



Europska  
komisija

# Siguran rad s proizvedenim nanomaterijalima

Neobvezujući vodič za poslodavce i službenike  
za zdravlje i sigurnost na radu

Dokument dovršen u lipnju 2013.

Izradu ovog dokumenta predvodilo je poduzeće Risk & Policy Analysts Ltd, (Ujedinjena Kraljevina) uz pomoć IVAM Research and Consultancy on Sustainability, UvA Amsterdam, (Nizozemska), Denehurst Chemical Safety Ltd., (Ujedinjena Kraljevina) i Sveučilišta Cranfield (Ujedinjena Kraljevina).

Ni Europska komisija ni osobe koje djeluju u njezino ime ne odgovaraju za uporabu podataka iz ove publikacije.

Luxembourg: Ured za publikacije Europske unije, 2019

© Europska unija, 2019

Politiku ponovne uporabe dokumenata Europske komisije uređuje Odluka 2011/833/EU od 12. prosinca 2011. (SL L 330, 14.12.2011., str. 39.).

Za svaku uporabu ili reprodukciju fotografija ili druge građe koja nije zaštićena autorskim pravom EU-a dopuštenje treba zatražiti izravno od vlasnika prava.

Slika: © Shutterstock, 2019

ISBN: 978-92-79-46411-9 doi:10.2767/564254 KE-04-15-183-HR-N

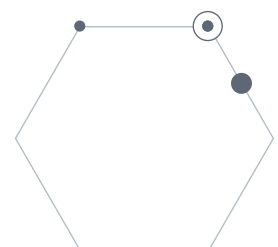
#### **UPOZORENJE**

Umnožavanje je dopušteno ako je naveden izvor.



# Siguran rad s proizvedenim nanomaterijalima

Neobvezujući vodič za poslodavce  
i službenike za zdravlje i sigurnost na radu



## Popis kratica

<b>µm</b>	mikrometar
<b>BAuA</b>	<i>Bundesanstalt für Arbeitsschutz und Arbeitsmedizin</i> (Njemačka) Savezni institut za sigurnost i zdravlje na radu
<b>CAD</b>	Direktiva o kemijskim sredstvima 98/24/EC
<b>CLP</b>	Uredba (EZ) br. 1272/2008 o razvrstavanju, označavanju i pakiranju tvari i smjesa
<b>CMD</b>	Direktiva 2004/37/EZ o karcinogenim ili mutagenim tvarima
<b>CMR</b>	Kancerogene, mutagene i/ili reproduktivno toksične tvari
<b>CNT</b>	Ugljikove nanocijevi
<b>CSA</b>	Ocjenjivanje kemijske sigurnosti
<b>CSR</b>	Izvešće o kemijskoj sigurnosti (u kojem je detaljno opisano Ocjenjivanje kemijske sigurnosti), kako je predviđeno u članku 14. Uredbe REACH
<b>DNEL</b>	Izvedena razina složenosti bez učinka
<b>EK</b>	Europska komisija
<b>EU</b>	Europska unija s dvadeset i osam država članica
<b>GBP</b>	Zrnate biopostojane čestice čija znatna posebna toksičnost nije poznata
<b>HARN</b>	Nanočestice velikog omjera dužine i širine
<b>HEPA</b>	Visokoučinkovit zrak s česticama
<b>HSE</b>	Dužnosnik za zdravlje i sigurnost
<b>IARC</b>	Međunarodna agencija za istraživanje raka
<b>ISO</b>	Međunarodna organizacija za normizaciju
<b>LEV</b>	Lokalna ispušna ventilacija
<b>MNM</b>	Proizvedeni nanomaterijal, odnosno, nanomaterijal koji je namjerno proizveden za razliku od nanomaterijala koji se prirodno pojavljuje ili nastaje kao nenamjerna posljedica ljudskog djelovanja
<b>DČ</b>	Države članice
<b>MWCNT</b>	Višestjenčane ugljikove nanocijevi
<b>NIOSH</b>	Nacionalni institut za zdravlje i sigurnost na radu
<b>nm</b>	Nanometar
<b>NM</b>	Nanometerijal, u odnosu na Preporuku Komisije 2011/696/EU o definiciji nanomaterijala, ako nije drugačije navedeno
<b>OEL</b>	Granična vrijednost izloženosti na radu
<b>OSH</b>	Sigurnost i zdravlje na radu
<b>PGNP</b>	Nanočestica nastala procesom; nanočestica koja je nenamjerno nastala tijekom procesa
<b>PM</b>	Lebdeće čestice
<b>PPE</b>	Osobna zaštitna oprema
<b>PSLT</b>	Slabo topljive nisko toksične čestice
<b>REACH</b>	Uredba (EZ) br. 1907/2006 o registraciji, evaluaciji, autorizaciji i ograničavanju kemikalija
<b>REL</b>	Preporučene granične vrijednosti izloženosti
<b>RMM</b>	Mjera upravljanja rizikom
<b>MSP</b>	Malo i srednje poduzeće (u skladu s definicijom iz Preporuke Komisije 2003/361/EC)
<b>SWCNT</b>	Jednostjenčane ugljikove nanocijevi
<b>TWA</b>	Vremenski ponderirani prosjek
<b>UFP</b>	Vrlo sitne čestice
<b>WHO</b>	Svjetska zdravstvena organizacija

# Sadržaj

<b>1</b>	<b>UVOD I KONTEKST</b> .....	<b>6</b>
<b>2</b>	<b>STRUKTURA OVOG VODIČA I UPUĆIVANJE NA DIREKTIVU 98/24/EZ</b> .....	<b>9</b>
<b>3</b>	<b>TERMINOLOGIJA I DEFINICIJE</b> .....	<b>10</b>
<b>4</b>	<b>PROCESSUS D'EVALUATION ET DE GESTION DES RISQUES</b> .....	<b>12</b>
4.1	Korak 1. – Određivanje MNM-ova .....	13
4.2	Korak 2. – Procjena opasnosti .....	13
4.2.1	Opća razmatranja o riziku .....	13
4.2.2	Kategorizacija razine zabrinutosti – oblik i topljivost .....	16
4.2.3	Kategorizacija razine zabrinutosti – prašnost i zapaljivost .....	18
4.3	Korak 3. – Procjena izloženosti .....	18
4.4	Korak 4. – Kategorizacija rizika (Određivanje razine kontrole) .....	21
4.5	Korak 5. – Detaljna procjena rizika .....	22
4.6	Korak 6. – Upravljanje rizikom .....	23
4.6.1	Opća načela, hijerarhija kontrola i mjere upravljanja rizikom .....	23
4.6.2	Razina rizika 1 .....	27
4.6.3	Razina rizika 2 .....	27
4.6.4	Razina rizika 3 .....	27
4.6.5	Razina rizika 4 .....	28
4.6.6	Obavješćivanje, upute i osposobljavanj .....	28
4.6.7	Zdravstveni nadzor .....	28
4.7	Korak 7. – Revizija .....	29
<b>PRILOG I.</b>	<b>ZABRINUTOST ZBOG OPASNOSTI I RIZIKA OD NANOMATERIJALA</b> .....	<b>31</b>
<b>PRILOG II.</b>	<b>DALJNJE SMJERNICE U UPORABI NANOMATERIJALA</b> .....	<b>33</b>
<b>PRILOG III.</b>	<b>PRIMJERI PRIMJENA MNM-OVA</b> .....	<b>37</b>
<b>PRILOG IV.</b>	<b>ZAKONODAVSTVO PRIMJENJIVO NA NANOMATERIJALE</b> .....	<b>38</b>
<b>PRILOG V.</b>	<b>IZAZOVI U PRAĆENJU IZLOŽENOSTI NANOMATERIJALIMA</b> .....	<b>41</b>

# 1

## Uvod i kontekst

### *Svrha je ovog Vodiča*

**1** Više općih informacija o nanomaterijalima dostupno je na sljedećem web-mjestu Europske komisije:  
[http://ec.europa.eu/health/scientific\\_committees/opinions\\_layman/nanomaterials/en/index.htm#i1](http://ec.europa.eu/health/scientific_committees/opinions_layman/nanomaterials/en/index.htm#i1)

**2** CM = kancerogena, mutagena tvar, u skladu s Uredbom (EZ) br. 1272/2008 o razvrstavanju, označavanju i pakiranju

Svrha je ovog Vodiča pomoći poslodavcima, osobama zaduženima za zdravlje i sigurnost i radnicima da ispune svoje regulatorne obveze, posebno one iz odredbi Okvirne direktive 89/391/EEZ i Direktive 98/24/EEZ o kemijskim sredstvima (CAD), kada god je poznato da je došlo do izlaganja MNM-u ili uporabe nanotehnologije na radnom mjestu uz krajnji cilj osiguranja primjerene zaštite zdravlja i sigurnosti radnika.

Ovaj se vodič može upotrebljavati u radnim okruženjima u EU-u u kojima se upotrebljava nanotehnologija. Njime se ne zamjenjuju posebni zahtjevi ili smjernice koji postoje na nacionalnoj razini te koje također treba uzeti u obzir. Osim toga, treba biti svjestan brzog razvoja nanotehnologije. Zbog toga su u izradi ovog Vodiča izabrani pojmovi, terminologija i metodologija koji se možda drugdje ne upotrebljavaju. Treba voditi računa o tome da će u budućnosti ovaj Vodič možda trebati izmijeniti uslijed relevantnih događaja.

Nakon objave ovog Vodiča mogle bi postati dostupne nove informacije o zaštiti zdravlja i sigurnosti radnika. Važno je da poslodavci te nove informacije uzmu u obzir kada donose odluke o najprikladnijim pristupima procjeni rizika i upravljanju rizikom na pojedinim radnim mjestima.

Ovaj je dokument izrađen za Europsku komisiju kao dio studije Ugovora o uslugama za ocjenjivanje zahtjeva za moguće izmjene relevantnog zakonodavstva EU-a o sigurnosti i zdravlju na radu i njihova područja primjene te u cilju razrade dokumenta sa smjericama u koji će biti uključeni odgovarajući rizici/pitanja (Broj ugovora: VC/2011/0521).

U ovom se Vodiču daje pregled pitanja povezanih sa sigurnom uporabom MNM-a na radnom mjestu, utvrđuje se općeniti okvir preventivnog djelovanja i osigurava praktični alat za usklađivanje s određenim aspektima osiguravanja sigurnosti radnika, kao što su procjena rizika i upravljanje rizikom. To može biti posebno korisno osobama koje nemaju dubinsko tehničko znanje o predmetnim pitanjima te može pomoći u osiguranju usklađenosti sa zakonodavstvom o sigurnosti i zdravlju na radu (OSH) u radu s MNM-ovima. Ovim bi se Vodičem posebno trebalo pridonijeti uklanjanju posebnih rizika ili zabrinutosti koji se odnose na nanomaterijale i tako osigurati njihovu primjerenu kontrolu na radnom mjestu.

Važno je napomenuti da bi se postupci i mjere predloženi u ovom Vodiču trebali primjenjivati uz postupke procjene rizika i mjere za upravljanje rizikom





koji se obično primjenjuju na radnom mjestu kada se radi s kemijskim sredstvima, a ne umjesto njih, u skladu s Direktivom 98/24/EZ o kemijskim sredstvima (CAD). Prema tome, **svaku predloženu mjeru treba provoditi ne dovodeći u pitanje strože mjere koje već postoje ili koje su propisane mjerodavnim zakonodavstvom.** Na primjer, kada je proizvedeni nanomaterijal u rasutom obliku razvrstan kao kancerogen ili mutagen (CM)<sup>2</sup>, treba primijeniti sve odgovarajuće mjere u skladu s radnim zakonodavstvom o radu s tvarima s kancerogenim i mutagenim svojstvima, odnosno Direktivu 2004/37/EEZ (CMD), Direktivu 92/85/EEZ o trudnim radnicama te radnicama koje su nedavno rodile ili doje i Direktivu 94/33/EZ o zaštiti mladih ljudi na radu.

**Važno je napomenuti da je u slučaju kada je MNM u okviru područja primjene Direktive CAD potrebno provesti procjenu rizika (članak 4. CAD-a).**

Područje primjene Direktive CAD određuje se ispunjenjem kriterija za razvrstavanje kao opasne tvari propisanih u Uredbi (EZ) br. 1272/2008 (Uredba CLP) ili kada MNM predstavlja rizik za sigurnost i zdravlje radnika, u skladu s člankom 2. točkom (b) alinejom iii. Direktive CAD.

MNM može imati posebne značajke zbog kojih bi materijal mogao imati posebna svojstva koja su važna industriji. Ta posebna svojstva istovremeno mogu uzrokovati istaknuti „profil opasnosti”, koji može biti drugačiji za svaki MNM istog kemijskog sastava. Mogući rizici od uporabe MNM-a stoga bi se trebali ocjenjivati zasebno za svaki pojedini slučaj.

Do danas još uvijek nema dovoljno znanstvenog znanja o mogućim opasnostima MNM-a za zdravlje. Čak i za MNM-ove koji su relativno dobro ispitani, prikupljeni podaci ne mogu se uspoređivati s podacima za tvari u rasutom obliku, ili to mogu samo u ograničenoj mjeri, jer primjerena karakterizacija uzoraka obično nije potpuna ili dovoljna<sup>3</sup>.

Međutim, predviđa se će se na temelju opsežnih istraživačkih programa koji se provode u cijelom svijetu, primjerice u okviru istraživačkih programa EU-a (OP7 i Obzor 2020.) i Programa OECD-a za sponzorstvo<sup>4</sup>, te na temelju ažuriranja i ocjenjivanja dosjea REACH-a<sup>5</sup>, osigurati posebni toksikološki i ekotoksikološki podaci za neke od najraširenijih MNM-ova.

Stoga se, zbog postojećeg stupnja nesigurnosti, pitanja u vezi sa sigurnom uporabom nanomaterijala na radnom mjestu u ovom vodiču razmatraju s oprezom.

Primjena **načela predostrožnosti** pretpostavlja:

- utvrđivanje potencijalno negativnih posljedica pojava, proizvoda ili postupaka;
- znanstvenu evaluaciju rizika u kojoj nije moguće s dovoljnom sigurnošću utvrditi predmetni rizik zbog nedovoljno podataka, njihove nedosljedne ili neprecizne prirode.

Europska komisija, 2000. Komunikacija o načelu predostrožnosti



Trenutačno se raspravlja o valjanosti metoda koje se upotrebljavaju za ocjenjivanje učinaka nanomaterijala na zdravlje. OECD radi na izmjeni postojećih smjernica za ispitivanje i smjernica za ocjenjivanje opasnosti nanomaterijala i razvoju novih. Međutim, primjenom smjernica za ispitivanje koje je OECD izradio za opće kemikalije na nanomaterijale utvrđeni su mogući negativni učinci MNM-a zbog kojih je opravdana primjena načela predostrožnosti (kratak pregled dokaza prikupljenih toksikološkim studijama naveden je u Prilogu I.).

**Važno je naglasiti da je izlaganje inhalacijom izvor najveće zabrinutosti u odnosu na učinke čestica nanomaterijala na zdravlje na radu, a posebna se pozornost posvećuje proučavanju učinaka na dišni sustav i srčanožilni sustav. Važna je i izloženost preko kože. Međutim, zdrava koža ima bolju zaštitnu funkciju od dišnog sustava iako bi ta zaštitna funkcija mogla biti ograničena ozljedama kože, snažnim mehaničkim opterećenjima ili malim nanočesticama (<5 do 10 nm) (EU-OSHA, 2009.). **Izlaganje unošenjem gutanjem predstavlja manji problem na radnom mjestu. Dobrom osobnom higijenom i osnovnim pravilima sigurnosne prakse (kao što je pranje ruku sapunom i vodom prije pauza i na kraju radnog dana, izbjegavanje nošenja osobne zaštitne odjeće izvan radnih prostorija ili kući na pranje) trebalo bi se izbjeći oralno unošenje.****

<sup>3</sup> UBA i dr. (2013.): Nanomaterijali i REACH, Pozadinski dokument o stajalištu njemačkih nadležnih tijela, Umwelt Bundes Amt. Dokument je dostupan na sljedećoj adresi: <http://www.bfr.bund.de/cm/349/nanomaterials-and-reach.pdf>

<sup>4</sup> Trenutačno je u postupku ispitivanja daljnjih dvanaest MNM-ova (fulereni C60, SWCNT, MWCNT, nanočestice željeza, cerijev oksid, cinkov oksid, dendrimeri, nanogline i nanočestice zlata i nanočestice srebra, titanijev dioksid i silicijev dioksid) koji se ocjenjuju za 59 definiranih krajnjih točaka važnih za ekološku sigurnost i ljudsko zdravlje. Izvor: <http://www.oecd.org/chemicalsafety/nanosafety/>

<sup>5</sup> Trenutačno se planira da će tri tvari u nano obliku (silicijev dioksid, srebrov i titanijev dioksid) proći postupak evaluacije na temelju Uredbe REACH. Izvor: <http://echa.europa.eu/regulations/reach/evaluation/substance-evaluation/community-rolling-action-plan>

S obzirom na razinu nesigurnosti, u procjeni rizika koja je predložena u ovom Vodiču veliki se naglasak stavlja na razmatranje izloženosti s tim da se još uvijek pokušava prvenstveno posvetiti pozornost onim MNM-ovima koji su izvor posebne zabrinutosti. Stoga se kategorizacija opsega potrebne kontrole temelji na fizikalno-kemijskim značajkama MNM-ova i stupnju izloženosti za svaki zadatak u radnom postupku uz upućivanje korisnika na relevantne izvore informacija i predlaganje razine kontrole koja odgovara mogućem riziku i stupnju povezane nesigurnosti. S obzirom na postojeći nedostatak posebnih informacija povezanih s nanooblikom kemikalija u sigurnosno-tehničkom listu, predložena se kategorizacija temelji na informacijama o onim fizikalno-kemijskim karakteristikama koje bi trebale biti odmah dostupne dobavljačima kemikalija. Važno je napomenuti da je u skladu s člancima 31. i 32. Uredbe (EZ) br. 1907/2006 (REACH) dužnost dobavljača prenijeti ostalim sudionicima dobavljačkog lanca „sve ostale raspoložive i relevantne informacije o tvari koje su nužne za utvrđivanje i primjenu potrebnih mjera upravljanja rizikom...” (članak 32. stavak 1. točka (d)). Stoga svaki korisnik u lancu, kako bi ispunio uvjete CAD-a i proveo procjenu rizika u cilju utvrđivanja odgovarajućih RMM-ova, može od dobavljača zatražiti dodatne informacije (besplatno<sup>6</sup>) barem o veličini i obliku čestica tvari/smjese i značajkama topljivosti. Sveobuhvatna toksikološka istraživanja pokazala su bez opravdane sumnje da inhalacija biopostojanih/slabo topljivih čestica može imati štetne učinke na dišni sustav pod određenim uvjetima izloženosti i da bi neke vrste nanomaterijala u obliku vlakana mogle imati toksikološke značajke slične azbestu<sup>7</sup> (EU OSHA, 2009.).

<sup>6</sup> članak 32 stavak 2. Uredbe REACH

<sup>7</sup> EU-OSHA (2009.): Izloženost nanočesticama na radnom mjestu, Pregled literature Europskog opservatorija za rizike, Europska agencija za sigurnost i zdravlje na radu (EU-OSHA), dostupno na web-mjestu EU-OSHA-e: [http://osha.europa.eu/en/publications/literature\\_reviews/workplace\\_exposure\\_to\\_nanoparticles](http://osha.europa.eu/en/publications/literature_reviews/workplace_exposure_to_nanoparticles)

Iako **su tema ovog Vodiča MNM-ovi**, nekim od predloženih mjera upravljanja rizikom moglo bi se pridonijeti smanjenju izloženosti prirodnim nanomaterijalima i slučajno dobivenim nanomaterijalima (koji se još nazivaju nanočesticama nastalim procesima – PGNP-ovi). Istovremena izloženost MNM-ovima i PGNP-ovima moguća je na mnogim radnim mjestima i savjetuje se da se, kod procjene rizika na radnom

mjestu u cilju utvrđivanja nužnih praksa za upravljanje rizikom, uzmu u obzir **svi mogući izvori** nanočestica (tj. ukupno opterećenje izloženosti).

Također treba napomenuti da je nekoliko nadležnih europskih tijela i tijela izvan Europe (npr. ISO i NIOSH) prethodno objavilo smjernice o sigurnoj uporabi nanomaterijala, uključujući u nekim slučajevima smjernice koje su specifične za određene MNM-ove ili za posebne scenarije uporabe. Korisnicima ovih smjernica također se savjetuje da uzmu u obzir navedene dodatne izvore informacija, prema potrebi (vidjeti Prilog II.).

Važno je napomenuti da bi se ovaj Vodič trebao smatrati „živim dokumentom” koji predstavlja znanje o nanomaterijalima i razumijevanje pitanja zdravlja i sigurnosti povezanih s nanomaterijalima u trenutku pisanja (lipanj 2014.). Moguće ih je po potrebi revidirati s obzirom na nove razvoje. Oni koji upotrebljavaju ovaj Vodič trebali bi se pobrinuti da pažljivo prate promjene u ovom području znanja koje se brzo razvija, na primjer praćenjem web-mjesta navedenih u Prilogu II. ovom Vodiču. Također bi trebali biti svjesni da će svoje procjene rizika za nanomaterijale morati često revidirati kako bi iskoristili najnovija znanstvena i medicinska shvaćanja i, uslijed toga, razmotrili je li potrebno izmijeniti prakse upravljanja rizikom.





## 2

# Struktura ovog Vodiča

## i upućivanje na Direktivu 98/24/EZ

U odjeljku 3. nalazi se uvod u terminologiju koja se upotrebljava u ovom Vodiču, a u odjeljku 4. sažetak predloženih postupaka procjene rizika i upravljanja

rizikom. U tablici 2.1. nalazi se usporedni prikaz sadržaja Vodiča i odredbi Direktive 98/24/EZ o kemijskim sredstvima (CAD)<sup>8</sup>.

<sup>8</sup> Cjeloviti tekst dostupan je na: <http://eur-lex.europa.eu/legal-content/FR/TXT/PDF/?uri=CELEX:31998L0024&from=EN>

Tablica 2.1. Sadržaj ovog Vodiča i odgovarajuće odredbe CAD-a

Odjeljak	Uputa na CAD
<b>4.1 Korak 1. – Određivanje MNM-ova</b>	<b>Članak 4. stavak 1.</b> „...utvrditi eventualnu prisutnost opasnih kemijskih sredstava bilo koje vrste na radnom mjestu.”
<b>4.2. Korak 2. – Procjena opasnosti</b>	<b>Članak 4. stavak 1.</b> „(...) ocijeniti rizik za sigurnost i zdravlje radnika zbog prisutnosti tih kemijskih sredstava, uzimajući u obzir...”
<b>4.3. Korak 3. – Procjena izloženosti</b>	<b>Članak 4. stavak 2.</b> „Procjena rizika se dokumentira u odgovarajućem obliku u skladu s nacionalnim pravom i praksom...”  <b>Članak 4. stavak 3.</b> „Određene aktivnosti u trgovačkim društvima, kao što je održavanje, za koje je moguće predvidjeti postojanje izloženosti rizicima, ili aktivnosti koje iz drugih razloga mogu dovesti do štetnih učinaka po sigurnost i zdravlje, čak i nakon poduzimanja svih tehničkih mjera, bit će uključene u procjenu rizika.”
<b>4.4. Korak 4. – Razvrstavanje rizika (Određivanje razine kontrole)</b>	<b>Članak 4. stavak 2.</b> Procjena rizika (...)može uključivati prosudbu poslodavca prema kojoj priroda i opseg rizika povezanih s kemijskim sredstvima čine daljnju detaljnu procjenu rizika nepotrebnom.”
<b>4.5. Korak 5. – Detaljna procjena rizika</b>	<b>Članak 6. stavak 4.</b> „Osim ako poslodavac drugim sredstvima vrednovanja jasno ne dokaže da je (...) postignuta odgovarajuća prevencija i zaštita, on mora redovito i u svakoj promjeni uvjeta koji bi mogli utjecati na izloženost radnika kemijskim sredstvima, provoditi potrebna mjerenja kemijskih sredstava koja bi mogla biti opasna za zdravlje radnika na radnom mjestu, posebno u odnosu na granične vrijednosti profesionalne izloženosti”
<b>4.6. Korak 6. – Upravljanje rizikom</b>	<b>Članak 5.</b> Opća načela za sprečavanje rizika (...)
<b>4.7. Obavješćivanje, upute i osposobljavanje</b>	<b>Članak 6.</b> Posebne sigurnosne i preventivne mjere
<b>4.8 Zdravstveni nadzor</b>	<b>Članak 7.</b> Postupanje u slučaju nesreća, incidenata i u žurnim slučajevima  <b>Članak 8.</b> Obavješćivanje i osposobljavanje radnika  <b>Članak 10.</b> Zdravstveni nadzor  <b>Članak 11.</b> Savjetovanje i suradnja s radnicima
<b>4.9. Korak 7. – Revizija</b>	<b>Članak 4. stavak 2.</b> „Procjena rizika se nadopunjuje, posebno prilikom značajnih promjena zbog kojih bi procjena mogla zastarjeti...”  <b>Članak 4. stavak 5.</b> „U slučaju započinjanja nove djelatnosti koja obuhvaća opasna kemijska sredstva, s radom se može početi tek nakon procjene rizika ove djelatnosti i provedbe utvrđenih preventivnih mjera.”

## 3

## Terminologija i definicije

## Što su nanomaterijali

9 Dostupna na:  
<http://eur-lex.europa.eu/LexUriServ/LexUriServ.do?uri=OJ:L:2011:275:0038:0040:EN:PDF>

Kako bi korisnik mogao ispravno tumačiti ovaj Vodič, u nastavku se nalazi uvod u odgovarajuću terminologiju o nanotehnologiji.

O mnogim su definicijama raspravljale međunarodne organizacije, nacionalna nadležna tijela i znanstveni odbori. Opsežan pregled radnih definicija na

nacionalnoj i međunarodnoj razini dostupan je u Referentnom izvješću JRC-a (JRC, 2010.).

**Za potrebe ovog Vodiča, upotrebljava se definicija koju trenutano preporučuje Europska komisija<sup>9</sup> (navedena u Okviru 1.).**

**Okvir 1.: Definicija nanomaterijala**

Prirodan, slučajno nastao ili proizveden materijal koji sadrži čestice u nevezanom stanju ili u obliku agregata ili aglomerata, pri čemu je za 50 % ili više čestica u raspodjeli po brojevnoj veličini jedna ili više vanjskih dimenzija u rasponu veličine 1– 100 nm.

U posebnim slučajevima kada je to opravdano brigom za okoliš, zdravlje, sigurnost ili tržišno natjecanje, prag raspodjele po brojevnoj veličini od 50 % može se zamijeniti pragom između 1 i 50 %.

Odstupajući [od navedenog] fulereni, grafeni i ugljikove nanocijevi jednostrukih stjenki s jednom ili više vanjskih dimenzija ispod 1 nm smatraju se proizvedenim nanomaterijalima

Za potrebe navedene definicije nanomaterijala, pojmovi „čestica“, „aglomerat“ i „agregat“ definiraju se kako slijedi:

- čestica” znači vrlo mali dio tvari s definiranim fizičkim granicama;
- aglomerat” znači skup slabo vezanih čestica ili agregata, čija je vanjska površina slična sumi površina pojedinačnih komponenti;
- agregat” znači čestica koja sadrži čvrsto vezane ili sjedinjene čestice;

Ako je to tehnički izvedivo i propisano posebnim propisima, usklađenost s definicijom [nanomaterijala] može se utvrditi na temelju posebne površine prema zapremini. Smatra se da je materijal obuhvaćen definicijom ako je posebna površina prema zapremini materijala veća od  $60 \text{ m}^2/\text{cm}^3$ . Međutim, materijal koji je, na temelju raspodjele po brojevnoj veličini, nanomaterijal trebao bi se smatrati usklađenim s definicijom čak i ako materijal ima posebnu površinu manju od  $60 \text{ m}^2/\text{cm}^3$ .

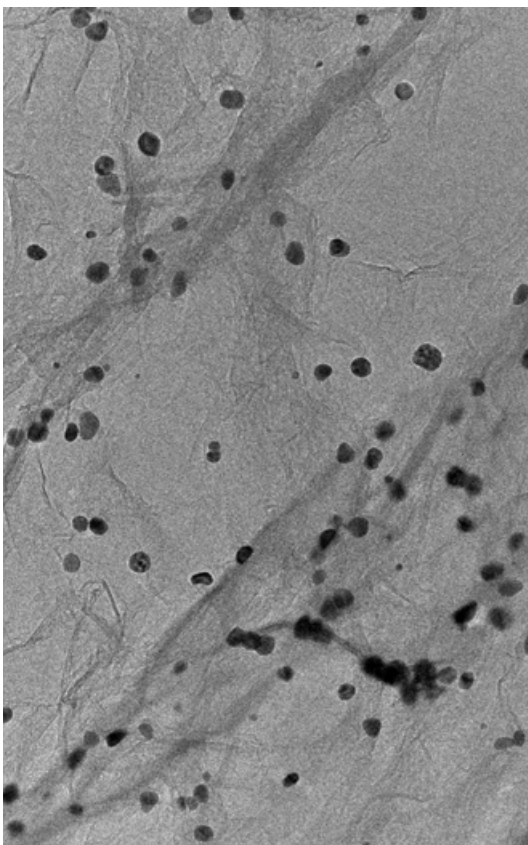
Preporuka Europske komisije 2011/696/EU.

Rok za preispitivanje (1. korak prije moguće revizije) ove definicije jest prosinac 2014.

Nanotehnologija je definirana kao ključna razvojna tehnologija (KET) kojom se osigurava osnova za daljnje inovacije i nove proizvode<sup>10</sup>. Proizvodi koji upotrebljavaju nanotehnologiju sve se češće upotrebljavaju u europskim industrijama. Zbog toga potencijalni rizici koji proizlaze iz uporabe nanomaterijala mogu postojati u raznim sektorima i poslovnim djelatnostima. U Prilogu III. nalazi se otvoren popis glavnih primjena nekih od najčešće korištenih MNM-ova.

Inherentna svojstva (fizikalno-kemijska i toksikološka) kemijskih sredstava (pa tako i nanomaterijala) predstavljaju opasnosti koje bi mogle uzrokovati štetu (i stoga ih treba procijeniti – procjena opasnosti), a način na koji se upotrebljavaju ili su prisutni na radnom mjestu (izloženost) određuje vjerojatnost ostvarenja moguće opasnosti (zbog čega je potrebna procjena izloženosti). Daljnje pojašnjenje primjenjivosti CAD-a na nanomaterijale nalazi se u Prilogu IV.

Iako se u ovom Vodiču nastoje laicima pružiti sažete i lako razumljive informacije, uporaba nekih tehničkih izraza i pojmova neizbježna je kada je riječ o nanotehnologiji. U cilju pojašnjenja takvih pojmova, njihove su definicije navedene u nastavku. Neke od njih u skladu su s terminologijom koju su razradile i koje upotrebljavaju druge organizacije i u svakom su slučaju u skladu s trenutnom definicijom nanomaterijala koju preporučuje EK.



- ▶ **Nanoljestvica** je raspon veličine od otprilike 1 nm do 100 nm (NAPOMENA 1: Svojstva koja se ne ekstrapoliraju od veće veličine obično će se, ali ne isključivo, prikazivati u ovom rasponu veličina. NAPOMENA 2: Donja granica u ovoj definiciji (otprilike 1 nm) nema fizički značaj već se uvodi kako bi se izbjeglo označavanje pojedinačnih i malih skupina atoma nanoobjektima ili elementima nanostrukture, što bi se moglo podrazumijevati da ne postoji donja granica) (BSI, 2007.).
- ▶ **Nanoobjekt** je zasebni komad materijala s jednom ili više vanjskih dimenzija na nanoljestvici (NAPOMENA: To je generički pojam za sve objekte na nanoljestvici) (BSI, 2007.).
- ▶ **Nanočestica** je nanoobjekt kojem su sve tri vanjske dimenzije na nanoljestvici (NAPOMENA: Ako se dužina najduže i najkraće osi nanoobjekta znatno razlikuju (obično više od tri puta), umjesto pojma nanočestica treba upotrebljavati naziv nanošipka ili nanoploča) (BSI, 2007.).
- ▶ **Nanoprašina** je masa suhih nanočestica (BSI, 2007.).
- ▶ **Vrlo sitne čestice (UFP)** najmanji su dio lebdećih čestica (PM) u okolišu i definiraju se kao lebdeće čestice s promjerom na nanoljestvici (HEI, 2013.). U ovom se Vodiču pojam „vrlo sitne čestice” upotrebljava za prirodne nanomaterijale.
- ▶ **Nanočestice nastale procesima (PGNP)** ili slučajni nanomaterijali čestice su koje su nastale slučajno za vrijeme rada, npr. električnih strojeva, procesa zagrijavanja, zavarivanja i sagorijevanja.
- ▶ **Nanovlakno** je nanoobjekt s dvije slične vanjske dimenzije na nanoljestvici i trećom znatno većom dimenzijom. Nanovlakno može biti fleksibilno ili kruto. Slične vanjske dimenzije one su dimenzije koje se razlikuju manje od tri puta po veličini, a znatno veća vanjska dimenzija razlikuje se od ostale dvije više od tri puta. Najveća vanjska dimenzija nije nužno na nanoljestvici (ISO/TS 27687:2008). Ako je dužina nanovlakna veća od 5  $\mu\text{m}$ , širine manje od 3  $\mu\text{m}$  i s omjerom između dužine i širine većim od 3:1, ono ispunjuje kriterije WHO-a i, u okviru ovog Vodiča, naziva se nanovlaknom prema WHO-u.
- ▶ **Nanočestice velikog omjera dužine i širine (HARN-ovi)** čestice su s jednom ili više dimenzija na nanoljestvici koje su mnogo manje od ostalih (HSE, 2013). Uz nanovlakna, i nanopločice (koje imaju samo jednu dimenziju u nanoljestvici) smatraju se HARN-ovima.

<sup>10</sup> npr. Britanski ured za normizaciju (British Standard Institution (BSI)) u javno dostupnoj specifikaciji (PAS) o terminologiji za nanomaterijale i Međunarodna organizacija za normizaciju, posebno Tehnički odbor 229, u Tehničkim specifikacijama za terminologiju koju treba upotrebljavati u području nanotehnologije, od čega su najvažniji:

- nanovlakno i nanoploča”;
- ISO/TS 80004-1:2010 „Nanotehnologije - Rječnik - 1. dio: Ključni pojmovi” i
- ISO/TS 80004-3:2010 „Nanotehnologije - Rječnik - 3. dio: Ugljični nanoobjekti”.

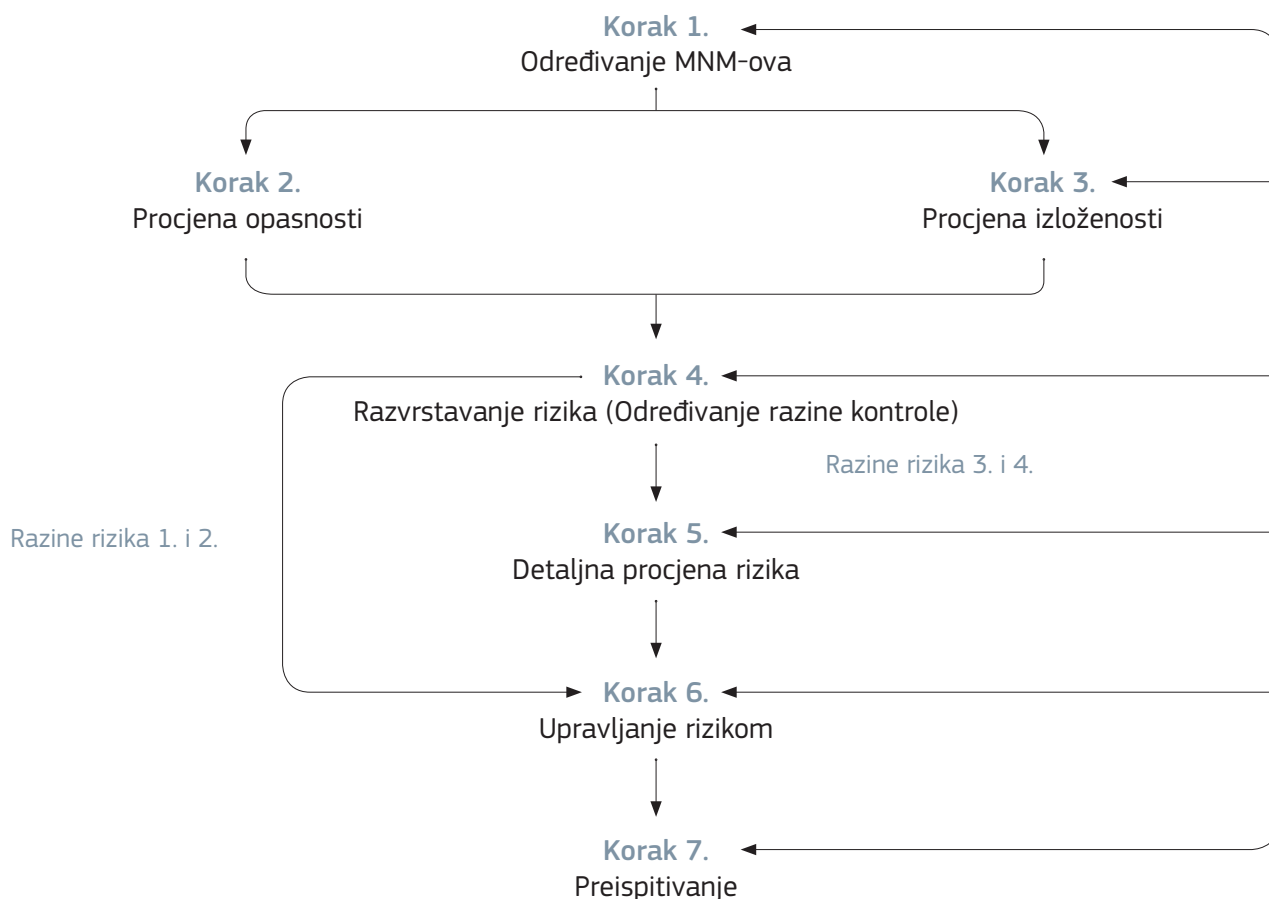
## 4

## Procjena rizika i postupak upravljanja

Obveze poslodavaca da osigura zaštitu zdravlja i sigurnost radnika od rizika povezanih s opasnim kemijskim sredstvima na radu navedene su u Odjeljku II. CAD-a. Kao i u slučaju bilo kojeg drugog kemijskog sredstva, poslodavci su dužni provesti procjenu rizika kad god se u radu upotrebljavaju MNM-ovi. Na slici 4.1. prikazani su različiti koraci uključeni u prevenciju rizika

u radu s MNM-ovima. Svaki je korak detaljno opisan u odjeljcima u nastavku. Prije uvođenja promjena u kemijska sredstva koja se upotrebljavaju ili uvjete rada potrebno je povremeno preispitati procjenu rizika i učinkovitost provedenih mjera za upravljanje rizikom (u skladu s člankom 4. stavkom 5. CAD-a)

Slika 4.1.: Grafikon za procjenu rizika





#### 4.1 4.1 KORAK 1. – ODREĐIVANJE MNM-OVA

Člankom 4. stavkom 1. CAD-a propisano je da poslodavci moraju utvrditi eventualnu prisutnost opasnih kemijskih sredstava bilo koje vrste na radnom mjestu. Osim toga, poslodavci koji nisu sigurni **postoje li MNM-ovi na radnom mjestu** trebali bi provjeriti inventar upotrijebljenih ili dostavljenih tvari kako bi utvrdili jesu li neke određene kao MNM-ovi ili bi mogle sadržavati MNM-ove.

Glavni izvori informacija su sigurnosno-tehnički listovi (SDS) uz tvari/smjese koji se upotrebljavaju na radnom mjestu. Iako su oni obavezni, u skladu s člankom 31. Uredbe REACH, samo za one tvari ili smjese razvrstane u skladu s Uredbom CLP ili ispunjuju kriterije iz Priloga XIII. Uredbe REACH jer su razvrstane kao postojeane, bioakumulativne i toksične tvari ili vrlo postojeane i vrlo bioakumulativne tvari, obično je praksa u kemijskoj industriji da se i za nerazvrstane tvari/smjese također dostavlja sigurnosno-tehnički list.

Ako sigurnosno-tehnički list nije potreban (nema razvrstavanja prema Uredbi CLP) i nije dostavljen, podaci se mogu naći na internetu od drugih dobavljača. Kvalitetu tih podataka možda će trebati provjeriti. Više informacija dostupno je na web-mjestu ECHA-e<sup>11</sup>. Podaci o obliku tvari ili prisutnosti MNM-

ova u pripravku nalaze se u sljedećim odjeljcima sigurnosno-tehničkog lista:

1. Identifikacija tvari/smjese i podaci o tvrtki/poduzeću;
3. Sastav/informacije o sastojcima;
9. Fizikalna i kemijska svojstva.

**U slučaju nesigurnosti, poslodavci bi se trebali obratiti dobavljačima/proizvođačima tvari/pripravaka i zatražiti potrebne informacije.**

#### 4.2 KORAK 2. – PROCJENA OPASNOSTI

##### 4.2.1 OPĆA RAZMATRANJA O RIZIKU

Ako su na radnom mjestu prisutni MNM-ovi, poslodavac **procjenjuje rizike za sigurnost i zdravlje radnika**. U tablici 4.1 (koja je reproducirana i prilagođena iz EK, 2004.<sup>12</sup>) sažeti su rizici koje treba ocijeniti u okviru CAD-a i naveden je otvoren popis čimbenika rizika koji su povezani s postojanjem opasnih kemijskih sredstava. Neki od čimbenika rizika kojima treba posvetiti posebnu pozornost za vrijeme procjene rizika MNM-ova označeni su podebljanim slovima.

<sup>11</sup> <http://echa.europa.eu/information-on-chemicals/registered-substances>

<sup>12</sup> EK (2004.). Praktične neobvezujuće smjernice o zaštiti zdravlja i sigurnosti radnika od rizika povezanih s kemijskim sredstvima na radu

Tablica 4.1. Rizici koji proizlaze iz prisutnosti MNM-ova

Rizik	Neki čimbenici rizika
Rizik zbog inhalacije sredstva	<ul style="list-style-type: none"> <li>• toksičnost MNM-a</li> <li>• <b>fizikalno-kemijska svojstva MNM-a</b></li> <li>• koncentracija u okolišu</li> <li>• vrijeme izlaganja</li> <li>• posebno osjetljivi radnici</li> <li>• <b>neprijmereni odabir i/ili uporaba RPE-a</b></li> </ul>
Rizici zbog kontakta s kožom ili očima	<ul style="list-style-type: none"> <li>• lokacija i opseg kontakta s kožom</li> <li>• toksičnost sredstva MNM-a preko kože</li> <li>• trajanje i učestalost kontakta</li> <li>• posebno osjetljivi radnici</li> <li>• <b>neprijmereni odabir i/ili uporaba PPE-a</b></li> </ul>
Risques dus à un contact avec la peau ou les yeux	<ul style="list-style-type: none"> <li>• <b>neprijmereni odabir i/ili uporaba PPE-a</b></li> <li>• neprijmereni radni postupci</li> <li>• neispravan postupak prijenosa</li> </ul>
Rizik zbog unošenja gutanjem	<ul style="list-style-type: none"> <li>• toksičnost MNM-a</li> <li>• <b>potencijalna toksičnost MNM-a</b></li> <li>• neispravne osobne higijenske navike</li> <li>• mogućnost jela, pića ili pušenja na radnom mjestu</li> <li>• posebno osjetljivi radnici</li> </ul>
Rizik od vatre i/ili eksplozije	<ul style="list-style-type: none"> <li>• <b>fizikalno stanje (vrlo sitna prašina)</b></li> <li>• pritisak/temperatura</li> <li>• zapaljivost/ogrnjivna vrijednost</li> <li>• <b>koncentracija koja se prenosi zrakom</b></li> <li>• izvori paljenja</li> </ul>
Rizici zbog opasnih kemijskih reakcija	<ul style="list-style-type: none"> <li>• kemijska reaktivnost i nestabilnost opasnih kemijskih sredstava</li> <li>• neprijmereni sustavi hlađenja</li> <li>• nepouzdan sustav za kontrolu ključnih varijabli u reakciji (pritisak, temperatura i kontrola protoka)</li> </ul>
Rizici koji nastaju zbog instalacija koje bi mogle imati posljedice na zdravlje i sigurnost radnika	<ul style="list-style-type: none"> <li>• korozija materijala i instalacija</li> <li>• oštećena ili nepostojeća oprema za kontrolu curenja i prolivanja (pladnjevi za zadržavanje, zaštita od mehaničkih učinaka)</li> <li>• nedovoljno ili nepostojeće preventivno održavanje</li> </ul>

Kako bi se mogla utvrditi sposobnost kemijskih sredstava (pa tako i MNM-ova) koji postoje na radnom mjestu za uzrokovanje rizika, moraju biti poznata štetna svojstva tih sredstava i izloženost, odnosno, način na koji se upotrebljavaju ili su prisutni. Obično su podaci o opasnim svojstvima kemijskih sredstava prisutnih na radnom mjestu dostupni na sljedećim mjestima:

- oznake (piktogrami),
- sigurnosno-tehnički listovi,
- preporuke Europske komisije,
- granične vrijednosti izloženosti na radnom mjestu i
- ostali izvori (provjereni podaci, znanstvena literatura, odgovarajuće baze podataka, itd.).

Trenutačno se u sigurnosno-tehničkim listovima ne navode posebni podaci o fizikalno-kemijskim svojstvima MNM-ova. Osim toga, mogu nedostajati toksikološki i ekotoksikološki podaci o MNM-ovima. Razne međunarodne organizacije (kao što je OECD) rade na prilagodbi postojećih ili razvoju novih standardiziranih metodologija ispitivanja za nanomaterijale i stvaraju dodatne relevantne informacije o MNM-ovima čija je uporaba raširena. U međuvremenu su razvijeni pojednostavljeni postupci procjene rizika u nastojanju da se prevladaju ti nedostaci.

Predloženo je nekoliko popisa fizikalno-kemijskih parametara za opisivanje nanomaterijala i razgovara se o načinu na koji oni utječu na toksikološki profil MNM-ova. Međutim, neka opasna svojstva poznata su zbog makrooblika materijala, na primjer, može se očekivati da će vrlo reaktivni materijali imati toksične učinke u slučaju inhalacije ili apsorpcije u tijelu jer se zna da su te vrste svojstava značajni čimbenici toksičnosti materijala u makroobliku. Osim toga, **ako je makrooblik tvari razvrstan kao kancerogen, mutagen i/ili reproduktivno toksičan (CMR), kao senzitizer, ili su iz nekih drugih razloga toksične, trebalo bi pretpostaviti da će ta svojstva postojati i u nanoobliku, osim ako nema drugačijih dokaza.** Iako trenutačno još uvijek nije sigurno koji parametri predstavljaju najbolju predvidljivu vrijednost toksičnosti, postoji sve više dokaza da bi u slučaju nanomaterijala velik omjer dužine i širine te loša topljivost mogli imati negativne učinke na ljudsko zdravlje.

Kao što je detaljno opisano u Prilogu I., najveći izvor zabrinutosti u pogledu MNM-ova moguće su posljedice izloženosti inhalacijom jer se nanočestice mogu unijeti duboko u pluća i postoji zabrinutost da bi mogle uzrokovati akutne ili kronične upalne reakcije.

Poseban se oprez preporučuje u pogledu rizika koje bi mogle predstavljati određene nanočestice s određenim fizikalnim svojstvima. Posebna se pozornost posvećuje takozvanim „nanočesticama velikog omjera dužine i širine” (HARN-ovi) zbog sličnosti njihovih fizikalnih svojstava s materijalima koji su poznati kao opasni, kao što je azbest ili neka umjetna mineralna vlakna. Poland i Donaldson<sup>13</sup> ukazali su na činjenicu da bi se HARN-ovi mogli dugo zadržavati u porebri<sup>14</sup> ako pokažu dodatne značajke:

- tanji od 3 µm,
- duži od 10 -20 µm,
- biopostojani i
- ne rastapaju se/dijele se u kraća vlakna<sup>15</sup>.

Kao i u slučaju nanovlakana, postoji zabrinutost i za nanopločice (koje se smatraju HARN-ovima) i njihovo aerodinamično ponašanje zbog kojeg bi mogle prodrijeti duboko u pluća (HSE, 2013.).

Topljivost u vodi još jedan je čimbenik koji može utjecati na toksičnost. Kako bi se mogao prevladati nedostatak posebnih podataka o biopostojanosti MNM-ova, u ovom se Vodiču topljivost u vodi upotrebljava kao zamjena za moguću biopostojanost. Detaljnija objašnjenja ovog parametra dostupna su u odjeljku 4.2.2 ovog dokumenta.

Kako bi ispunio zahtjeve iz **članka 4. stavka 1. CAD-a, poslodavac mora prikupiti dodatne podatke potrebne za procjenu rizika od dobavljača ili iz drugih dostupnih izvora i to bi, u najmanju ruku, trebalo uključivati podatke o veličini i obliku čestica tvari/smjese i njihovoj topljivosti i/ili biopostojanosti.** Važno je napomenuti da „što je veća razlika između fizikalnih i kemijskih svojstava između materijala, iako možda imaju isti kemijski sastav, to je vjerojatnije da podaci o opasnosti jednog materijala neće biti odgovarajuća osnova za procjenu opasnosti drugoga” (HSE, 2013.). Na primjer, ugljikove nanocijevi nemaju ista karakteristična svojstva i sve nisu izvor jednake zabrinutosti za moguće učinke na ljudsko zdravlje.

Oblici među kojima nema velike razlike u pogledu fizikalno-kemijskih svojstava mogu se smatrati usporedivima. Međutim, do danas nije moguće utvrditi koji je stupanj varijacije prihvatljiv za svaki pojedini parametar (UBA i drugi, 2013.).

Važno je napomenuti da je u članku 4. stavku 1. CAD-a navedeno da poslodavac od dobavljača dobiva dodatne informacije o opasnim svojstvima tvari, ako je to potrebno za procjenu rizika, a u članku 8. stavku 3. propisano je da države članice mogu poduzeti mjere kojima će osigurati pristup informacijama. S druge strane, u skladu s člancima 31. i 32. Uredbe REACH, **dobavljači tvari i pripravača dužni su dostaviti sve dostupne informacije koje su potrebne korisniku za obavljanje procjene rizika.** Ako ne postoje posebne toksikološke informacije o MNM-ovima, poslodavci imaju pravo besplatno tražiti relevantne fizikalno-kemijske informacije koje su dovoljne za barem djelomičan opis MNM-a i njihovog profila moguće opasnosti (vidjeti tablicu 4.2.).

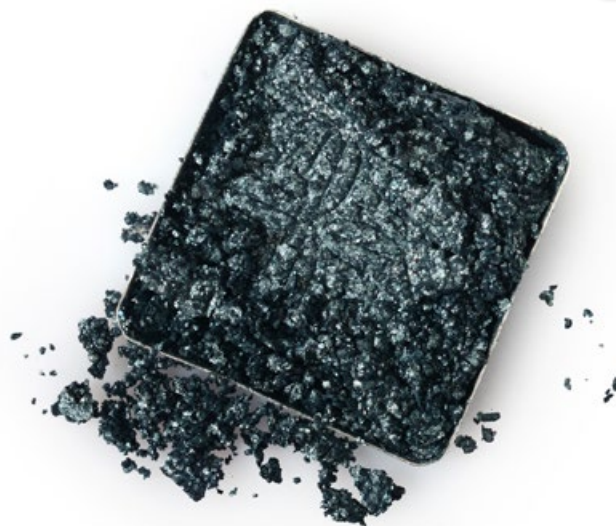
<sup>13</sup> <http://www.safenano.org>  
<http://www.particleandfibretoxicology.com/content/7/1/5/abstract>

<sup>14</sup> Mehanizam poznat kao „frustrirana fagocitoza”, nepotpuno uvlačenje čestice u stanicu zbog čega česticu nije moguće ukloniti iz tijela i postoji rizik od oštećenja stanice i ispuštanja štetnih endogenih tvari u tijelo.

<sup>15</sup> Štetna svojstva HARN-ova dužine manje od 5 µm (vjerojatno) su ista kao i kod zmatih čestica. Međutim, budući da se raspodjelom uzoraka HARN-ova po dužini obično vide velike razlike, uzorak prosječne dužine od 1,5 µm još uvijek bi mogao sadržavati velik broj pojedinih HARN-ova dužine > 5 µm.

Ako dostupne informacije nisu dovoljne za opis MNM-ova za potrebe provedbe pojednostavljene procjene rizika opisane u ovom Vodiču, **poslodavac bi trebao prihvatiti razuman pristup najgoreg scenarija uzimajući u obzir dostupne dokaze i u svjetlu načela predostrožnosti.**

U tablici 4.2. prikazani su podaci koje bi trebalo prikupiti, kao minimum, za provođenje postupka procjene rizika predloženog u ovom Vodiču.



Tablica 4.2. Podaci za opis

Minimalne informacije	Materijalni primjer za minimalne informacije
Kemijski naziv i naziv proizvoda	npr. Nanosrebro
Naziv trgovačkog društva proizvođača/dobavljača	ako ste proizvođač, navedite ime svog trgovačkog društva
Broj CAS i EZ broj	npr. broj CAS 7440-22-4, EZ broj 231-131-3
Kemijska formula/kemijska struktura	npr. Ag
Planirana svrha MNM-a	npr. MNM povećava zaštitu od izloženosti vremenskim uvjetima
Razvrstavanje prema fizičkoj opasnosti rasutog oblika*	razred opasnosti i šifra kategorije (npr. ekspl. 1.1) i/ili tekst s definicijom odgovarajućih izjava o opasnosti
Razvrstavanje prema opasnosti za zdravlje rasutog oblika*	npr. akutna toksičnost 1 ili H300
Razvrstavanje prema opasnosti za okoliš rasutog oblika*	npr. akutna za morski okoliš 1 ili H059
Izgled	fizikalno stanje, granulometrija i posebna površina
Površinski sastav	ako je MNM izmijenjen, funkcionaliziran ili prevučen kemikalijom, zatražite savjet stručnjaka.
Geometrija/oblik, krutost	npr. u obliku čestica ili vlaknast, krut ili fleksibilan
Broj veličina čestica distribucija	
pljivost u vodi	npr. 45 mg/l
Prašinasti oblik	
Zapaljivost	





**Napomene:**

\* Imajte na umu da, ako su nanomaterijali s kojima radite razvrstani u skladu s Uredbom (EZ) br. 1272/2008 (Uredba CLP), trebali biste kao minimum primjenjivati mjere upravljanja rizikom propisane u relevantnom zakonodavstvu i navedene na sigurnosno-tehničkom listu.

#### 4.2.2 KATEGORIZACIJA RAZINE ZABRINUTOSTI – OBLIK I TOPLJIVOST

Razvrstavanje s obzirom na zabrinutost zbog mogućih učinaka MNM-ova na zdravlje radnika na temelju geometrije/oblika i postojanosti/topljivosti u vodi predloženo je u nastavku u tablici 4.3. Za ispravno je razvrstavanje potrebno detaljno razumjeti te pojmove.

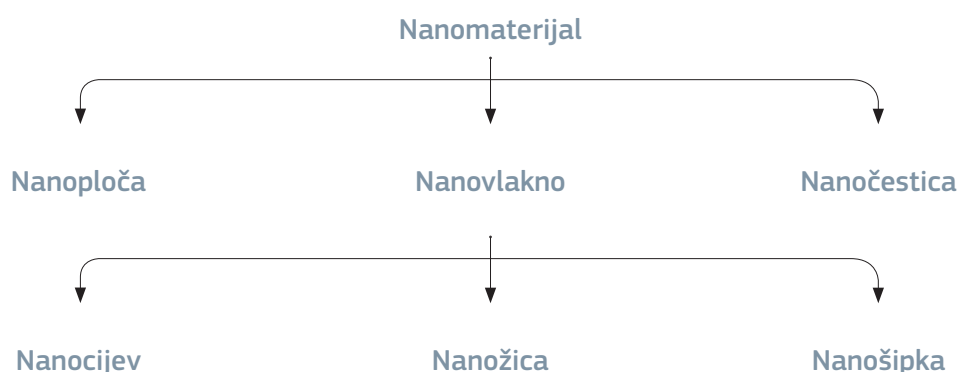
Tablica 4.3. Kategorizacija zabrinutosti

Kategorija zabrinutosti	Svojstva MNM-a	NMM 1	NMM ...
 <b>Visoka Zabrinutost</b>	slabo topljiva ili netopljiva (toplјivost u vodi <100 mg/l) nanovlakna WHO-a	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
 <b>Srednje visoka Zabrinutost</b>	slabo topljive ili netopljive (toplјivost u vodi <100 mg/l) nanočestice posebne toksičnosti i slabo topljivi ili netopljivi HARN-ovi osim slabo topljivih ili netopljivih nanovlakana prema WHO-u	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
 <b>Srednja niska Zabrinutost</b>	slabo topljivi ili netopljivi nanomaterijali koji nisu posebno toksični	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
 <b>Niska Zabrinutost</b>	toplјivi nanomaterijali	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>

► **Oblik** - ISO definira oblik čestica na temelju broja dimenzija u nanoljestvici. *Nanoploča* je čestica sa samo jednom dimenzijom na nanoljestvici, *nanovlakno* je čestica s dvije dimenzije u nanoljestvici i treća dimenzija je znatno veća, a *nanočestica* je čestica s tri

dimenzije na nanoljestvici. Šuplje nanovlakno naziva se *nanocijev*, savitljivo nanovlakno naziva se *nanožica*, a kruto nanovlakno *nanošipka*. Na slici 4.2. prikazan je shematski prikaz vrsta nanomaterijala prema obliku.

Slika 4.2. Shematski prikaz vrsta nanomaterijala prema obliku



► **Postojanost** – Postojanost se upotrebljava uglavnom u kontekstu procjene rizika za definiciju kemijskih sredstava ili materijala koji se zadržavaju u tijelu ili okolišu duže od određenog vremena. Postojani materijal slabo je topljiv/netoplјiv i otporan je na raščlambu na manje dijelove ili molekule. Na primjer, u odnosu na vlaknaste materijale, pojam biopostojanost može se definirati kao otpornost na

uklanjanje iz pluća prirodnim mehanizmima kao što je otapanje. Mjera koja se upotrebljava u tom slučaju jest poluživot, odnosno, vrijeme potrebno za uklanjanje 50 % vlakana iz pluća. Makrofagi imaju važnu ulogu u uklanjanju kratkih vlakana fagocitozom. Međutim, u slučaju dugih, krutih i slabo topljivih vlakana postupak fagocitoze otežan je jer makrofag ne može potpuno „progutati” vlakno.



► **Topljivost u vodi** – Topljivost u vodi (koja se obično izražava u mg/l) najveća je količina tvari koja se može otopiti u određenoj količini vode. Topljivost u rasutom obliku može se znatno razlikovati od topljivosti nanooblika. Za razlikovanje između slabo topljivih/netopljivih nanomaterijala obično se navodi prag od 100 mg/l. Kako bi se mogao prevladati nedostatak posebnih podataka o biopostojanosti MNM-ova, u ovom se Vodiču topljivost u vodi upotrebljava kao zamjena za biopostojanost. Samo u pogledu topljivosti, loše topljivi ili netopljivi nanomaterijali smatraju se zabrinjavajućima; topljivi nanomaterijali

(čija je topljivost u vodi iznad 100 mg/l) ne smatraju se izvorom zabrinutosti. Međutim, u nekim slučajevima materijal može biti slabo topljiv u vodi, ali može biti dobro topljiv u biološkim medijima, kao što je, primjerice, kobalt koji je netopljiv u vodi, ali je topljiv u serumu.

Osim možda amorfno silicija, svi nanomaterijali koji se trenutačno proizvode u velikim količinama<sup>16</sup> slabo su topljivi/netopljivi.

**16** Na primjer, amorfni silicij, srebro, titanijev dioksid, fuleren C60, SWCNT-ovi, MWCNT-ovi, nanočestice željeza, aluminijev oksid, cerijev oksid, cinkov oksid, nanogline i nanočestice zlata).

## KATEGORIJE ZABRINUTOSTI<sup>17</sup>

**Velika zabrinutost** - Slabo topljive ili netopljive (čija je topljivost u vodi manja od 100 mg/l) nanočestice posebne toksičnosti i slabo topljive/netopljive nanočestice velikog omjera dužine i širine osim slabo topljivih ili netopljivih nanovlakana prema WHO-u trebale bi se smatrati izvorom srednje velike zabrinutosti. Ovom su kategorijom obuhvaćeni nanomaterijali s toksičnim svojstvima i nanomaterijali čiji makrooblik tvari ima toksična svojstva i nema podataka da nanooblik nema ista svojstva. Osim toga, oni slabo topljivi ili netopljivi HARN-ovi koji nisu uključeni u kategoriju izvora velike zabrinutosti (nanopločice, nanovlakna dužine manje od 5 µm) trebali bi se smatrati izvorom srednje velike zabrinutosti jer mogu prodrijeti duboko u pluća i uzrokovati upale. Primjeri nanomaterijala srednje velike zabrinutosti uključuju nanosrebro, nanočestice zlata i nanočestice cinkovog oksida.

**Srednje velika zabrinutost** - Les nanoparticules peu solubles ou insolubles (présentant une hydrosolubilité inférieure à 100 mg/l) avec une toxicité spécifique, et les nanoparticules à rapport longueur/diamètre élevé autres que les nanofibres OMS peu solubles ou insolubles doivent être considérées comme correspondant à un niveau de préoccupation moyen à élevé. Cette catégorie inclut les nanomatériaux possédant des propriétés toxiques ainsi que ceux dont la forme macro de la substance possède des propriétés toxiques et pour lesquels aucune donnée ne démontre que la forme nano ne présente pas les mêmes propriétés. Par ailleurs, les nanoparticules HARN peu solubles ou insolubles qui ne relèvent pas de la catégorie de préoccupation élevée (nanoplaquettes et nanofibres dont la longueur est inférieure à 5 µm) doivent être considérées comme suscitant un niveau de préoccupation moyen à élevé en raison de leur capacité à pénétrer en profondeur dans les poumons, pouvant ainsi entraîner des réactions inflammatoires. Les nanomatériaux suscitant un niveau de préoccupation moyen à élevé incluent, entre autres, les nano-argents, les nanoparticules d'or et les nanoparticules d'oxyde de zinc.

**Srednje niska zabrinutost** - Slabo topljivi ili netopljivi nanomaterijali koji nisu posebno toksični i koji nemaju velik omjer dužine i širine izvor su srednje zabrinutosti; ti MNM-ovi nemaju posebna toksična svojstva osim onih koja ima sama tvar. Primjeri su čađa i titanijev dioksid.

**Niska zabrinutost** - Svi nanomaterijali čija je topljivost u vodi iznad 100 mg/l trebali bi se smatrati izvorom niske zabrinutosti s obzirom na toksikološke učinke specifične za nanočestice. Zbog njihove topljivosti, nanočestice se ne bi trebale zadržavati u tijelu dovoljno dugo da uzrokuju negativne učinke na zdravlje specifične za nanočestice. Primjeri MNM-ova u ovoj kategoriji uključuju nanočestice natrijevog klorida, nanočestice lipida, nanočestice brašna, nanočestice sukroze i amorfni silicij.

**17** Kategorije zabrinutosti trenutačno su definirane s obzirom na vjerojatni učinak koji bi mogao imati nanoblik tvari; u posebnim slučajevima iste učinke može uzrokovati tvar koja nije u nanoobliku.



### 4.2.3 KATEGORIZACIJA RAZINE ZABRINUTOSTI – PRAŠNOST I ZAPALJIVOST

- **Prašnost** – Prašnost se može definirati kao sklonost krute tvari da se pretvara u lebdeću prašinu prilikom mehaničke obrade. U tablici 4.4. prikazani su rasponi prašnosti koje je predložila ECHA (2012.) za potrebe korisnika Vodiča<sup>18</sup>.

- **Zapaljivost** – zapaljivost je pojam povezan s lakoćom tvari da se zapali ili pretrpi zapaljivu reakciju. Općenito su metalni praškovi nanovelčina lako zapaljivi, a ugljikovi nanomaterijali nisu (Safe Work Australia, 2013.)<sup>19</sup>. Potpuno oksidirani materijali, kao što je silicijev dioksid, cerijev dioksid i cinkov oksid nisu zapaljivi i pokazuju reakcije sagorijevanja.

Tablica 4.4. Rasponi prašnosti

Raspon	Prašnasti oblik
<b>Visok</b>	Sitan, lagan prah. Prilikom uporabe nastaju oblaci prašine koji ostaju u zraku nekoliko minuta. Na primjer: cement, titanijev dioksid, toner fotokopirnog uređaja
<b>Srednji</b>	Kristalne, zrnate krute čestice. Prilikom uporabe nastaje prašina, ali se brzo slegne. Nakon uporabe na površini se vidi prašina. Na primjer: sapun u prahu, zrnca šećera
<b>Niska</b>	Krute čestice u obliku peleta, nedjeljive. Malo dokaza o prašini za vrijeme uporabe. Na primjer: peleti od PVC-a, voskovi

**18** ECHA (2012.): Smjernice o zahtjevima za informacije i procjeni kemijske sigurnosti, poglavlje R.14.: Procjena izloženosti na radnom mjestu, verzija 2.1. – studeni 2012

**19** Safe Work Australia (2013.): Opasnost proizvedenih nanomaterijala za sigurnost, informativni list, dostupan na: <https://www.safeworkaustralia.gov.au/system/files/documents/1702/safety-hazards-engineered-nanomaterials.pdf>

**20** Ovaj je popis predložen u goodnanoguide.org, koji je dostupan na web-mjestu: <http://www.goodnanoguide.org/Assess+Potential+Exposures>

**21** Ova su pitanja predložena u CSIRO (2012.): Sigurno rukovanje i uporaba ugljikovih nanocijevi, Safe Work Australia, i prilagođena.

### 4.3 KORAK 3. – PROCJENA IZLOŽENOSTI

Ključni dio svake procjene rizika detaljno je razumijevanje moguće izloženosti radnika.

Za svaki je MNM potrebno utvrditi uobičajene aktivnosti na radnom mjestu i ostala predvidljiva događanja (npr. slučajna proljevanja ili drugi scenariji kvara opreme) koji bi mogli uzrokovati otpuštanje MNM-ova i posljedično izlaganje radnika. Popis generičkih aktivnosti<sup>20</sup> koje bi se mogle primjenjivati na životni ciklus svakog MNM-a prikazan je u nastavku:

- primitak materijala, raspakiranje i isporuka,
- postupci u laboratoriju,
- proizvodnja i završna obrada,
- čišćenje i održavanje,
- skladištenje, pakiranje i otpremanje,
- gospodarenje otpadom,
- razumne predvidljive hitne situacije.

U svakom radnom postupku u kojem se upotrebljava proizvedeni materijal, ako je primjenjivo, trebali biste postaviti sljedeća pitanja<sup>21</sup>:

- Na kojim su poslovima radnici izloženi MNM-ovima?
- Je li materijal u obliku prašine ili postoji li vjerojatnost da će u postupku nastati prašina ili aerosol MNM-a?
- Uključuje li postupak rezanje, ribanje, mljevenje, struganje ili ostalo mehaničko otpuštanje MNM-ova ili materijala koji sadržavaju MNM-ove?
- Koje je fizikalno stanje MNM-ova u svakoj fazi postupka rada? (npr. Suhi prah / suspenzija ili tekućina/ ugrađena ili vezana u drugim materijalima)
- Koji su mogući putovi izloženosti ljudi? (npr. inhalacija, izloženost preko kože)

- Koja je vjerojatnost nastanka izloženosti? Uzmite u obzir ne samo izloženost za vrijeme uobičajenog rada već i moguća slučajna otpuštanja i uzdržavanje.
- Kolika je vjerojatnost izloženosti, primjerice stalno u radnoj smjeni, povremeno, rijetko?

Za potrebe korisnika ovog Vodiča, u tablici 4.5. nalazi se popis mogućih radnih postupaka koji uključuju rukovanje MNM-ovima. Tablicu treba izmijeniti ako je nužno i upotrijebiti za bilježenje informacija važnih za procjenu izloženosti.

Emisije prašine/maglice/pare možda su već spriječene mjerama za upravljanje rizikom (RMM-ovi) koje su uvedene u cilju smanjenje rizika od ostalih (ne-nano) kemijskih sredstava. U tom slučaju treba provjeriti učinkovitost tih RMM-ova u pogledu smanjivanja izloženosti radnika MNM-ovima na najmanju razinu. U informativnim listovima priloženim uz instaliranu opremu/osobnu zaštitnu opremu može biti navedena njihova učinkovitost za različite oblike kemijskih sredstava. Ako te informacije nisu dostupne, poslodavac bi trebao pitati dobavljača opreme ili tražiti savjet stručnjaka.

Tablica 4.5. Aktivnosti koje uključuju moguću izloženost MNM-ovima

Naziv MNM-a: .....					
Djelatnost	Količina (kg/l)	Emisija prašine (da/ne)	Trajanje (u minutama)	Učestalost (puta pod/t/m)	Broj i oznaka radnika
Proizvodnja MNM-a					
Prihvat i skladištenje MNM-a					
Prijevoz u objektu (viličar, ručno itd.)					
Operativni strojevi					
Rukovanje (otvaranje posuda, ventila, pečata, pražnjenje vrećica, češljanje, prskanje...)					
Strojna obrada (bušenje, brušenje, poliranje...)					
Filtriranje/odvajanje					
Uzorkovanje (kontrola kvalitete)					
Punjenje/pakiranje konačnog proizvoda					
Čišćenje i održavanje opreme					
Čišćenje radnog prostora (npr. podova, zidova itd.)					
Prijevoz van objekta (u kontejneru cestom/morem/zrakom...)					
Prerada otpada na mjestu					
Prikupljanje otpada					
Uklanjanje otpada					
Izvanredne situacije					
Ostali postupci...					





Na temelju informacija prikupljenih u tablicama 4.4. i 4.5., u tablici 4.6. prikazano je razvrstavanje izloženosti prema svojstvima radnih postupaka i prašnosti tvari/smjese. Procjenu izloženosti trebalo bi provoditi za svaki utvrđeni MNM za svaki radni postupak.

Treba zapamtiti da, u cilju ispunjenja zahtjeva iz članka 4. stavka 2. CAD-a, **sve informacije prikupljene za procjenu rizika treba „dokumentirati u odgovarajućem obliku u skladu s nacionalnim pravom i praksom...“**.





Tablica 4.6. Procjena izloženosti u radnom postupku

Naziv MNM-a: .....				
Razina izloženosti	Opis	Postupak 1	Postupak ...	
 <b>Visoka</b>	<p><b>Slobodni/nevezani MNM-ovi, velik raspon prašnosti, vjerojatnost emisije MNM-ova</b></p> <p>Poslovi kojima bi mogli biti proizvedeni lebdeći MNM-ovi:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• proizvodnja MNM-ova – npr. sinteza, postupak „odozgo prema dolje”</li> <li>• rukovanje MNM-ovima u suhom stanju ili praškastom obliku, npr. uzorkovanje, vaganje i mjerenje, struganje, pakiranje i otvaranje vrećica</li> <li>• raspršivanje otopine koja sadržava MNM-ove</li> <li>• čišćenje i održavanje opreme</li> </ul>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	
 <b>Srednje visoka</b>	<p><b>Moguća emisija MNM-ova (djeljiva ili krhkost), srednji raspon prašnosti:</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• suho stapanje MNM-ova u matricu (npr. polimer)</li> <li>• obrada krutih tvari u nanoobliku ili krutih smjesa koje sadržavaju MNM-ove putem, primjerice, pletenja, tkanja, zamatanja, rezanja, struganja, brušenja itd.</li> <li>• rezanje/brušenje matrice koja sadržava MNM-ove, ako se oni mogu otpuštati iz matrice</li> </ul>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	
 <b>Srednje niska</b>	<p><b>Očekuje se da će emisija MNM-ova biti vrlo niska, nizak raspon prašnosti:</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• ekstruzija i rukovanje matricama koje sadržavaju MNM-ove (npr. boje ili polimeri)</li> <li>• obrada, oblikovanje, kalupljenje matrica koje sadržavaju MNM-ove</li> <li>• rezanje/brušenje matrice koja sadržava MNM-ove, ako nije vjerojatno otpuštanje</li> <li>• otopine koje sadržavaju MNM-ove miješaju se ili tresu</li> <li>• MNM-ovi u artiklima ili u potpuno obrađenom premazu na površinama artikala</li> </ul>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	
 <b>Niska</b>	<p><b>Nevjerojatna emisija MNM-ova:</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• bojanje, premazivanje (osim raspršivanja) ili pakiranje ekstrudiranog proizvoda</li> <li>• MNM-ovi se ugrađuju u matricu i nema strojne obrade</li> </ul>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	



#### 4.4 KORAK 4. – KATEGORIZACIJA RIZIKA (ODREĐIVANJE RAZINE KONTROLE)

Pojednostavljeni postupci procjene rizike prikazani u ovom Vodiču opisani su kako bi se poslodavcima pomoglo da utvrde potrebu za provedbom mjera kontrole. U ovom je odjeljku opisan pojam određivanja razine kontrole i njegova moguća primjena za procjenu rizika u određenom slučaju izloženosti nanomaterijalima.

Neke su države članice pripremile nacionalne vodiče o tom pitanju (vidjeti upute u Prilogu II.) i, kako je navedeno u Odjeljku 1., poslodavci bi trebali slijediti sve postojeće nacionalne zahtjeve.

Postupak prikazan u ovom Vodiču upotrebljava se za utvrđivanje mjera procjene rizika koje su primjerene za radni postupak koji se ocjenjuje. U tablici 4.7. prikazane su četiri moguće razine rizika utvrđene kombinacijom informacija prikupljenih na temelju kategorizacije zabrinutosti za zdravlje i na temelju razine izloženosti koja je utvrđena za svaki MNM i radni postupak. Ovisno o utvrđenoj razini rizika, neka su tehnička rješenja prikazana u sljedećim odjeljcima.

**Tablica 4.7. Određivanje razine kontrole: Stupanj rizika = kategorija zabrinutosti x razina izloženosti**

Kategorija zabrinutosti	Razina izloženosti			
	Niska	Srednja niska	Srednje visoka	Visoka
Niska	1	1	2	2
Srednja niska	1	2	2	3
Srednje visoka	2	2	3	4
Visoka	3	3	4	4

Za 1. i 2. razinu rizika, gdje je razina izloženosti niska, srednje niska i/ili je razina zabrinutosti zbog moguće opasnosti MNM-ova niska/srednje niska, smatra se da se odgovarajuća prevencija i zaštita mogu ostvariti provedbom standardnih mjera za upravljanje rizikom i bez potrebe za dodatnim povremenim mjerama izloženosti, kako je propisano u članku 6. stavku 4. CAD-a. Poslodavci moraju prosuditi hoće li se takvim pristupom dovoljno zaštititi zdravlje radnika.

Za razine rizika 1. i 2. u odjeljku 4.6. naveden je pregled hijerarhije kontrola i mjera za upravljanje rizikom koje se savjetuju za različite razine rizika.

Za razine rizika 3. i 4., prije provedbe RMM-ova (prikazane u odjeljku 4.6.), treba provesti detaljnu procjenu rizika (kako je opisano u odjeljku 4.5.).

Što je viša razina rizika, to strože mjere upravljanja rizikom treba poduzeti. U slučaju nesigurnosti u ishod pristupa određivanja razine kontrole, potrebna je detaljna procjena rizika koja obično uključuje mjerenja koncentracije u zraku (vidjeti odjeljak 4.5.). Za više rizike razine 3. i 4. savjetuje se da opće pravilo bude provođenje detaljne procjene rizika

Ovisno o utvrđenoj razini rizika, tablica 4.8. može se upotrebljavati za bilježenje odgovarajuće razine kontrole MNM-a i radnih postupaka.

**Tablica 4.8. Evidencija odgovarajuće razine kontrole**

br.	NMM	Postupak	Razina kontrole	1	2	3	4
1	...	...		<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
2	...	...		<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
3	itd.	itd.		<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>

**22** IFA (2009.): Kriteriji za ocjenjivanje učinkovitosti zaštitnih mjera, Institut für Arbeitsschutz der Deutschen Gesetzlichen Unfallversicherung (IFA), dostupni na web-mjestu IFA-e (<http://www.dgguv.de/ifa/en>)

**23** Vidjeti FNV, VNO, NCW, CNV (2011.) Vodič o sigurnom radu s nanomaterijalima i proizvodima, vodič za poslodavce i zaposlenike koji je objavilo nizozemsko Ministarstvo socijalnih pitanja i zapošljavanja.

**24** Pauluhn J (2009.): Višestjenčane ugljikove nanocijevi (Baytubes®): Pristup za izvođenje granice izloženosti na radu, regulatorne toksikologije i farmakologije, DOI: 10.1016/j.jyrtp.2009.12.012

**25** NIOSH (2013.) Izloženost ugljikovim nanocijevima i nanovlaknima na radnom mjestu, Bilten 65, Ministarstvo zdravlja i socijalnih službi, Centri za kontrolu i sprječavanje bolesti, Nacionalni institut za sigurnost i zdravlje na radu.

**26** Stone i dr. (2009.): ENRHES 2009, Proizvedene nanočestice Pregled sigurnosti za zdravlje i okoliš, Edinburgh Napier University. Dostupno na: <https://www.nanowerk.com/nanotechnology/reports/reportpdf/report133.pdf>

**27** NIOSH, 2011., Izloženost titanijevom dioksidu na radnom mjestu, Current Intelligence Bulletin 63, travanj 2011. <http://www.cdc.gov/niosh/docs/2011-160/pdfs/2011-160.pdf>

## 4.5 KORAK 5. – DETALJNA PROCJENA RIZIKA

Važno je načelo u praksi zdravlja i sigurnosti na radu procijeniti moguću izloženost i provjeriti primjerenost inženjerskih kontrola. Posebno u slučaju opasnih tvari (bez obzira na to jesu li u nano- ili makroobliku), od ključne je važnosti redovito praćenje odgovarajućeg funkcioniranja inženjerskih kontrola.

To može biti nadopunjeno povremenim mjerenjima izloženosti kada postoje odgovarajuće metodologije uzorkovanja i analize, uzimajući u obzir granične vrijednosti izloženosti na radu (OEL-ovi) specifične za MNM.

U slučaju MNM-ova koji nisu razvrstani kao opasni za zdravlje i za koje nisu uspostavljeni OEL-ovi na europskoj razini ili razini države članice, moguće je da je proizvođač utvrdio izvedenu razinu izloženosti bez učinka (DNEL) specifičnu za nanočestice u skladu s Uredbom REACH (iako je to vjerojatno samo ako je količina tvari na tržištu >10 tona/godišnje i razvrstana je u skladu s CLP-om). U tom slučaju, u scenariju izloženosti iz Uredbe REACH, koji je priložen sigurnosno-tehničkom listu, nalaze se informacije o mjerama za upravljanje rizikom i operativni uvjeti.

Za određene su nanomaterijale, u industriji i u okviru istraživanja predloženi posebni OEL-ovi ili DNEL-ovi (oni su sažeti u tablici 4.9. u nastavku). Neka su poduzeća i istraživački instituti predložili OEL za višestjenčane ugljikove nanocijevi (MWCNT-ovi) (Bayer, Nanocyl i NIOSH); dok su se DNEL-ovi izračunavali u eksperimentalnoj studiji koju su proveli Stone i dr. (2009.) u kojoj se metodologija DNEL-a propisanim čimbenicima za procjenjivanje primjenjuje na MWCTN-ove, fullerene, Ag i TiO<sub>2</sub>. U Švicarskoj je u 2011. Švicarski nacionalni fond za osiguranje od nesreća također utvrdio granična vrijednost za ugljikove nanocijevi na 0,01 vlakna/ml (SECO, 2012.).

Čak i kada nisu utvrđeni posebni OEL-ovi za MNM-ove, svejedno treba razmotriti uspostavu programa za mjerenje izloženosti (za razinu u zraku na radnom mjestu ili za razine koncentracija u zonama disanja radnika uporabom osobnih naprava za uzorkovanje), kada se to smatra razumnom mjerom predostrožnosti. To može biti posebno primjereno u slučaju kada se MNM nalazi u dvije kategorije koje su izvor najveće zabrinutosti. Ako ne postoje očiti kriteriji na temelju kojih treba ocjenjivati prihvatljivost izloženosti, treba napomenuti da su neke organizacije predložile da bi – ako nedostaju vrijednosti OEL-a i DNEL-a – bilo pragmatično usporediti stupanj izloženosti nanomaterijalima s nominalnim, usporednim vrijednostima koje se ne temelje na zdravlju. Primjeri takvih pristupa utemeljenih na usporednim vrijednostima uključuju IFA-u<sup>22</sup>, a u Nizozemskoj uporabu referentnih vrijednosti za nanočestice (NRV<sup>23</sup>).

**U svakom će slučaju biti nužno, u najmanju ruku, osigurati usklađenost s postojećim generičkim graničnim vrijednostima, kao što su opće granične vrijednosti prašine za alveolarne dijelove prašine koji se mogu udahnuti, bez obzira na izvor koji pridonosi tim dijelovima (MNM ili čestice uzrokovane postupkom ili slučajne čestice).** Rezultat takvog praćenja ocjena je primjerenosti kontrolnih mjera uvedenih u cilju osiguranja sigurnosti radnika u pogledu izloženosti nanočesticama jer će nanodijelovi lebdećih čestica biti uključeni u dio čestice koji se može udahnuti.

**Tablica 4.9. Predloženi REL-ovi i DNEL-ovi u ožujku 2013.**

Tvar		REL µg/m <sup>3</sup>	DNEL µg/m <sup>3</sup>	Referenca
MWCNT	Dugoročna izloženost		50	Pauluhn, 2009 <sup>24</sup>
CNT i CNF	8 sati TWA	1		NIOSH 2013 <sup>25</sup>
Fuleren	Kronična inhalacija		270	Stone i drugi (2009.) <sup>26</sup>
Ag (18-19 nm)	DNEL		98	Stone i drugi (2009.)
TiO <sub>2</sub> (10-100nm) (REL)	10sati/dan, 40sati/tjedan	300		NIOSH 2011. <sup>27</sup>

Međutim, provođenje opsežnog programa praćenja nanočestica ili nanovlakana složen je postupak: u trenutku pisanja, na razini EU-a nisu uspostavljene službene granice izloženosti na radu (OEL), istražuju se načini uzorkovanja i mjerenja, a jednostavne metode za praktično praćenje izloženosti u trgovačkim društvima još ne postoje (vidjeti Prilog V.). **U takvim okolnostima savjetuje se usredotočiti se na primjenu načela dobre higijene na radnom mjestu i poduzeti sve izvedive mjere za sprječavanje ili kontrolu izloženosti u skladu s odjeljkom 4.6.**

Kada se poduzimaju mjerenja izloženosti, njihovim rezultatima trebalo bi se pridonijeti provedbi mjera upravljanja rizikom u skladu sa sljedećim odjeljkom.



## 4.6 ORAK 6. – UPRAVLJANJE RIZIKOM

### 4.6.1 OPĆA NAČELA, HIJERARHIJA KONTROLA I MJERE UPRAVLJANJA RIZIKOM

U nekim su nacionalnim smjericama ocijenjene i preporučene mjere upravljanja rizikom (vidjeti Prilog III.).

Opća načela za sprječavanje rizika povezanih s opasnim kemijskim sredstvima utvrđena u članku 6. stavicama 1. i 2. Direktive 89/391/EEZ o uvođenju mjera za poticanje poboljšanja sigurnosti i zdravlja radnika na radu i u članku 5. CAD-a (navedeno u okviru 2.) mogu se u potpunosti primijeniti na upravljanje rizikom od MNM-ova. Trenutačno utvrđeni rizik od MNM-ova ovisi o opasnim svojstvima MNM-a u kombinaciji s mogućnošću da će ih radnici udahnuti. Kada se MNM-ovi koji se upotrebljavaju na radnom mjestu ili kojima se rukuje na radnom mjestu ne

mogu zamijeniti drugim manje opasnim kemijskim sredstvima ili dostaviti u drugom obliku koji se ne može udisati (npr. peleti), rizik se mora smanjiti primjenom preventivnih i zaštitnih mjera. Jednostavna je strategija rukovati MNM-ovima u tekućem mediju ili povezati ih u krute medije.

*„Primjena tih načela podrazumijeva ugrađivanje osnovnih aspekata prevencije u organizaciju rada i, općenito, uporabu logike i zdravog razuma u radu s opasnim kemijskim sredstvima” (EZ, 2004.)* Njihova primjenjivost na MNM-ove dalje je objašnjena u okviru 2. u nastavku.

#### Okvir 2.: Opća načela za prevenciju rizika povezanih s opasnim kemijskim sredstvima (članak 5. CAD-a)

Rizici za zdravlje i sigurnost radnika na radu koji uključuju opasna kemijska sredstva otklanjaju se odnosno smanjuju na minimum na sljedeće načine:

- planiranjem i organizacijom sustava rada na radnom mjestu,
- primjerenom opremom za rad s kemijskim sredstvima i postupcima održavanja koji jamče zdravlje i sigurnost radnika na radu,
- smanjenjem na minimum broja radnika koji su izloženi ili koji bi mogli biti izloženi,
- smanjenjem na minimum trajanja i intenziteta izloženosti,
- odgovarajućim higijenskim mjerama, smanjenjem na minimum količine kemijskih sredstava na radnom mjestu potrebnih za dotičnu vrstu posla,
- odgovarajućim radnim postupcima uključujući postupke za sigurno rukovanje, skladištenje i prijevoz unutar radnog mjesta opasnih kemijskih sredstava i otpadaka, koji sadrže takva kemijska sredstva.

Prilikom primjene načela treba slijediti uspostavljenu hijerarhiju kontrola (prikazanu u tablici 4.10.). Poslodavci bi trebali prihvatiti odgovarajuću kombinaciju mjera za kontrolu rizika predloženih u sljedećim stavicama u cilju osiguranja sigurnog rukovanja MNM-ovima.

Tablica 4.10. Hijerarhija kontrola

<b>Ukloniti/zamijeniti</b>	Rizik koji predstavljaju MNM-ovi mogu se ukloniti izbjegavanjem njihove upotrebe ili njihovom zamjenom manje štetnim agentom, uzimajući u obzir njegove uvjete uporabe.  MNM-ovi (ili njihov rasuti oblik) koji su razvrstani kao kancerogeni ili mutageni trebali bi imati prednost kod zamjene
<b>Izmijeniti postupak</b>	Promijeniti postupak u cilju smanjenje opsega zabrinutosti, na primjer: <ul style="list-style-type: none"> <li>• rukovanjem MNM-ovima u tekućim medijima ili povezujući MNM-ove u krutim medijima</li> <li>• smanjenjem količine MNM-ova u bilo kojem trenutku ili</li> <li>• promjenom radnih postupaka kako bi se izloženost svela na najmanju moguću razinu</li> </ul>
<b>Izolirati ili zatvoriti</b>	Sve operacije kod kojih postoji mogućnost otpuštanja MNM-ova u zrak izvršavaju se u zatvorenim prostorijama ili objektima kojima je moguće upravljati na daljinu iz zaštićenog područja
<b>Inženjerska kontrola</b>	Svi postupci u kojima postoji mogućnost stvaranja prašine ili aerosola MNM-ova provode se u područjima s učinkovitom lokalnom ispušnom ventilacijom. Za krute predmete koji sadržavaju MNM-ove preporučuje se mokro rezanje.
<b>Administrativni nadzor</b>	Provode se radni postupci za sigurno rukovanje MNM-ovima i programi kružne izmjene poslova kako bi se izloženost pojedinaca svela na najmanju moguću razinu. Radnicima koji bi mogli biti izloženi MNM-ovima daju se savjeti, informira ih se o rezultatima procjene rizika i organiziraju se tečajevi izobrazbe o kontrolnim mjerama koje se provode. Potrebno je uspostaviti plan za upravljanje izvanrednim situacijama.
<b>Osobna zaštitna oprema (PPE)</b>	PPE je posljednja kontrolna mjera ili dodatna mogućnost kojom se pridonosi ostvarenju više razine kontrole izloženosti. PPE može uključivati naprave za zaštitu dišnih putova, zaštitu kože i zaštitu očiju.

### Planiranje i organizacija sustava rada na radnom mjestu

Prilikom izrade radnih postupka treba uzeti u obzir rizike koji proizlaze iz rukovanja suhim vrlo sitnim česticama, zajedno s tehničkim i ekonomskim aspektima.

### Pružanje primjerene opreme za rad s MNM-ovima i postupci održavanja koji jamče zdravlje i sigurnost radnika na radu

Sva radna mjesta moraju biti u skladu s minimalnim zahtjevima za provjetravanje propisanim u Direktivi 89/654/EEZ, drugim riječima:

#### „6. Provjetravanje ograđenih mjesta rada

*6.1. Poduzimaju se koraci da ograđena mjesta rada dobiju dovoljno svježeg zraka s obzirom na vrstu poslova i fizičke zahtjeve stavljene pred radnike. Ako se koristi sustav prisilnog provjetravanja, mora se održavati u ispravnom stanju.*

*Gdje je to potrebno radi zdravlja radnika, kontrolni sustav mora biti opremljen signalizacijom za dojavu kvara.*

*6.2. Ako se koriste klima-uređaji ili mehaničke naprave za provjetravanje, njihov rad ne smije radnike izlagati propuhu koji uzrokuje nelagodu.*

*Bilo koji talog ili prašina koji bi mogli stvoriti neposrednu opasnost za zdravlje radnika moraju se ukloniti bez odlaganja.*

Cilj izrade kontrola provjetravanja trebao bi biti osigurati odgovarajuću kontrolu točke izloženosti za sve radne postupke koji uključuju rizik izloženosti slobodnim nanočesticama, uključujući pakiranje radi odlaganja.

Primjerenost zatvorenih sustava za filtriranje ovisit će o prirodi nanomaterijala kojim se rukuje. Stoga bi se ispušni zrak za CNT-ove i HARN-ove koji su biopostojani trebao filtrirati uporabom HEPA filtra klase H14. Međutim, sigurnosni ormarići filtrirani HEPA filtrima bez cijevi i mikrobiološki sigurnosni ormarići filtrirani HEPA filtrima mogli bi biti primjereni za postupke koji uključuju samo male količine (npr. <1 gram CNT-ova). Za nanomaterijale koji ne predstavljaju posebnu opasnost za zdravlje, treba upotrebljavati HEPA filtre od najmanje H13. Međutim, za rezanje, piljenje ili laštenje kompozitnih nanomaterijala mogle bi biti prikladne druge vrste poklopaca (npr. poklopci za prihvat ili klupe za odljev). Ako zatvaranje nije praktično, treba osmisliti sustave lokalnog ekstrakcijskog provjetravanja (LEV) kako bi se postupak što više zatvorio.

Osim toga, važno je pažljivo razmotriti prirodu osobne zaštitne opreme (PPE) koja se upotrebljava. Za mnoge će nanomaterijale u slučajevima moguće izloženosti biti prihvatljivo upotrebljavati laboratorijske kute ili ogrtače od poliestera/pamuka. Ako bi odjeća trebala biti ponovno upotrebljiva, potrebno je razmotriti primjerenu praksu za pranje rublja. Posebno ne bi trebalo biti dopušteno pranje izvan prostorija kako bi se izbjegao rizik od sekundarne izloženosti.

Međutim, za MNM-ove koji su izvor velike zabrinutosti preporučuje se upotrebljavati zaštitnu odjeću izrađenu



od materijala kao što je polietilenski tekstil jer postoje dokazi da bi ti MNM-ovi mogli proći kroz neke netaknute zaštitne materijale za jednokratnu uporabu i, prema implikacijama, mogli bi proći kroz pletene ponovno upotrebjive materijale. U slučaju MNM-ova koji su izvor velike zabrinutosti, ne preporučuje se uporaba vune, pamuka, poli-pamuka ili pletenih materijala.

Kada se biraju rukavice, važno je napomenuti da gustoća materijala u velikoj mjeri određuje način pružene zaštite. Međutim, također je važno razmotriti koje bi druge tvari (npr. otapala) mogle postojati na radnom mjestu. Ako se čini da je lateks najsigurniji izbor, važno je upotrebljavati samo niskoproteinske rukavice bez praška. Iako bi za neke nanomaterijale mogla biti prihvatljiva uporaba jednokratnih rukavica proizvedenih u skladu s odgovarajućim standardima. U slučaju MNM-ova koji su izvor velike zabrinutosti, preporučuje se nošenje barem dva sloja rukavica.

Također se preporučuje uporaba zaštite za oči. Kao minimalna zaštita za sve nanomaterijale trebale bi se upotrebljavati prijanjajuće zaštitne naočale.

Oprema za zaštitu dišnih materijala trebala bi se upotrebljavati samo kada su poduzete sve druge razumno izvedive mjere ali njima nije postignuta odgovarajuća razina kontrole. Ako se upotrebljavaju s drugim mjerama (tj. kao sekundarna zaštitna mjera), jednokratne i polu-maske trebale bi imati odgovarajući zaštitni faktor (APF). Ako će se maska visokih performansi nositi duže vrijeme, treba razmotriti uporabu maski s filtrom na struju. Svi radnici koji moraju nositi RPE trebali bi proći testiranje maske na licu i izobrazbu kako bi se osigurala primjerena uporaba.

### **Smanjenje broja radnika koji su izloženi ili koji bi mogli biti izloženi na minimum**

Cilj je ove ustrojstvene mjere smanjiti kolektivni rizik koji proizlazi iz rada s MNM-ovima. Međutim, time se ne smanjuje pojedinačni rizik. Radni postupci mogu se organizirati na način da se broj radnika koji su izloženi MNM-ovima smanji na minimum odvajanjem radnih prostorija od ostatka radnog mjesta i ograničavanjem pristupa tim prostorijama.

### **Smanjenje na minimum trajanja i intenziteta izloženosti**

U radu s MNM-ovima treba posebno nastojati inhalaciju svesti na minimum. To se može postići na dva načina: smanjenjem koncentracije u okolišu (npr. postavljanjem sustava za provjetravanje) i smanjenjem trajanja izloženosti MNM-ovima na minimum. Često se izloženost može smanjiti pažljivim izvršavanjem jednostavnih rutinskih postupaka, kao što je otvaranje vrećica, čišćenje opreme komprimiranim zrakom i slično.

### **Primjerene higijenske mjere**

Posebno je važno održavati visoku razinu čistoće na radnom mjestu na kojem su prisutni nanomaterijali jer se oni zbog svoje veličine mogu jednostavno širiti zrakom u kojem mogu dugo ostati, ovisno o njihovoj sklonosti da stvaraju aglomerate. Na primjer, neaglomerirane nanočestice u zraku ponašat će se kao plinovi i brzo će se raspršiti na velikim udaljenostima te će imati niske stope sedimentacije. Iz tog razloga bi se sustavima inženjerske i operativne kontrole trebalo nastojati ograničiti prilike za emisiju ili akumulaciju



nanočestica u zraku u radnom okruženju. Osim toga, u slučaju prolivanja nanomaterijala, važno je NE upotrebljavati četku, komprimirani zrak ili uobičajeni usisavač za čišćenje. On bi se trebao ukloniti komercijalnim usisavačem s HEPA filtrom koji se upotrebljava samo u te svrhe. Filter treba redovito mijenjati u kontroliranim uvjetima kako bi se osiguralo zadržavanje sadržaja koji bi se trebali odložiti kao opasni otpad. Sam će se usisavač također trebati smatrati opasnim otpadom na kraju njegovog životnog ciklusa. I konačno, mjesto prolivanja i sva oprema koja bi mogla biti onečišćena moraju se očistiti vlažnom krpom.

#### **Smanjenje na minimum količine kemijskih sredstava na radnom mjestu potrebnih za dotičnu vrstu posla**

Smanjenjem količine MNM-ova koji se upotrebljavaju ili kojima se rukuje u određenoj vrsti radnog postupka učinkovito se smanjuje intenzitet izloženosti i, uslijed toga, visina rizika.

#### **Primjereni radni postupci koji uključuju rješenja za operacije čišćenja i održavanja i za sigurno rukovanje, skladištenje i prijevoz MNM-ova na radnom mjestu i MNM-ova koji sadržavaju otpad**

Čišćenje radnih prostorija i održavanje strojeva koji se upotrebljavaju za obradu MNM-ova trebali bi obavljati osposobljeni radnici s odgovarajućom osobnom zaštitnom opremom. Za prašinu razreda H preporučuje se mokro čišćenje ili uporaba industrijskog usisavača. Kod čišćenja treba izbjegavati primjenu snažnog pritiska vode kako bi se izbjegla mogućnost raspršivanja prašine. Treba izbjegavati čišćenje komprimiranim zrakom.

Ispravnom organizacijom postupaka rada mogla bi se izbjeći nepotrebna izloženost. Rukovanje, skladištenje i prijevoz MNM-ova trebali bi obavljati samo stručni radnici.

Osim toga, kod odlaganja otpada onečišćenog nanomaterijalima treba prihvatiti oprezan pristup osim ako je poznato da nema opasnosti ili da materijal nije izvor zabrinutosti. U protivnom otpad treba stavljati u dvostruke vrećice ili dvostruko zatvarati u označene i zatvorene spremnike i odlagati kao opasni otpad (poželjno paljenjem).

#### **Izvanredni postupci u slučaju slučajnog otpuštanja**

U slučaju prolivanja suhih nanopraškova ili u bilo kojoj izvanrednoj situaciji čija bi posljedica mogla biti velika izloženost MNM-ovima, sve osobe u poslovnim prostorijama trebalo bi evakuirati. Zona nesreće trebala bi biti ograđena i u nju bi trebalo ulaziti tek kada se slegnu svi MNM-ovi. Budući da se svejedno može očekivati da će određena količina MNM-ova ostati u zraku, za vrijeme operacije čišćenja treba nositi odgovarajući PPE (kao što je odijelo otporno na prašinu, rukavice tipa 5 i respirator s filtrom P3).

Tablica 4.11. (na kraju ovog odjeljka) može se upotrebljavati za bilježenje RMM-ova koji će se provoditi.







#### 4.6.2 RAZINA RIZIKA 1.

Općenito se u tim situacijama rizik za zdravlje i sigurnost radnika može smatrati neznatnim u smislu članka 5. stavka 4. CAD-a. Osim toga, ako je primjena općih načela prevencije dovoljna za smanjenje tog rizika, u članku 5. stavku 4. Direktive propisano je da nije potrebno primjenjivati odredbe članka 6., 7. i 10. Obično se **takve situacije mogu kontrolirati općim provjetranjem.**

#### 4.6.3 RAZINA RIZIKA 2.

U sljedećim situacijama **treba provoditi posebne preventivne mjere, uz ono što je propisano za situacije razine rizika 1.**

- ako se očekuje da će emisija MNM-ova srednje velike zabrinutosti biti vrlo niska ili uopće ne postoji vjerojatnost emisije,
- ako je emisija MNM-ova srednje niske zabrinutosti vjerojatna ili vrlo niska ili
- ako postoji mala zabrinutost za emisiju MNM-ova.

Za razinu rizika 2., za ublažavanje izloženosti i povezanog rizika mogle bi biti dovoljne inženjerske kontrolne mjere.

U situacijama koje bi mogle dovesti do rizika razine 2. u skladu s tablicom 4.7. treba provoditi posebne preventivne mjere, uz ono što je propisano za situacije 1. razine rizika. Za ublažavanje izloženosti i povezanog rizika mogle bi biti dovoljne inženjerske kontrolne mjere.

#### 4.6.4 RAZINA RIZIKA 3.

U sljedećim se situacijama moraju primijeniti **zatvoreni sustavi ili zadržavanje. Uz pomoć stručnjaka trebalo bi provesti detaljnu procjenu rizika koja se temelji na mjerama izloženosti:**

- ako se upotrebljavaju MNM-ovi koji su izvor velike zabrinutosti, ali očekuje se da će njihova emisija biti vrlo niska,
- ako postoji vjerojatnost emisije MNM-ova srednje velike zabrinutosti zbog njihove prašnosti i značajki radnih postupaka,
- ako postoji vjerojatnost emisije loše topljivih/netopljivih nanomaterijala koji nisu posebno toksični.

Potrebno je izabrati najbolju kombinaciju inženjerskih kontrolnih mjera, mjera administrativne kontrole i nošenja osobne zaštitne opreme radnika koji bi mogli biti izloženi MNM-ovima i primjenjivati je kako bi se izloženost svela na minimum.

U situacijama koje dovode do 3. razine rizika, u skladu s tablicom 4.7., **treba primijeniti zatvorene sustave ili zadržavanje** i njihovu je učinkovitost potrebno osigurati redovnom provjerom njihovih rezultata (to je moguće učiniti mjerenjem ključnih varijabli u funkcioniranju sustava kontrole i/ili mjerenjem koncentracija MNM-ova u zraku):

Potrebno je izabrati najbolju kombinaciju inženjerskih kontrolnih mjera, mjera administrativne kontrole i nošenja osobne zaštitne opreme radnika koji bi mogli biti izloženi MNM-ovima i primjenjivati je kako bi se izloženost svela na minimum.

#### 4.6.5 RAZINA RIZIKA 4.

U sljedećim je situacijama **od ključne važnosti usvojiti mjere koje su posebno namijenjene za predmetne postupke:**

- ako su MNM-ovi uzrokovali veliku zabrinutost zbog njihovog mogućeg učinka na ljudsko zdravlje na temelju dokaza prikupljenih za vrijeme istraživanja (slaba topljivost/netopljivost nanovlakana prema WHO-u) i ako je vjerojatno ili moguće da će emisije nastati za vrijeme radnih postupaka i uzrokovati izloženost radnika i/ili
- ako su MNM-ovi uzrokovali srednje veliku zabrinutost (slaba topljivost/netopljive nanočestice posebne toksičnosti i slabo topljivi/netopljivi HARN-ovi osim onih obuhvaćenih kategorijom zabrinutosti br. 1.) i MNM-ovi bi se lako mogli otpustiti u atmosferu.

U situacijama koje dovode do razine rizika 4., u skladu s tablicom 4.7., **od ključne je važnosti donijeti mjere koje su posebno prilagođene postupcima.**

Mjerenja u okviru objekata treba provoditi u cilju kvantitativnog ocjenjivanja izloženosti. Iako još nisu utvrđene **granične vrijednosti izloženosti na radu za nanomaterijale**, za nekoliko posebnih MNM-ova u industriji i znanstvenoj zajednici predloženi su posebni OEL-ovi ili DNEL-ovi. Poslodavci bi mogli te vrijednosti upotrebljavati kao prag za provedbu dodatnih mjera za upravljanje rizikom. Treba provoditi detaljnu procjenu rizika (u skladu s odjeljkom 4.5.) i povremene mjere izloženosti kako bi se moglo utvrditi koje će RMM-ove trebati provoditi i provjeriti njihovu djelotvornost.

Kao podsjetnik i u skladu s tablicom 4.10., kada se određivanjem razine kontrole utvrdi 4. razina rizika, prema hijerarhiji kontrole, poslodavci bi trebali kao prvi korak razmotriti mogućnost zamjene MNM-a (u skladu s pristupom koji je sličan pristupu iz CMD-a za kancerogene i mutagene tvari na radnom mjestu). Ako zamjena nije moguća, poslodavci bi trebali razmotriti mogućnost izmjene postupaka kako bi moguću emisiju nanočestica sveli na najmanju moguću razinu, odnosno, izbjegavanje rada sa suhim nanopraškovima (posipanje MNM-a u tekućim medijima, spajanje u krute matrice ili, ako je MNM već u tekućini, izbjegavanje postupaka uslijed kojih bi mogli nastati aerosoli).

Ako zamjena/izmjena postupaka rada nije moguća ili nije dovoljna za smanjenje emisija MNM-ova, poslodavci bi trebali razmotriti mogućnost obavljanja tih radnih postupaka u zatvorenim prostorijama i izradu/uvođenje zatvorenih sustava.

Ako zadržavanje nije tehnički moguće, treba razmotriti mogućnost postavljanja odgovarajuće inženjerske kontrolne opreme, donošenja mjera administrativne kontrole i pružanja odgovarajuće osobne zaštitne opreme, u skladu s prethodnim pododjeljkom.

#### 4.6.6 OBAVJEŠĆIVANJE, UPUTE I OSPOSOBLJAVANJE

Posebnu pozornost treba posvetiti osposobljavanju svih zaposlenika koji bi mogli biti izloženi nanomaterijalima kako bi oni mogli razumjeti moguće opasnosti tih materijala za zdravlje te važnost poduzimanja svih nužnih zaštitnih mjera kako bi izbjegli izlaganje ili ga

sveli na najmanju moguću mjeru. Ova bi izobrazba trebala uključivati jasno objašnjenje kontrolnih mjera koje bi trebalo upotrebljavati za određene radne postupke ili dijelove radnih prostorija. Osim toga, svaki bi zaposlenik trebao biti svjestan svoje odgovornosti da prijavi nedostatke ili slabosti kontrolnih mjera. Radnike također treba poticati da prijavljuju probleme i predlažu unaprjeđenja. Poslodavci bi također trebali osigurati odgovarajući nadzor, posebno novih ili neiskusnih radnika.

Osposobljavanje o sigurnom rukovanju nanomaterijalima trebalo bi uključivati barem osposobljavanje o sljedećem:

- rizicima u pogledu fizikalno-kemijskih opasnosti (npr. vatra i eksplozija),
- mogućoj prirodnoj zabrinutosti za zdravlje,
- odgovarajućoj uporabi zaštitne opreme (npr. nošenje odgovarajuće opreme za osobnu zaštitu prije rukovanja nanomaterijalima) i potrebi za održavanjem takve opreme i
- potrebi za postupanjem u skladu sa svim operativnim postupcima u cilju osiguranja zaštite.

Odabir odgovarajućih oznaka za opasnost i piktograma trebao bi se zasnivati na razumijevanju moguće opasnosti od uporabe nanomaterijala na radnom mjestu. Ako ne postoje točni podaci, preporučuje se predostrožnost. Međutim, trenutačno ne postoji znak/piktogram za radna mjesta s upozorenjem na prisutnost nanomaterijala koji je priznat u cijelom EU-u. Neke su organizacije svejedno razvile neslužbene programe u cilju označavanja prisutnosti nanomaterijala, primjerice, uporaba žutog trokuta upozorenja. Uporabom jasno razumljivih piktograma daje se vizualna naznaka o prisutnosti nanomaterijala. Bez obzira na razmatranja o uvođenju takvih neslužbenih piktograma, važno je osigurati da su postavljene sve odgovarajuće oznake upozorenja na rizike i sigurnost te piktogrami upozorenja te da radna snaga ima pristup svim relevantnim informacijama o stvarnim ili mogućim opasnostima ili sigurnosnim rizicima.

#### 4.6.7 ZDRAVSTVENI NADZOR

U članku 2. stavku (f) CAD-a definirana je osnova za praćenje zdravstvenog stanja pojedinih radnika ako su izloženih određenim kemijskim sredstvima U članku 10. propisana je obveza takvog nadzora ako su istovremeno ispunjeni sljedeći uvjeti:

- izloženost radnika opasnom kemijskom sredstvu je takva da se njoj može pripisati neka prepoznatljiva bolest ili štetni utjecaj na zdravlje,
- postoji vjerojatnost da se bolest ili učinak pojavi pod posebnim uvjetima rada i
- tehnika provjere predstavlja mali rizik za radnike.

Stvarna priroda zdravstvenog nadzora koji treba poduzeti definirana je na temelju procjene rizika (članak 4.) i stoga će se razlikovati ovisno o prirodi MNM-ova kojima je radnik izložen. Moguće je upotrijebiti različite tehnike, uključujući obavljanje liječničkih pregleda, uporabu zdravstvenih upitnika ili razgovora ili istrage kliničke patologije.

U slučaju MNM-ova, budući da još nema čvrstih znanstvenih dokaza, javlja se zabrinutost da bi njihova





fizikalno-kemijska svojstva mogla predstavljati rizik za radnike lošeg zdravlja. Stoga je upitno jesu li, na temelju postojećeg znanja, posebne istrage u svrhu zdravstvenog nadzora primjerene za radnike koji bi mogli biti izloženi. Poduzeti zdravstveni nadzor trebao bi odražavati nacionalnu praksu i zahtjeve. Predlaže se da se barem vodi evidencija o svim osobama koje rade s nanomaterijalima, kao što bi se činilo i u slučaju drugih tvari koje su izvor zabrinutosti.

#### 4.7 KORAK 7. – REVIZIJA

Prije uvođenja promjena u kemijskim sredstvima koja se upotrebljavaju ili u uvjetima rada potrebno je povremeno preispitati procjenu rizika i učinkovitost provedenih mjera za upravljanje rizikom (u skladu s člankom 4. stavkom 5. CAD-a) Međutim, postupak revizije podložan je istim ograničenjima detaljne procjene rizika.

Tablica 4.1.1. Plan upravljanja rizikom

Zadaci	NMM	MNM Fizikalno stanje	Određivanje razine kontrole	Inženjerska kontrola	Administrativne kontrole i PPE kontrole	Službenik zadužen za provedbu	Planirani datum za primjenu mjere
Primitak materijala, raspakiranje i isporuka							
Postupci u laboratoriju							
Proizvodnja i završna obrada							
Čišćenje i održavanje							
Skladištenje, pakiranje i otpremanje							
Gospodarenje otpadom							
Razumno predvidljive izvanredne situacije							
Ostalo							



## 5

## Literatura

- **BAuA (2012):** TRGS 900 – *TechnischeRegelnfürGefahrstoffe – Arbeitsplatzgrenzwerte*, GMBI 2012 S. 715-716 Nr.40.
- **CSIRO (2012.)** Sigurno rukovanje i uporaba ugljikovih nanocijevi, pripremljeno za Safe Work Australia.
- **EK (2009.)**. Razvrstavanje, označavanje i pakiranje nanomaterijala u Uredbi REACH i CLP, Prilog II.: Završna verzija koju je pripremio GU za okoliš i GU za poduzetništvo i industriju Europske komisije CA/90/2009 Rev2, dostupno na web-mjestu: <http://ec.europa.eu/environment/chemicals>
- **EK (2008.)**. Komunikacija Komisije Europskom parlamentu, Vijeću, Europskom gospodarskom i socijalnom odboru – Regulatorni aspekti nanomaterijala, COM(2008) 366 završna verzija.
- **EK (2004.)**. Praktične neobvezujuće smjernice o zaštiti zdravlja i sigurnosti radnika od rizika povezanih s kemijskim sredstvima na radu, dok. 2261-00-00-EN završna verzija. Dostupno na web-mjestu: <https://osha.europa.eu/fop/netherlands/nl/fop/netherlands/nl/legislation/PDFdownloads/2261-EN.pdf>
- **EK (2000.)**. Komunikacija Komisije o načelu predostrožnosti, Bruxelles, COM (2000) 1 završna verzija.
- **EPA (2012.)**: Studija slučaja o nanomaterijalima: Nanosrebro u raspršivaču za dezinfekciju, EPA/600/R-10/081F, Nacionalni centar za procjenu stanja u okolišu, Ured za istraživanje i razvoj, Agencija SAD-a za zaštitu okoliša, SAD.
- **EU-OSHA (2009.)**: Izloženost nanočesticama na radnom mjestu, Pregled literature Europskog opservatorija za rizike, Europska agencija za sigurnost i zdravlje na radu (EU-OSHA), dostupno na web-mjestu EU-OSHA: [http://osha.europa.eu/en/publications/literature\\_reviews/workplace\\_exposure\\_to\\_nanoparticles](http://osha.europa.eu/en/publications/literature_reviews/workplace_exposure_to_nanoparticles)
- **Hansen i drugi (2011.)**: NanoRiskCat – Konceptualni alat za pružanje potpore za odluke za nanomaterijale, projekt iz područja zaštite okoliša br. 1372/2011, Dansko ministarstvo okoliša, Agencija za zaštitu okoliša.
- **HEI (2013.)**: Razumijevanje učinaka vrlo sitnih čestica u okolišu na zdravlje, Okrugli stol HEI-ja o vrlo sitnim česticama, HEI Perspektive 3., Institut za učinke na zdravlje, Boston, Massachusetts.
- **HSE (2013.)**: Uporaba nanomaterijala na radu, uključujući ugljikove nanocijevi (CNT) i ostale biopostojane nanomaterijale velikog omjera dužine i širine (HARN). Health and Safety Executive, Ujedinjena Kraljevina
- **HSE (2011.)**: EH40/2005 Granične vrijednosti izloženosti na radnom mjestu s popisom graničnih vrijednosti izloženosti za uporabu s uredbama o kontroli tvari štetnih za okoliš (kako su izmijenjene), autorska prava Crown.
- **INRS (2012.)**: Valeurs limites d'exposition professionnelle aux agents chimiques en France, ED 984 Aide-Mémoire Technique.
- **IVAM Uva i drugi (2011.)**: Smjernice za siguran rad s nanomaterijalima i proizvodima, vodič za poslodavce i zaposlenike koji je objavilo nizozemsko Ministarstva socijalnih pitanja i zapošljavanja.
- **JRC (2010.)**: Razmatranja o definiciji nanomaterijala u regulatorne svrhe, Referentno izvješće JRC-a, Zajednički istraživački centar Europske komisije.
- **Milieu i RPA (2010.)**: Prijedlog sustava izvješćivanja EU-a o nanomaterijalima,, informacije iz industrije o primijenjenim nanomaterijalima i njihovoj sigurnosti: Završno izvješće, pripremljeno za GU za okoliš.
- **NIOSH (2011.)**: Izloženost titanijevom dioksidu na radu, Current Intelligence Bulletin 63, Nacionalni institut za sigurnost i zdravlje na radnom mjestu (NIOSH), Centri za kontrolu i prevenciju bolesti, Ministarstvo zdravlja i socijalnih službi, SAD, dostupno na: <http://www.cdc.gov/niosh/docs/2011-160/pdfs/2011-160.pdf>
- **NIOSH (2009.)** Srednjoročne smjernice za liječničke preglede i nadzor opasnosti za radnike koji bi mogli biti izloženi proizvedenim nanočesticama, Current Intelligence Bulletin 63, Nacionalni institut za sigurnost i zdravlje na radnom mjestu (NIOSH), Centri za kontrolu i prevenciju bolesti, Ministarstvo zdravlja i socijalnih službi, SAD.x.
- **RPA i drugi (2013.)**: Ocjenjivanje prikladnosti postojećeg pravnog okvira EU-a za zaštitu zdravlja i sigurnosti radnika od nanomaterijala na radnom mjestu, koji je za Europsku komisiju pripremio GU za zapošljavanje, socijalna pitanja i jednake mogućnosti.
- **RPA i drugi (2011.)**: Sigurnost i zdravlje na radu i Uredba o razvrstavanju, označavanju i pakiranju, Smjernice za poslodavce i radnike o upravljanju prelaskom na novi sustav, pripremljene za GU zapošljavanje, socijalna pitanja i jednake mogućnosti Dostupna na: <https://osha.europa.eu/en/themes/dangerous-substances>
- **UBA i drugi (2013.)**: Nanomaterijali i REACH, Pozadinski dokument o stajalištu njemačkih nadležnih tijela, Umwelt Bundes Amt. Dostupno na: <http://www.bfr.bund.de/cm/349/nanomaterials-and-reach.pdf>

## Prilog I. – Zabrinutost zbog opasnosti i rizika od nanomaterijala

### ZAŠTO SE MNM-OVI TREBAJU SMATRATI POSEBNIM SLUČAJEM?

Razlog zašto su MNM-ovi toliko zanimljivi i nude tolike moguće značajne koristi za društvo proizlazi iz toga što često imaju potpuno drugačija svojstva od istih tvari na makrorazini – mogu biti reaktivniji, imati veću snagu i slično. Međutim, te iste razlike također znače da se možda lakše apsorbiraju u biološke sustave i da opasnosti od njih mogu biti drugačije od opasnosti njihovih većih oblika.

*„S toksikološkog su stajališta nanomaterijali koji su slabo topljivi u biološkim tekućinama posebno važni jer održavaju svoju nanostrukturu nakon kontakta s ljudskim tijelom. Nanomaterijali koji su zatvoreni u netopljivu matricu manje su važni, ali bi mogli postati relevantni čim budu oslobođeni, primjerice mehaničkim silama.” Treba napomenuti da se „većina trenutačno važnih nanomaterijala javlja u krutom agregatnom stanju koje je (vrlo) slabo topljivo” (EU-OSHA, 2009.).*

### ZABRINUTOST ZBOG MOGUĆIH OPASNOSTI NANOMATERIJALA

Iako se mogući učinci nanomaterijala na ljudsko zdravlje mogu razlikovati od učinaka kemijskih sredstava u makrooblicima zbog njihovih posebnih fizikalno-kemijskih obilježja, mogući mehanizmi za stvaranje štete ostaju isti: uzrok može biti izravan (kontakt) ili neizravan – proizvodnjom neke vrste energije koja može imati negativan utjecaj na ljudsko zdravlje. U prvom slučaju izloženost bi mogla imati „akutni učinak” kada šteta postaje očita ubrzo ili čak neposredno nakon kontakta, ili „kronični učinak” kada se šteta javlja dugoročno, obično zbog ponovljene izloženosti tijekom vremena. Osim toga, ako šteta postane očita u trenutku kontakta koristi se naziv „lokalni učinak”; „sustavni učinak” označava štetu koja nastaje na bilo kojem dijelu tijela bez obzira na mjesto kontakta, obično nakon apsorpcije i širenja kroz tijelo (EK, 2004.). *„Zbog njihove male veličine, nanomaterijali mogu lakše prelaziti prepreke u živim organizmima zbog čega se povećava broj organa koji bi mogli biti pogođeni” (EU-OSHA, 2009.).* Nanomaterijali bi također mogli uzrokovati štetu vatrom ili eksplozijom.

Provode se opsežna istraživanja u cilju razumijevanja mogućih opasnosti od nanomaterijala. *„Nisu štetni svi nanomaterijali, nisu svi nanomaterijali jednako štetni i mogu postojati velike razlike u toksičnosti između nanomaterijala sa sličnim kemijskim sastavom zbog njihovih fizikalno-kemijskih svojstava” (HSE, 2013.).* U ovom su odjeljku sažeti nalazi pregleda literature o izloženi nanočesticama na radnom mjestu (EU-OSHA, 2009.) koji je naručila Europska agencija za sigurnosti i zdravlje na radu, a koje su proveli članovi različitih nacionalnih instituta OSH-a, odnosno:

- Bundesanstalt für Arbeitsschutz und Arbeitsmedizin (BAuA, voditelj projekta), Njemačka,
- Institut National de Recherche et de Sécurité pour la prévention des accidents du travail et des maladies professionnelles (INRS), Francuska,

- Centralny Instytut Ochrony Pracy - Państwowy Instytut Badawczy (CIOP-PIB), Poljska,
- Instituto Nacional de Seguridad e Higiene en el Trabajo (INSHT), Španjolska.

Metode za procjenu učinka na zdravlje obično su podijeljene na četiri skupine:

- epidemiologija/radna medicina,
- in vivo metode sa životinjama,
- in vitro metode,
- metode za određivanje fizikalno-kemijskih svojstava.

Radna skupina OECD-a za proizvedene nanomaterijale (WPMN) provjerava primjerenost postojećih smjernica za ispitivanje za proizvodnju rezultata za klasifikaciju opasnosti nanomaterijala i priprema nove standardizirane postupke ispitivanja s posebnim naglaskom na pripremi uzoraka i dozimetriji.

### ZABRINUTOST ZBOG FIZIČKIH OPASNOSTI

Postoji opća suglasnost da nema dovoljno znanja te da su potrebna daljnja istraživanja o sigurnosnim rizicima koje mogu uzrokovati nanopraškovima.

Kod rukovanja nanopraškovima, posebnu pozornost treba posvetiti katalitičkim učincima i riziku od vatre ili eksplozije. Osim toga, u nekim posebnim radnim postupcima, treba uzeti u obzir druge moguće opasnosti, primjerice:

- u postupku stvaranja plazme uporabom jake struje mogla bi se povećati opasnost od strujnog udara,
- za vrijeme radnih postupaka s mogućim curenjem inertnih zaštitnih plinova, može postojati opasnost od gušenja.

Zbog veće površine, nanočestice se mogu jednostavno naelektrizirati čime se povećava rizik od paljenja i snage eksplozije. Nadalje, zbog veličine mogu dugo ostati u zraku, čime se povećava mogućnost stvaranja potencijalno eksplozivnih oblaka prašine.

U okviru projekta Nanosafe2<sup>28</sup> razvrstani su različiti praškovi čađe, nanočestice aluminija različite veličine i ugljikove nanocijevi na temelju zapaljivosti i eksplozivnosti: na ljestvici od 0 do 3, pri čemu 0 znači „nema eksplozije”, 1 je „slaba eksplozije”, 2 znači „snažna eksplozija” i 3 znači „vrlo snažna eksplozija”. Čađa i ugljikove nanocijevi su u razredu 1, dok su aluminijevi nanopraškovima, ovisno o veličini čestica, razvrstani u najviše razrede 2 i 3, od „snažne eksplozije” do „vrlo snažne eksplozije”.

<sup>28</sup> <http://www.nanosafe.org/cea-tech/pns/nanosafe/en>

## ZABRINUTOST ZBOG OPASNOSTI ZA ZDRAVLJE

Uglavnom su provedene epidemiološke studije o učincima čađe, jednog MNM-a koji se upotrebljava već desetljećima. Međutim, Međunarodna agencija za istraživanje raka (IARC) ocjenjuje čađu kao potencijalno kancerogenu za ljude (Skupina 2B) jer ima dovoljno dokaza prikupljenih na temelju eksperimenata provedenih na životinjama, ali nema dovoljno dokaza u epidemiološkim studijama na ljudima<sup>29</sup>. Osim toga, nije sigurno jesu li radnici bili izloženi čađi u nanorazmjerima ili mikrorazmjerima. Tim se nesigurnostima potkopavaju epidemiološke studije titanijevog dioksida u nanoobliku.

29 <http://publications.iarc.fr/111>

Prema HEI-ju (2013.), u posljednjih se deset do petnaest godina provodi sve veći broj epidemioloških studija o učincima vrlo sitnih čestica (prirodnih nanočestica) na ljudsko zdravlje. Međutim, dokazi o negativnim učincima kratkoročne izloženosti UFP-ovima u okolišu na akutnu smrtnost ili bolesti dišnih putova ili srčanožilnog sustava sugestivni su, a ne čvrsti. Zbog nedostataka u podacima o izloženosti, nije moguće zaključiti (ili isključiti) da sami UFP-ovi imaju znatni utjecaj na negativne učinke povezane s ostalim zagađivačima za okoliš kao PM2.5. Dosad nisu provedene epidemiološke studije o dugoročnoj izloženosti UFP-ovima.

Zbog nesigurne pouzdanosti in-vitro metoda za ocjenjivanje učinaka nanomaterijala na zdravlje i ograničenih i nepouzdanih epidemioloških dokaza, većina podataka na kojima se zasnivaju postojeće zabrinutosti rezultat su in-vitro studija.

Na temelju kratkoročnih i srednjoročnih ispitivanja na životinjama dobiveni su dokazi o toksičnim učincima na pluća (upale, citotoksičnost i oštećenje tkiva) različitih vrsta MNM-ova (npr. čađa, titanijev dioksid, ugljikove nanocijevi, C60-fulereni i amorfni silicijev dioksid). Međutim, postoje suprotni dokazi o većoj snazi nanomaterijala u usporedbi s česticama mikroveličine. Promatrani su markeri upale u mozgu nakon inhalacije nano-mangana. U nekim su preliminarnim studijama otkriveni učinci koji su slični učincima azbesta za posebne izmjene ugljikovih nanocijevi. Nekoliko vrsta nanomaterijala pokazalo je sposobnost sustavne

distribucije u organizmu; međutim, nisu dovoljno razvrstane toksikološke implikacije dostupnosti MNM-ova u ostalim organima.

Na temelju dugoročnih ispitivanja na životinjama dobiveni su dokazi o toksičnim učincima na pluća dugoročne inhalacije čađe i titanijevog dioksida u nanoobliku, a kod štakora se pojavio tumor pluća. Uvlačenje različitih vrsta MNM-ova (čađe, aluminijeva oksida, aluminijeva silikata, titanijeva dioksida i amorfnog silicijeva dioksida) u dušnik uzrokovalo je tumore i primijećena je veća snaga nanomaterijala u usporedbi s česticama mikroveličine. „Međutim, nema dovoljno podataka za potvrdu posljedica dugoročne ponovljene izloženosti na zdravlje” (HSE, 2013.).

Nacionalni institut SAD-a za sigurnost i zdravlje na radu (NIOSH) utvrdio je, u svjetlu rezultata in-vitro studija, da bi se izloženost vrlo sitnim česticama TiO<sub>2</sub> mogla smatrati kancerogenim čimbenikom na radnom mjestu „koji djeluje putem sekundarnog mehanizma genotoksičnosti koji nije specifičan za TiO<sub>2</sub> već je u prvom redu povezan s veličinom čestica i površinom”. Osim toga „veća snaga vrlo sitnih čestica TiO<sub>2</sub> utemeljena na masi u usporedbi s česticama TiO<sub>2</sub> mikroveličine povezana je s većom površinom vrlo sitnih čestica u usporedbi s njihovom masom”. Zbog toga su utvrđene različite preporučene granične vrijednosti izloženosti u zraku od 2,4 mg/m<sup>3</sup> za sitne (mikro)čestice TiO<sub>2</sub> i 0,3 mg/m<sup>3</sup> za vrlo sitne (nano)čestice TiO<sub>2</sub> kao ponderirane koncentracije od najviše 10 sati dnevno za vrijeme radnog tjedna od 40 sati. Što je još važnije, NIOSH je zaključio da negativni učinci inhalacije TiO<sub>2</sub> možda nisu specifični za materijal već se čini da su posljedica generičkog učinka slabo topljivih čestica male toksičnosti (PSLT) u plućima uslijed dovoljno velike izloženosti. Iako zaključuje da nema dovoljno dokaza za razvrstavanje sitnih TiO<sub>2</sub> kao mogućih kancerogenih tvari na radu, NIOSH je zabrinut zbog moguće kancerogenosti vrlo sitnih i proizvedenih nanočestica TiO<sub>2</sub> ako su im radnici izloženi prema postojećim graničnim vrijednostima izloženosti na temelju mase za dijelove TiO<sub>2</sub> koji se mogu udahnuti ili ukupne mase dijelova TiO<sub>2</sub>. NIOSH preporučuje da se izloženost zadrži na što nižoj razini, ispod preporučenih graničnih vrijednosti izloženosti” (NIOSH, 2011.).



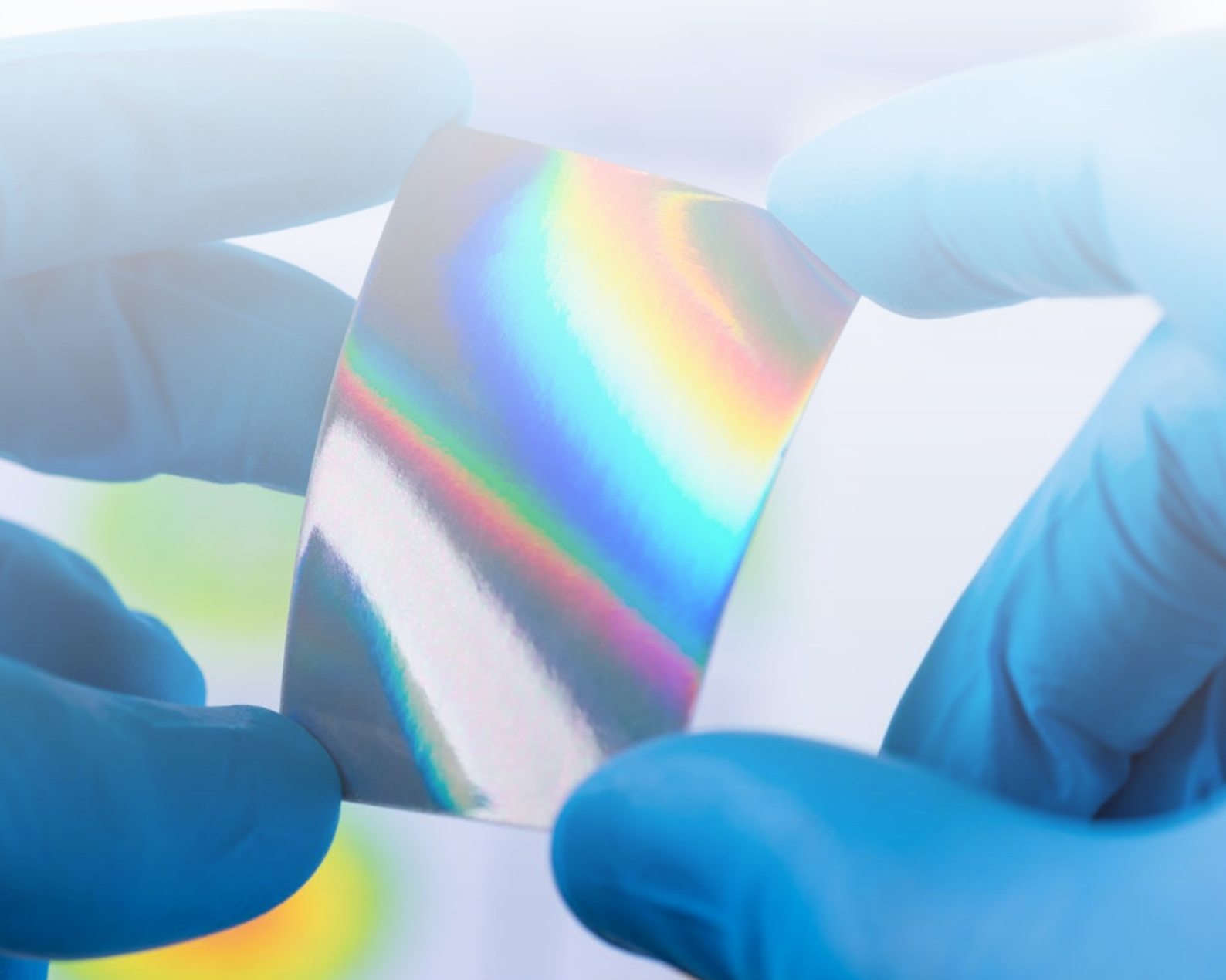
## Prilog II. – Daljnje smjernice u uporabi nanomaterijala

Savjetuje se radnicima da ovaj popis ne smatraju iscrpnim, iako se ovaj Vodič može smatrati reprezentativnim za dokumente dostupne u trenutku sastavljanja. Osim toga, u nekim slučajevima pristupi predloženi u Vodiču nisu usklađeni ili dosljedni i ne treba smatrati da zbog uključivanja na ovaj popis predstavljaju „najbolju praksu” u kontekstu Europske unije. Treba također imati na umu da je razvoj razumijevanja pitanja zdravlja i sigurnosti u pogledu proizvodnje i upotrebe nanomaterijala u industriji područje koje se brzo razvija i da različita tijela često objavljuju revidirane ili dodatne smjernice. Stoga se korisnicima savjetuje da potraže najnovije dostupne informacije, umjesto da se oslanjaju na izvore navedene u nastavku.

Uz navedene izvore, Međunarodna organizacija za normizaciju (ISO) objavljuje seriju normi i smjernica (koje se mogu kupiti), a teme su dostupne na web-mjestu: <http://www.iso.org/iso/home.html>).

Nadalje, Organizacija za ekonomsku suradnju i razvoj (OECD) također objavljuje na temu sigurne uporabe nanomaterijala na radnom mjestu (najnovije verzije dostupne su besplatno na web-mjestu:

<http://www.oecd.org/chemicalsafety/nanosafety/publications-series-safety-manufactured-nanomaterials.htm>



## Smjernice objavljene u europskim državama

### Austrija

- **AGES (bez datuma):** Österreichisches NanoInformationsPortal "nanoinformation". Österreichische Agentur für Gesundheit und Ernährungssicherheit GmbH., Austrija. Dostupno na web-mjestu: <https://nanoinformation.at/>.
- **AUVA (bez datuma):** Merkblatt M 310 Nanotechnologien - Arbeits- und Gesundheitsschutz. Allgemeine Unfallversicherungsanstalt, Austrija. Dostupno na web-mjestu <https://www.auva.at/cdscontent/load?contentid=10008.544597&version=1430386826>
- **Bundesministerium für Arbeit (2010.):** Leitfaden für das Risikomanagement beim Umgang mit Nanomaterialien am Arbeitsplatz. Bundesministerium für Arbeit, Soziales und Konsumentenschutz, Zentral-Arbeitsinspektorat, Beč, Austrija

### Danska

- **Depa (2011.):** NanoRiskCat (NRC) - A Conceptual Decision Support Tool for Nanomaterials. Danska agencija za zaštitu okoliša (DEPA), Danska. Dostupno na web-mjestu <https://www2.mst.dk/udgiv/publications/2011/12/978-87-92779-11-3.pdf>

### Francuska

- **ANSES (2008.):** Razvoj posebnog alata za označavanje razine kontrole za nanomaterijale. Francuska agencija za hranu, okoliš i zdravlje i sigurnost na radu, Francuska. Dostupno na web-mjestu <http://www.anses.fr/fr>
- **INRS (bez datuma):** Nanomaterijali: definicije, toksikološki rizik, karakterizacija izloženosti na radu i preventivne mjere. Institut national de recherche et de sécurité, Francuska. Dostupno na web-mjestu: <http://www.inrs.fr/media.html?refINRS=ED%206050>
- **INRS (2012.):** Preporuke za opisivanje mogućih emisija i izloženosti aerosolima koji se otpuštaju iz nanomaterijala u radnim postupcima. Institut national de recherche et de sécurité, Francuska. Dostupno na web-mjestu <http://www.inrs.fr/media.html?refINRS=ND%202355>
- **INRS (2012.):** Nanomaterijali. Sprječavanje rizika u laboratorijima. Institut national de recherche et de sécurité, Francuska. Dostupno na web-mjestu: <http://www.inrs.fr/accueil/dms/inrs/CataloguePapier/ED/TI-ED-6115/ed6115.pdf>
- **INRS (2011.):** Nanomaterijali. Pročišćavanje zraka i zaštita zaposlenika. Institut national de recherche et de sécurité, Francuska. Dostupno na web-mjestu: <http://www.inrs.fr/media.html?refINRS=ED%206181>

### Njemačka

- **BAuA/VCI (2012.):** Empfehlung für die Gefährdungsbeurteilung bei Tätigkeiten mit Nanomaterialien am Arbeitsplatz. Bundesanstalt für Arbeitsschutz und Arbeitsmedizin (BAuA) / Verband der Chemischen Industrie e.V. (VCI), Njemačka. Dostupno na web-mjestu: <https://www.baua.de/DE/Angebote/Publikationen/Kooperation/Gd4.html>
- **BGI/GUV (2011.):** Sicheres Arbeiten in Laboratorien Grundlagen und Handlungshilfen. BG Rohstoffe und chemische Industrie. Arbeitskreis Laboratorien, Fachausschuss Chemie, DGUV & Ausschuss für Gefahrstoffe. Dostupno na web-mjestu: <http://bgi850-0.vur.jedermann.de/index.jsp>.
- **BMAS (2013.):** Hergestellte Nanomaterialien. Bekanntmachungen zu Gefahrstoffen (BekGS 527). Bundesministerium für Arbeit und Soziales Dostupno na web-mjestu: <http://www.baua.de/en/Topics-from-A-to-Z/Hazardous-Substances/TRGS/pdf/Announcement-527.pdf?blob=publicationFile&v=3>
- **Deutscher Verband Nanotechnologie e. V. (DV Nano):** Infoportal: Alles rund um "Nano" <http://www.dv-nano.de/infportal.html>. Instrumente zur Bewertung von Nanomaterialien und -produkten
- **DGUV:** BGI/GUV-I 5149 Nanomaterialien am Arbeitsplatz (PDF-Datei, 1 MB) <https://publikationen.dguv.de/regelwerk/regelwerk-nach-fachbereich/rohstoffe-und-chemische-industrie/gefahrstoffe/780/nanomaterialien-am-arbeitsplatz> Tätigkeiten mit Nanomaterialien - Arbeitshilfe für Betriebsärzte [https://www.dguv.de/de/praevention/praev\\_gremien/arbeitsmedizin/produkte/faq\\_nano/index.jsp](https://www.dguv.de/de/praevention/praev_gremien/arbeitsmedizin/produkte/faq_nano/index.jsp)
- **DGUV-Arbeitskreis Laboratorien:** Nanomaterialien im Labor - Hilfestellungen für den Umgang (2012) (PDF-Datei, 6 MB) <https://publikationen.dguv.de/dguv/pdf/10002/213-853.pdf>
- **Hans-Böckler-Stiftung:** Bedeutung von Nanomaterialien beim Recycling von Abfällen (2012) <http://www.boeckler.de/5137.htm?produkt=HBS-005367&chunk=1&jahr>
- **Hessen-Nanotech:** Informationsplattform Nano-Sicherheit Supplement "Innovationsfördernde Good-Practice-Ansätze zum verantwortlichen Umgang mit Nanomaterialien" [https://www.technologieland-hessen.de/mm/Suppl-NanoKomm\\_final\\_Web.pdf](https://www.technologieland-hessen.de/mm/Suppl-NanoKomm_final_Web.pdf). Sichere Verwendung von Nanomaterialien in der Lack- und Farbenbranche - Ein Betriebsleitfaden [https://nanotech.law.asu.edu/Documents/2011/06/Betriebsleitfaden\\_NanoFarbeLacke\\_Vorab\\_542\\_1119.pdf](https://nanotech.law.asu.edu/Documents/2011/06/Betriebsleitfaden_NanoFarbeLacke_Vorab_542_1119.pdf)
- **Institut für Arbeitsschutz der DGUV (IFA):** Ultrafeine Aerosole und Nanopartikel am Arbeitsplatz <https://www.dguv.de/ifa/fachinfos/nanopartikel-am-arbeitsplatz/index.jsp>

- **Länderausschuss für Arbeitsschutz und Sicherheitstechnik (LASI):** Nanomaterialien: Schutz von Beschäftigten am Arbeitsplatz [https://lasi-info.com/fileadmin/user\\_upload/publikationen/abgestimmte-laenderpositionen/nanomaterialien\\_flyer.pdf](https://lasi-info.com/fileadmin/user_upload/publikationen/abgestimmte-laenderpositionen/nanomaterialien_flyer.pdf)
- **Landesanstalt für Umwelt, Messungen und Naturschutz Baden-Württemberg (LUBW):** <http://www.lubw.baden-wuerttemberg.de>
- **Verband der Chemischen Industrie e.V. (VCI):** <https://www.vci.de/themen/chemikaliensicherheit/nanomaterialien/listenseite.jsp>

## Italija

- **INAIL (2011):** Izloženost proizvedenim nanomaterijalima i učinci za zdravlje i sigurnost na radu. Ministarstvo za radnu medicinu, Talijanski nacionalni institut za zdravlje i sigurnost na radu, Italija. Dostupno na web-mjestu: <http://www.tri.wu.it/wp-content/uploads/2016/04/INAIL-white-book-nanotech.pdf>

## Nizozemska

- **Tehnološko sveučilište u Delftu (TU Delft):** [https://nanotech.law.asu.edu/Documents/2011/06/TNW\\_Guidelines\\_Nano\\_Safety\\_versie\\_2\\_100909\\_572\\_7527.pdf](https://nanotech.law.asu.edu/Documents/2011/06/TNW_Guidelines_Nano_Safety_versie_2_100909_572_7527.pdf)
- **Ministère des Affaires sociales et de l'Emploi des Pays-Bas:** Guidance working safely with nanomaterials and nanoproducts, the guide for employers and employees (PDF-Datei, 654 KB) Stoffenmanager Nano Modul. <http://www.industox.nl/Guidance%20on%20safe%20handling%20nanomats&products.pdf>
- **Rijksinstituut voor Volksgezondheid en Milieu (RIVM):** Radno mjesto s nanotehnologijom Privremene referentne vrijednosti za nanomaterijale: Primjenjivost pojma i objavljene metode <https://www.rivm.nl/bibliotheek/rapporten/601044001.html>
- **Socijalno i gospodarsko vijeće Nizozemske (SER):** [https://www.eesc.europa.eu/ceslink/en/documents?related\\_organisation=34&page=2](https://www.eesc.europa.eu/ceslink/en/documents?related_organisation=34&page=2)

## Švedska

- **Arbetsmiljöverket (2011.):** Ugljikove nanocijevi – Izloženost, toksikologija i zaštitne mjere u radnom okruženju. Arbetsmiljöverket, Švedska. Dostupno na web-mjestu: <https://www.av.se/globalassets/filer/publikationer/kunskapsammanstallningar/carbon-nanotubes-knowledge-compilation-2011-1-eng.pdf>

## Švicarska

- **Bundesamt für Gesundheit (BAG):** <https://www.bag.admin.ch/bag/fr/home/gesund-leben/umwelt-und-gesundheit/chemikalien/nanotechnologie/forschung-nanomaterialien.html>
- **Bundesamt für Gesundheit (BAG) und Bundesamt für Umwelt (BAFU):** <https://www.bag.admin.ch/bag/fr/home/gesund-leben/umwelt-und-gesundheit/chemikalien/nanotechnologie/sicherer-umgang-mit-nanomaterialien/vorsorgeraster-nanomaterialien-downloadversion.html>
- **Innovationsgesellschaft mbH St. Gallen und TÜV SÜD:** CENARIOS® - Zertifizierbares Risikomanagement- und Monitoringsystem für die Nanotechnologie - Faktenblatt (PDF-Datei, 271 KB) [https://nanotech.law.asu.edu/Documents/2011/06/Factsheet\\_CENARIOS\\_deutsch\\_aria2\\_545\\_2832.pdf](https://nanotech.law.asu.edu/Documents/2011/06/Factsheet_CENARIOS_deutsch_aria2_545_2832.pdf)
- **Interessengemeinschaft Detailhandel Schweiz (IG DHS) in Zusammenarbeit mit der Innovationsgesellschaft:** Code of Conduct Nanotechnologien
- **Schweizerische Unfallversicherungsanstalt (SUVA):** <http://www.sohf.ch/Themes/Toxiques/1903.f.pdf>  
Factsheet "Nanopartikel und ultrafeine Partikel am Arbeitsplatz" (2012) (PDF-Datei, 101 KB) <https://www.suva.ch/de-CH/material/Factsheets/nanopartikel-und-ultrafeine-partikel-am-arbeitsplatz>
- **Staatssekretariat für Wirtschaft (SECO):** <https://www.bag.admin.ch/bag/fr/home/gesund-leben/umwelt-und-gesundheit/chemikalien/nanotechnologie.html>
- **Textilverband Schweiz (TVS) und Eidgenössische Materialprüfungs- und Forschungsanstalt (Empa):** Projekt "NanoSafe Textiles" Leitfaden nano textiles: Nanomaterialien in Textilien - Umwelt-, Gesundheits- und Sicherheits-Aspekte. <https://www.empa.ch/web/s506/nanosafetextiles>.  
<http://docplayer.org/19557611-Nanomaterialien-in-textilien-umwelt-gesundheits-und-sicherheits-aspekte.html>

## Ujedinjena Kraljevina

- **HSE (2013.):** Uporaba nanomaterijala na poslu. Health and Safety Executive, Ujedinjena Kraljevina. Dostupno na web-mjestu: <http://www.hse.gov.uk/nanotechnology/publications.htm>.

## Ostale smjernice koje su objavile europske organizacije

- **ATI (2007.):** Etički kodeks ATI-ja – Nanočestice – travanj 2007. Institut za napredne tehnologije, Sveučilište u Surreyu, Ujedinjena Kraljevina.
- **BASF AG. (bez datuma):** Nanotechnologie: Sicherheit und Verantwortung. BASF AG. Dostupno na web-mjestu <https://www.basf.com/global/de/who-we-are/sustainability/responsible-partnering/nanotechnology/safety.html>
- **Cefic (2012.):** Odgovorna proizvodnja i uporaba nanomaterijala: Implementing Responsible Care® 2nd Edition. Europsko vijeće za kemijske industrije. Dostupno na web-mjestu <https://cefic.org/our-industry/responsible-care/>
- **Institut für Technikfolgen-(2012.):** Nanomaterialien und Aspekte des ArbeitnehmerInnenschutzes – Eine Übersicht (Jänner 2012). Institut für Technikfolgen-Abschätzung der Österreichischen Akademie der Wissenschaften, Austrija. Dostupno na web-mjestu <http://epub.oeaw.ac.at/0xc1aa5576%20x002a68ff.pdf>
- **Opservatorij NANO (2010.):** Vodič za odgovorno poslovanje nanotehnologijom: Kako upotrebljavati nanotehnologije u korist poduzeća, potrošača i društva. Dostupno na web-mjestu: [https://www.nanowerk.com/pdf/GuideResponsibleNano\\_ObservatoryNANO\\_ti.pdf](https://www.nanowerk.com/pdf/GuideResponsibleNano_ObservatoryNANO_ti.pdf)
- **PACTE (2008.):** Etički kodeks za proizvodnju i uporabu ugljikovih nanocijevi. *Udruženje proizvođača ugljikovih nanocijevi u Europi (PACTE)*, Cefic. Dostupno na web-mjestu: [https://nanotech.law.asu.edu/Documents/2011/06/PACTE\\_Code%20of%20conduct\\_531\\_6949.pdf](https://nanotech.law.asu.edu/Documents/2011/06/PACTE_Code%20of%20conduct_531_6949.pdf)
- **Industrijsko vijeće za zdravlje i sigurnost na radu (2011.):** Nanočestice u radnom okruženju. Inspiracija za laboratorije. Nanočestice u radnom okruženju. Revidirano izdanje. Brancharbejdsmiljørådet for Undervisning og Forskning and Industriens Brancharbejdsmiljøråd, Danska. Dostupno na web-mjestu: <http://www.ibar.dk>
- **IUTA/BAuA/BG RCI/IFA/TUD (2011.):** TSlojevit pristup mjerenju izloženosti i procjeni aerosola nanorazine koji se ispuštaju iz proizvedenih nanomaterijala u radnim postupcima. Pripremili (abecednim redom): Kvaliteta zraka i održiva nanotehnologija, Institut za energiju i ekološku tehnologiju e.V. (IUTA); Savezni institut za sigurnost i zdravlje na radu (BAuA); Njemačka ustanova za socijalno osiguranje za industriju sirovina i kemijsku industriju (BG RCI); Njemački savez kemijskih industrija (VCI); Institut za sigurnost i zdravlje na radu DGUV-a (IFA); Istraživačka skupina za mehanički inženjering, Institut za procesni inženjering i ekološku tehnologiju, Tehničko sveučilište u Dresdenu (TUD); Dostupno na: [https://www.baua.de/DE/Angebote/Publikationen/Kooperation/Nanomaterialien-2.pdf%3F\\_\\_blob%3DpublicationFile%26v%3D4](https://www.baua.de/DE/Angebote/Publikationen/Kooperation/Nanomaterialien-2.pdf%3F__blob%3DpublicationFile%26v%3D4)
- **TUD/ IUTA/ BG RC/ BAuA/ IFA/ VCI (2012.):** „Ein mehrstufiger Ansatz zur Expositionsermittlung und -bewertung nanoskaliger Aerosole, die aus synthetischen Nanomaterialien in die Luft am Arbeitsplatz freigesetzt werden“. Institut für Verfahrenstechnik und Umwelttechnik, Technische Universität Dresden, Bereich Luftreinhaltung & Nachhaltige Nanotechnologie, Institut für Energie- und Umwelttechnik e.V., Berufsgenossenschaft Rohstoffe und chemische Industrie, Bundesanstalt für Arbeitsschutz und Arbeitsmedizin, Institut für Arbeitsschutz der DGUV and Verband der Chemischen Industrie e.V., Germany.
- **UKNSPG (2012.):** Vodič „Siguran rad s nanomaterijalima u istraživanju i razvoju“ (2012.). UK Nano Safety Partnership Group. Dostupno na web-mjestu: <https://www.safenano.org/media/108929/UKNSG%20Guidance%20-%20Working%20Safely%20with%20Nanomaterials%20-%202nd%20Edition.pdf>

## Smjernice koje su objavile organizacije izvan Europe

- **CNCHE (2012.):** Nano alat – Siguran rad s proizvedenim nanomaterijalima u okruženju akademskog istraživanja. Kalifornijski konzorcij visokog obrazovanja za nano sigurnost, SAD, dostupno na web-mjestu: [http://www.cein.ucla.edu/resources\\_safety.html](http://www.cein.ucla.edu/resources_safety.html)
- **Dupont / Environmental Defense Fund (dateirmita),** „NANO Risk Framework“. Kättesaadav veebisaidil [https://nanotech.law.asu.edu/Documents/2011/06/6496\\_Nano%20Risk%20Framework\\_534\\_2973.pdf](https://nanotech.law.asu.edu/Documents/2011/06/6496_Nano%20Risk%20Framework_534_2973.pdf).
- **IRSST (2009.):** Vodič za najbolju praksu u području upravljanja rizikom od sintetskih nanočestica (R 599). Institut de recherche Robert-Sauvé en santé et en sécurité du travail, Quebec, Kanada. Dostupno na web-mjestu: <http://www.irsst.qc.ca/publications-et-outils/publication/i/100432/n/best-practices-guide-to-synthetic-nanoparticle-risk-management-r-599>
- **NanoSafe Australia (2007.):** Trenutačna najbolja praksa u austrijskoj nanotehnoškoj industriji – Stajalište mreže NanoSafe Australia Network. Sveučilište RMIT, Melbourne, Australija. Dostupno na web-mjestu: [https://nanotech.law.asu.edu/Documents/2011/06/72nuxiavskpg\\_532\\_3444.pdf](https://nanotech.law.asu.edu/Documents/2011/06/72nuxiavskpg_532_3444.pdf)
- **NIHES (2012.):** Popunjavanje praznina u znanju u cilju sigurne uporabe nanotehnologija na radnom mjestu (2012.), Nacionalni institut za znanost zdravlja okoliša, SAD. Dostupno na: <http://www.cdc.gov/niosh/docs/2013-101>
- **NIOSH (2012.):** Opća sigurna praksa u radu s proizvedenim nanomaterijalima u istraživačkim laboratorijima. Nacionalni institut za zdravlje i sigurnost na radu (NIOSH), SAD Dostupno na web-mjestu: <http://www.cdc.gov/niosh/docs/2012-147>
- **NSRC (2008.):** Pristup nanomaterijalima ES&H. Znanstveno-istraživački centri o nanorazini, Ministarstvo energije, SAD. Dostupno na web-mjestu: <http://science.energy.gov/bes/suf/user-facilities/nanoscale-science-research-centers>



- **OTA (bez datuma):** Tehnološke smjernice OTA-a „Nanotehnologija – razmatranja za siguran razvoj“, Massachusetts Office of Technical Assistance (OTA), SAD. Dostupno na web-mjestu: <http://www.mass.gov/eea/ota>
- **Safe Work Australia (2012.):** Sigurno rukovanje i uporaba ugljikovih nanocijevi. Safe Work Australija. Dostupno na web-mjestu: [https://www.safeworkaustralia.gov.au/system/files/documents/1702/safe\\_handling\\_and\\_use\\_of\\_carbon\\_nanotubes.pdf](https://www.safeworkaustralia.gov.au/system/files/documents/1702/safe_handling_and_use_of_carbon_nanotubes.pdf)

## Prilog III. – Primjeri primjena MNM-ova

### Otvoren popis primjena najčešće korištenih MNM-ova

Tablica III.a: Glavna područja primjene nanomaterijala

NMM	Glavna područja primjene
<b>Nanosrebro</b>	Nanosrebro je nanoobjekt koji se trenutačno najčešće koristi i to u velikom broju proizvoda. Upotrebljava se u kozmetici i proizvodima za osobnu njegu, hrani i zdravoj hrani, antimikrobnim bojama i premazima, higijenskim površinama i materijalima za pakiranje, medicinskim primjenama itd.
<b>Čađa</b>	Čađa se godinama proizvodi u industriji u velikim količinama i ima mnoge primjene, uključujući proizvodnju guma i proizvodnju boja/pigmenata.
<b>Ugljikove nanocijevi</b>	Zbog velike vlačne čvrstoće, CNT-ovi se u prvom redu upotrebljavaju u strukturnim materijalima, kao što su keramički i polimerni sklopovi, vodljivi sklopovi u svemirskoj, automobilskoj i elektroničkoj industriji i u ljepilima kao što je epoksi smola. Glavno područje primjene CNT-a je elektronički sektor.
<b>Amorfni silicij</b>	Amorfni silicij proizvodio se godinama u velikim količinama i upotrebljava se u brojne svrhe. One uključuju boje i premaze, laštenje mikroelektroničkih uređaja, površine koje dolaze u kontakt s hranom i primjene u pakiranju hrane. Porozni silicij upotrebljava se i u nanofiltraciji vode i pića. Vjeruje se da se amorfni silicij upotrebljava u prehrambene svrhe, kao što je bistrenje piva i vina i kao slobodan lebdeći agent u juhama u prahu (i začinima).
<b>Titanijev dioksid u nanoobliku</b>	Titanijev dioksid u nanoobliku proizvodi se u velikim količinama u za uporabu u bojama i premazima (za upijanje UV zraka i sprječavanje propadanja zbog izloženosti UV zrakama), kozmetici (u kremama za zaštitu od sunca za sprječavanje štete od UV-a na koži) i u pakiranju
<b>Cinkov oksid</b>	Cinkov oksid trenutačno se proizvodi u vrlo malim količinama, ali njegova proizvodnja raste. Većinom se upotrebljava u kozmetičkim proizvodima i proizvodima za osobnu njegu, ali nedavno su se javile i druge primjene, kao što je antimikrobno pakiranje.
<b>Nanogline</b>	Nanogline se upotrebljavaju u razne svrhe. Mineral nanogline koji se najčešće upotrebljava jest montmorilonit (naziva se i bentonit), koji je prirodna glina dobivena iz vulkanske prašine/stijena. Nanogline imaju prirodnu strukturu u nanoslojevima i često su organski izmijenjene tako da se mogu povezivati s matricama polimera i stvarati poboljšane materijale, kao što su sklopovi s pojačanim svojstvima za sprječavanje ulaska zraka u pakiranjima za hranu.
<b>Cerijev oksid u nanoobliku</b>	Cerijev oksid nanoveličine upotrebljava se kao sekundarni katalizator goriva u dizelskom gorivu. Navodno se tom primjenom smanjuje potrošnja goriva i emisije čestica
<b>Nanoželjezo</b>	Nanoželjezo koje nije valentno sve se više upotrebljava u postupcima pročišćavanja vode i obnove onečišćenog tla. Nanoželjezo upotrebljava se u pročišćavanju zagađenih voda, odnosno, u kopnenim vodama gdje se tvrdi da pročišćava vodu od onečišćenja raščlanjivanjem organskih onečišćivača i ubijanjem mikrobnih patogena.

Tablica III.a: Glavna područja primjene nanomaterijala

NMM	Glavna područja primjene
<b>Organski nanomaterijali</b>	Velik broj organskih nanomaterijala koji postoje ili su u postupku istraživanja i razvoja (R&D) rabe se prvenstveno u sektoru kozmetike, hrane i medicine. Primjeri mogućih uporaba organske nanotehnologije uključuju vitamine, antioksidante, boje, okuse, konzervanse, aktivne sastojke za kozmetičke i terapijske proizvode, deterdžente itd. Glavna postavka u pozadini razvoja organskih tvari nanoveličine jest veća prihvaćenost, apsorpcija i biološka dostupnost bioaktivnih tvari u tijelu, za razliku od tradicionalnih ekvivalenata u rasutom obliku.
<b>Ostalo</b>	<p><i>Ostali nanomaterijali koji se sve više proizvode na komercijalnoj razini uključuju metal i metalne okside aluminijske, bakra, lima, cirkonija, metalnih nitrida (npr. titanijev nitrid), zemnoalkalijskih metala (kalcij, magnezij), nemetala (selenij).</i></p> <p><i>Kvantne točke – sastavljene od metala (oksida) ili poluvodičkih materijala s novim elektroničkim, optičkim, magnetskim i katalitičkim svojstvima također se sve više upotrebljavaju u medicinskom slikanju i dijagnostici i sigurnosnom tisku. Proizvodnja kvantnih točaka, međutim, trenutačno nije količinski velika.</i></p>

Izvor: Milieu i RPA (2010.)

**30** EK (2004.b): Praktične neobvezujuće smjernice o zaštiti zdravlja i sigurnosti radnika od rizika povezanih s kemijskim sredstvima na radu, dok. 2261-00-00-EN završna verzija. Dostupno na web-mjestu: <https://op.europa.eu/en/publication-detail/-/publication/b8827eb0-bb69-4193-9d54-8536c02080c1/language-en>

**31** INRS (2012.): Valeurs limites d'exposition professionnelle aux agents chimiques en France, ED 984 Aide-Mémoire Technique.

**32** BAuA (2012): TRGS 900 – Technische Regeln für Gefahrstoffe – Arbeitsplatzgrenzwerte, GMBI 2012 S. 715-716 Nr.40.

**33** HSE (2011.): EH40/2005 Granične vrijednosti izloženosti na radnom mjestu s popisom graničnih vrijednosti izloženosti za uporabu s Uredbama o kontroli tvari štetnih za okoliš (kako su izmijenjene), autorska prava Crown.

## Prilog IV. – Zakonodavstvo primjenjivo na nanomaterijale

MNM-ovi nisu obuhvaćeni posebnim propisima već se na njih primjenjuje isto zakonodavstvo EU-a i nacionalno zakonodavstvo kojim se osigurava sigurno rukovanje tradicionalnim kemijskim tvarima i smjesama. Postoji opća suglasnost da je Direktiva 98/24/EZ o kemijskim sredstvima najrelevantniji zakonodavni akt koji treba poštovati u cilju osiguranja sigurnog rukovanja MNM-ovima na radnom mjestu.

Treba napomenuti da nanomaterijali nisu izričito uključeni u područje primjene Direktive ili isključeni iz njega, ali iz podstavka o „zaštiti“ (članak 2. točka (b) podtočka iii.) jasno je da su u načelu obuhvaćeni i da se primjenjuje Direktiva CAD ako je poznata opasnost.

Odrediti opasnost uistinu je ključno pitanje. Iako je jasno da je „određivanje opasnosti“ prvi korak u postupku procjene rizika, svedeno se određivanje „kemijske opasnosti“ (pri čemu određivanje opasnosti NM-ova zahtijeva sličnu razinu znanja) djelomično oslanja na informacije koje dobavljač dostavlja o tvarima ili smjesama u sigurnosno-tehničkim listovima. Međutim, nepostojanje sigurnosno-tehničkih listova uz MNM-ove ili nepostojanje određenih podataka o MNM-ovima u sigurnosno-tehničkim listovima za rasuti oblik materijala ne znači da se MNM-ovi ne mogu odrediti ili smatrati opasnim, što je objašnjeno u Praktičnim smjernicama koje je razvila Europska komisija radi usklađivanja s člankom 12. stavkom 2. CAD-a<sup>30</sup>: „kemijske tvari na radnom mjestu mogu predstavljati rizik za zdravlje ili sigurnost radnika zbog: (...) načina na koji su prisutne na radnom mjestu (npr. inertna kruta tvar u obliku praha koji se može udisati)“ (EK, 2004., str.13).

Osim toga, u stavku 1.1.2. istog dokumenta objašnjeno je da „...svaka tvar koja ima graničnu vrijednost izloženosti mora se smatrati opasnom tvari. To je slučaj s česticama netopljivih materijala koji se ne mogu klasificirati kao opasni po zdravlje.“

Na paneuropskoj razini trenutačno ne postoje opće granične vrijednosti izloženosti za prašine; samo OEL-ovi koji se odnose na određene tvari u obliku prašine. Međutim, u mnogim državama članicama postoje opće (zadane) granične vrijednosti za prašine utemeljene na kriterijima veličine koja se može inhalirati ili udisati. Primjeri:

- u Francuskoj<sup>31</sup>, les Valeurs limites d'exposition professionnelle iznose 10 mg/m<sup>3</sup> za dio koji se može inhalirati i 5 mg/m<sup>3</sup> za dio koji se može udahnuti,
- u Njemačkoj<sup>32</sup> dallgemeiner Staubgrenzwert (opće granične vrijednosti za prašinu) utvrđene su za alveolengängige Fraktion (dio koji se može udahnuti) na 3 mg/m<sup>3</sup> i za einatembare fraction (dio koji se može inhalirati) na 10 mg/m<sup>3</sup>,
- u Ujedinjenoj Kraljevini<sup>33</sup>, definicija koju COSHH primjenjuje na tvar opasnu za zdravlje uključuje bilo kakvu prašinu čija je koncentracija u zraku jednaka ili veća od 10 mg/m<sup>3</sup> 8-sati TWA prašine koja se može inhalirati ili 4 mg/m<sup>3</sup> 8-sati TWA prašine koja se može udahnuti.

Stoga se na nanomaterijale prisutne na radnom mjestu primjenjuju odredbe CAD-a. U tom su slučaju glavne obveze poslodavaca sljedeće:

- provesti procjene rizika koje se odnose na kemijska sredstva i njihove povezane rizike. Procjene treba provoditi prikupljanjem nužnih „*dobitnih informacija [...] od dobavljača ili od drugih dostupnih izvora*“. Te procjene rizika treba dokumentirati i ažurirati (članak 4.),
- spriječiti kemijski rizik, što znači da takav rizik treba „*otkloniti ili smanjiti na minimum*“. Načini na koje se to može postići propisani su u člancima 5. i 6. i uključuju sljedeće, od prioritetnih prema manje prioritetnima:
  - zamjenjivanje štetnih sredstava ili postupaka manje opasnim,
  - planiranje radnih postupaka i kontrola na način da se ukloni ili svede na minimum oslobađanje opasnih kemijskih sredstava,
  - primjenu kolektivnih zaštitnih mjera (npr. ventilaciju),
  - primjenu osobnih zaštitnih mjera,
- uspostava odredbi za žurne slučajeve i postupanje u slučaju nesreća, incidenata i u žurnim slučajevima (članak 7.). i
- pružanje informacija i osposobljavanja radnika o rezultatima procjene rizika; vrsti, riziku i граниčnim vrijednostima izloženosti na radnom mjestu i o zakonodavnim odredbama o kemijskim sredstvima koja se upotrebljavaju na radnom mjestu i odgovarajućim mjerama predostrožnosti i postupcima koje treba poduzeti (članak 8.).

U Direktivi CAD također je ponovljena obveza poslodavaca u okviru OSHD-a da osiguraju „*savjetovanje i suradnju s radnicima i/ili njihovim povjerenicima [...] o pitanjima koje obuhvaća ova Direktiva*“. Uz navedeno, četiri kemijska sredstva navedena u Prilogu III. zabranjena su.

U nastavku je naveden otvoren popis zakonodavnih akata i propisa kojima se nadopunjuje Direktiva CAD i koji se primjenjuju u Europskoj uniji:

- Direktiva Vijeća 89/391/EEZ od 12. lipnja 1989. o uvođenju mjera za poticanje poboljšanja sigurnosti i zdravlja radnika na radu ,
- Direktiva 2004/37/EZ Europskog parlamenta i Vijeća od 29. travnja 2004. o zaštiti radnika od rizika zbog izloženosti karcinogenim ili mutagenim tvarima na radu (šesta pojedinačna direktiva u smislu članka 16. stavka 1. Direktive Vijeća 89/391/EEZ) (kodificirana verzija) Tekst značajan za EGP,
- Direktiva Vijeća 92/85/EEZ od 19. listopada 1992. o uvođenju mjera za poticanje poboljšanja sigurnosti i zdravlja na radu trudnih radnica te radnica koje su nedavno rodile ili doje (deseta pojedinačna direktiva u smislu članka 16. stavka 1. Direktive 89/391/EEZ),

- Direktiva Vijeća 94/33/EZ od 22. lipnja 1994. o zaštiti mladih ljudi na radu,
- Direktiva Vijeća 89/656/EEZ od 30. studenoga 1989. o minimalnim sigurnosnim i zdravstvenim zahtjevima za uporabu osobne zaštitne opreme na radnom mjestu (treća pojedinačna direktiva u smislu članka 16. stavka 1. Direktive 89/391/EEZ).

U skladu sa svim tim zakonima o zaštiti radnika poslodavci moraju odrediti opasnosti i provoditi procjenu rizika kako bi se utvrđeni mogući rizici mogli ukloniti ili smanjiti u mjeri u kojoj je to moguće.

Ostali propisi koji se primjenjuju na kemijske tvari koje se stavljaju na tržište uključuju sljedeće:

- Uredbu REACH (EZ) br. 1907/2006 – u skladu s kojom proizvođači i uvoznici moraju prikupiti informacije o svojstvima svojih kemijskih tvari kako bi osigurali sigurno rukovanje. Prilikom pregleda podataka dostavljenih u okviru registracije u skladu s Uredbom REACH, treba biti svjestan da će se u većini slučajeva većina podataka navedenih u spisu za registraciju odnositi na tvar u rasutom obliku. Kako je prethodno navedeno, dobavljač je dužan (u skladu s člancima 31. i 32. Uredbe REACH) dostaviti primatelju u dobavljačkom lancu „*sve ostale raspoložive i relevantne informacije o tvari koje su nužne za utvrđivanje i primjenu potrebnih mjera upravljanja rizikom, uključujući posebne uvjete koji proizlaze iz primjene odjeljka 3. Priloga XI.*“ (čl. 32. st. 1. točka (d)). Nakon toga, svaki primatelj u dobavljačkom lancu, kako bi ispunio obveze iz Direktive CAD i proveo procjenu rizika radi određivanja odgovarajućih RMM-ova, može zatražiti dodatne informacije (besplatno<sup>34</sup>) od dobavljača o, barem, veličini čestica tvari/ smjese i njezinoj topljivosti/biopostojanosti budući da se sveobuhvatnim toksikološkim ispitivanjem pokazalo bez opravdane sumnje da inhalacija biopostojanih/slabo topljivih čestica može štetiti dišnom sustavu,
- u Uredbi CLP, odnosno, Uredbi (EZ) br. 1272/2008 propisano je da se kemijske tvari i smjese koji se stavljaju na tržište moraju primjereno razvrstati s obzirom na štetne učinke te da se moraju u skladu s time označiti i pakirati. U svjetlu članka 5. stavka 1., članka 6. stavka 1. , članka 8. stavaka 1., 2. i 6. i članka 9. stavka 5. „*proizvođači, uvoznici i daljnji korisnici uzimaju u obzir oblike i agregatna stanja u kojima se tvar ili smjesa stavlja na tržište i u kojima je realno očekivati da će se koristiti.*“ Očekuje se od trgovačkih društava da iskoriste relevantne dostupne informacije dostavljene primjerice u skladu s Uredbom REACH i obave dodatno ispitivanje fizikalno-kemijskih svojstava, ako je potrebno. Ispitivanja stoga treba provoditi na reprezentativnom uzorku tvari ili smjese koje se stavlja na tržište. Kako je objašnjeno u EK (2009.) „*tvar s različitim veličinama čestica ili oblicima može biti različito razvrstana, kao što je slučaj, primjerice, za nikal i prah nikla (promjer čestice <1 mm). Ako se tvari proizvode/uvoze u nanoobliku i u rasutom obliku, možda će biti potrebno zasebno razvrstavanje i označavanje ako dostupni podaci o svojstvima ukazuju na razlike u razredu opasnosti između nanooblika i rasutog oblika*“,

<sup>34</sup> članak 32 stavak 2. Uredbe REACH

- u Uredbi br. 1223/2009 o kozmetičkim proizvodima propisano je da Komisija mora biti obaviještena o kozmetičkim proizvodima koji sadrže nanomaterijale i njihovim fizikalnim i kemijskim svojstvima, količini koja se planira staviti na tržište, njihovom toksikološkom profilu, podacima o sigurnosti i predvidljivim uvjetima izloženosti. Osim toga, u njoj je propisano da svi sastojci u obliku nanomaterijala moraju biti jasno označeni i nakon njih mora slijediti riječ „nano”,
- u Uredbi br. 528/2012 o biocidnim proizvodima propisano je da je, kada se u biocidnim proizvodima upotrebljavaju nanomaterijali, potrebno zasebno procjenjivati rizik za ljudsko zdravlje, zdravlje životinja i okoliš i da se sastojci u nanoobliku moraju jasno označiti kao nanomaterijali,
- u Uredbi br. 1168/2011 o informiranju potrošača o hrani propisano je da sastojci prisutni u obliku MNM-ova moraju biti označeni kao nanomaterijali.

Ovaj Vodič treba tumačiti zajedno s dostupnim smjernicama o usklađivanju s ovim propisima.





## Prilog V. – Izazovi u praćenju izloženosti nanomaterijalima

Izazovi u praćenju izloženosti nanočesticama proizlaze iz nepostojanja konsenzusa oko toga što čini najprimjereniju mjeru za opisivanje izloženosti MNM-ovima. Za tvari u rasutom obliku u načelu se upotrebljavaju mjere utemeljene na masi (osim u slučaju vlakana kada se upotrebljava mjerenje na temelju broja). Međutim, znanstveni dokazi upućuju na to da mjerenja koja se zasnivaju na broju čestica (ili vlakana) ili površini mogu biti relevantnija za NM-ove. Zbog toga gravimetrijske mjerne metode koje se obično upotrebljavaju za mjerenja u zraku nisu

idealne pa se u načelu smatra da su nužne i metode temeljene na brojevima. Postoji niz tehnika i povezanih instrumenata koji bi mogli biti korisni za mjerenje razina izloženosti nanočesticama (vidjeti tablicu V.a). Međutim, treba naglasiti da su one većinom razvijene za potrebe istraživanja, a ne za redovno mjerenje na radnom mjestu. Osim toga, treba napomenuti da su dostupne mjerne metode za NM podložne prostornim i vremenskim razlikama i još nisu potvrđene na razini EU-a.

**Tablica V.a\_ Primjeri instrumenata za praćenje koji bi se mogli primijeniti na mjerenje izloženosti MNM-ovima**

Naprava	Mogućnost mjerenja (metrička)	Napomena
<b>Statični uređaj za uzimanje uzoraka prema veličini</b>	Masa	Kaskadni impaktor može odvajati uzorke u rasponu od 1 do 100 nm
<b>Uređaj za uzimanje uzoraka prema veličini</b>	Masa	Podložan tehničkim ograničenjima i potencijalno složenoj analizi Masa se može izvesti i pomoću mjerenja distribucije po veličini
<b>Konična oscilirajuća mikrovaga (TOEM)</b>	Masa	Osjetljiva i omogućuje mjerenje u stvarnom vremenu
<b>SMPS</b>	Masa; Broj; (Površina)	Izlazni podaci koji se mogu tumačiti kao masena koncentracija, koncentracija broja ili, u nekim okolnostima, površina
<b>ELPI</b>	Masa; Broj; Površina	Omogućuje mjerenje u stvarnom vremenu Izlazni podaci koji se mogu tumačiti kao masena koncentracija, koncentracija broja ili površina
<b>CPC</b>	Broj	Omogućuje mjerenje u stvarnom vremenu Zahijeva prilagodbu za rad na nanorazini
<b>Optički brojač čestica</b>	Broj	Ograničenja s obzirom na veličinu čestica za koje je prikladan
<b>Generator raspršivanja</b>	Površina	Omogućuje mjerenje u stvarnom vremenu Svi instrumenti ove vrste nisu prikladni te ih treba prilagoditi

*Izvor: Prilagođeno od Aitken i drugi (2011.)*

Situacija je još složenija zbog tehničkih poteškoća u razlikovanju između MNM-ova i pozadinskih izvora čestica nanovelikine (koje mogu zrakom biti prenesene na radno mjesto ili nastati kao rezultat postupaka na radnom mjestu). U tom smislu treba voditi računa o tome da gradski zrak obično sadržava između 10 000 i 40 000 čestica po  $\text{cm}^3$ , a u industrijskim okruženjima mogu nastati dodatne nanočestice ili vrlo sitne čestice zbog rada jedinica za grijanje, viličara, usisavača ili ispusta iz strojeva te zbog aktivnosti povezanih s procesima kao što su rezanje, brušenje i laštenje. Svi će ti različiti izvori pridonijeti ukupnom opterećenju

zraka česticama promjera  $<100$  nm. Zbog toga bi kod razmatranja programa za praćenje zraka moglo biti korisno prvo izmjeriti količinu nanoprašine koja postoji na radnom mjestu kao „pozadinskog” zagađivača prije početka operacija koje se temelje na MNM-ovima. Na taj se način rezultati dobiveni u pogledu MNM-ova mogu staviti u kontekst pozadinskog zagađivanja.

Daljnje se informacije o tehničkim pristupima praćenju izloženosti nanooblicima i povezanim problemima mogu dobiti iz niza objavljenih izvora, uključujući:

- **Aitken i drugi. (2011.):** Posebni savjeti o procjeni izloženosti i opisu opasnosti/rizika za nanomaterijale u skladu s Uredbom REACH (RIP-oN 3) – Završno izvješće o projektu. Referentni broj dokumenta RNC/RIP-oN3/FPR/1/FINAL.
- **HSE (bez datuma):** Kada pratiti. Health and Safety Executive, dostupno na: <http://www.hse.gov.uk/nanotechnology/when-to-monitor.htm>
- **INRS (2009.):** Nanomaterijali. Definicije, toksikološki rizik, karakterizacije izloženosti na radu i preventivne mjere. *Institut national de recherche et de sécurité*
- **IUTA/BAuA/BG RCI/IFA/TUD (2011.):** Slojevit pristup mjerenju izloženosti i procjeni aerosola nanorazine koji se ispuštaju iz proizvedenih nanomaterijala u radnim postupcima. Pripremili (abecednim redom): Kvaliteta zraka i održiva nanotehnologija, Institut za energiju i ekološku tehnologiju e.V. (IUTA); Savezni institut za sigurnost i zdravlje na radu (BAuA); Njemačka ustanova za socijalno osiguranje za industriju sirovina i kemijsku industriju (BG RCI); Njemački savez kemijskih industrija (VCI); Institut za sigurnost i zdravlje na radu DGUV-a (IFA); Istraživačka skupina za mehanički inženjering, Institut za procesni inženjering i ekološku tehnologiju, Tehničko sveučilište u Dresdenu (TUD): Dostupno na: [https://www.baua.de/DE/Angebote/Publikationen/Kooperation/Nanomaterialien-2.pdf?\\_\\_blob=publicationFile&v=3](https://www.baua.de/DE/Angebote/Publikationen/Kooperation/Nanomaterialien-2.pdf?__blob=publicationFile&v=3)
- **Ostiguy C i drugi (2009.):** REPORT R-599. Vodič za najbolju praksu u području upravljanja rizikom od sintetskih nanočestica. IRSST, Quebec.
- **Safe Work Australia (2009.):** Proizvedeni nanomaterijali: Dokazi o učinkovitosti kontrola na radnom mjestu za sprječavanje izloženosti, Safe Work Australia.
- **VCI (2008.):** Odgovorna proizvodnja i uporaba nanomaterijala: Institut za sigurnost i zdravlje na radu DGUV-a (IFA) Istraživačka skupina za mehanički procesni inženjering, Verband der Cgmischen Industrie e V., Njemačka.

## Kontakt s EU-om

### OSOBN

U cijeloj Europskoj uniji postoje stotine informacijskih centara Europe Direct. Adresu najbližeg centra možete pronaći na: [https://europa.eu/european-union/contact\\_hr](https://europa.eu/european-union/contact_hr)

### TELEFONOM ILI E-POŠTOM

Europe Direct je služba koja odgovara na vaša pitanja o Europskoj uniji. Možete im se obratiti:

**na besplatni telefonski broj:** 00 800 6 7 8 9 10 11 (neki operateri naplaćuju te pozive),  
na broj: 00 32 2 299 9696 ili  
e-poštom preko: [https://europa.eu/european-union/contact\\_hr](https://europa.eu/european-union/contact_hr)

## Traženje informacija o EU-u

### NA INTERNETU

Informacije o Europskoj uniji na svim službenim jezicima EU-a dostupne su na internetskim stranicama Europa: [https://europa.eu/european-union/index\\_hr](https://europa.eu/european-union/index_hr)

### PUBLIKACIJE EU-A

Besplatne publikacije EU-a i publikacije EU-a koje se plaćaju možete preuzeti ili naručiti preko internetske stranice: <https://publications.europa.eu/hr/publications>.

Za više primjeraka besplatnih publikacija obratite se službi Europe Direct ili najbližemu informacijskom centru (vidjeti [https://europa.eu/european-union/contact\\_hr](https://europa.eu/european-union/contact_hr)).

### ZAKONODAVSTVO EU-A I POVEZANI DOKUMENTI

Za pristup pravnim informacijama iz EU-a, uključujući cjelokupno zakonodavstvo EU-a od 1952. na svim službenim jezičnim verzijama, posjetite internetske stranice EUR-Lexa: <http://eur-lex.europa.eu>

### OTVORENI PODATCI IZ EU-A

Portal otvorenih podataka EU-a (<http://data.europa.eu/euodp/hr>) omogućuje pristup podatkovnim zbirkama iz EU-a. Podatci se mogu besplatno preuzimati i ponovno uporabiti u komercijalne i nekomercijalne svrhe.

### PREDSTAVNIŠTVA EUROPSKE KOMISIJE

Europska komisija ima urede (predstavništva) u svim državama članicama Europske unije: [https://ec.europa.eu/info/about-european-commission/contact/local-offices-eu-member-countries\\_hr](https://ec.europa.eu/info/about-european-commission/contact/local-offices-eu-member-countries_hr)

### UREDI EUROPSKOG PARLAMENTA

Europski parlament ima urede u svim državama članicama Europske unije: <http://www.europarl.europa.eu/at-your-service/hr/stay-informed/liaison-offices-in-your-country>

### DELEGACIJE EUROPSKE UNIJE

Europska unija ima i delegacije u drugim dijelovima svijeta: [https://eeas.europa.eu/headquarters/headquarters-homepage/area/geo\\_en](https://eeas.europa.eu/headquarters/headquarters-homepage/area/geo_en)

Naše publikacije možete preuzeti ili se besplatno na njih pretplatiti na:  
[http://ec.europa.eu/social/publications\\_](http://ec.europa.eu/social/publications_)

Ako želite redovito primati novosti o Glavnoj upravi za zapošljavanje, socijalna pitanja i uključivanje, prijavite se kako biste primali besplatan e-bilten na:  
[http://ec.europa.eu/social/e-newsletter\\_](http://ec.europa.eu/social/e-newsletter_)



Social Europe



EU\_Social

