxicity a reaktivity nanočástic**.
- Důležitý pro porovnání toxicity **nano vs. mikro** forem stejného materiálu.





Děkujeme za pozornost

olga.jarabicova@szu.gov.cz

michaela.klenotova@szu.gov.cz

pavla.pechova@szu.gov.cz

Podpořeno MZ ČR – RVO „SZÚ 75010330“