

NANOMATERIALI PRI VZDRŽEVALNIH DELIH: POKLICNA TVEGANJA IN PREPREČEVANJE

Področje nanotehnologije se hitro razvija, uporaba nanomaterialov pa postaja vse običajnejša v našem vsakdanjem življenju in na naših delovnih mestih. To pomeni, da bi lahko bilo več delavcev, ki opravljajo vzdrževalna dela, izpostavljenih nanomaterialom. Področje nanotehnologije se kljub stalnim raziskavam razvija hitreje kot znanje o zdravstvenih in varnostnih učinkih nanomaterialov. Še vedno je veliko neznank, zaradi česar se postavljajo vprašanja v zvezi z ocenjevanjem tveganj za varnost in zdravje pri delu.

V tem e-dejstvu je pojasnjeno, kako se lahko delavci srečujejo z nanomateriali pri opravljanju vzdrževalnih del, vsebuje pa tudi informacije o ukrepih za preprečevanje morebitne izpostavljenosti.

1 Uvod

1.1 Kaj so nanomateriali?

Nanomateriali so materiali, ki vsebujejo delce z eno ali več dimenzijami med 1 in 100 nm⁽¹⁾, kar je po velikosti primerljivo z atomi in molekulami. Lahko so naravni, kot na primer v vulkanskem pepelu, ali nenamerna posledica človekovih dejavnosti, kot so nanomateriali, ki jih vsebujejo izpušni plini dizelskih motorjev. Vendar se številni nanomateriali namenoma proizvajajo in dajejo na trg, in to e-dejstvo se osredotoča prav na takšne nanomateriale.

Čeprav lahko nanomateriali tvorijo aglomerate ali agregate, ki so lahko večji od 100 nm, se lahko ti razgradijo in sprostijo nanomateriale. Zato je treba pri kakršni okolišnici oceniti tveganja nanomaterialov upoštevati tudi take aglomerate ali agregate.

Posebne (nove) lastnosti proizvedenih nanomaterialov imajo mnogo koristi za številne vrste uporabe. Proizvedeni nanomateriali se lahko uporabljajo bodisi sami bodisi v kombinaciji z drugimi materiali, da se dosežejo na primer:

1. miniaturizacija (npr. elektronske opreme);
2. zmanjšanje teže (zaradi povečane učinkovitosti materiala) in
3. izboljšane funkcionalnosti materialov (npr. daljša obstojnost, boljša prevodnost, toplotna stabilnost, topnost, zmanjšano trenje).

Vrste proizvedenih nanomaterialov, ki bodo morda prisotne na delovnih mestih, so odvisne od vrst postopkov, ki se izvajajo, proizvodov, ki se izdelujejo, in materialov, ki se uporabljajo kot vložki ali pripomočki za predelavo.

⁽¹⁾ Glede na Priporočilo Evropske komisije [1]:

- „Nanomaterial“ pomeni „naravno, mešano ali umetno snov, ki vsebuje delce v nevezanem stanju ali v obliki agregatov ali aglomeratov in pri kateri je ena ali več zunanjih dimenzij – za 50 % ali več delcev pri razporeditvi snovi po velikosti glede na število – v razponu velikosti od 1 do 100 nm.“ Razporeditev snovi po velikosti glede na število je izražena kot število predmetov v določenem razponu velikosti, deljeno s skupnim številom predmetov.
- „V posebnih primerih in kadar je to upravičeno zaradi pomislekov glede okolja, zdravja, varnosti ali konkurenčnosti, se lahko mejna vrednost za razporeditev snovi po velikosti glede na število, ki znaša 50 %, nadomesti z mejno vrednostjo med 1 in 50 %.“
- „Z odstopanjem od [zgoraj navedenega] je treba fullerene, plasti grafena in enoplastne ogljikove nanocevkke z eno ali več zunanjimi merami pod 1 nm obravnavati kot nanomateriale.“

1.2 Vzdrževanje

Redno vzdrževanje je bistvenega pomena za ohranjanje varnosti in zanesljivosti opreme, strojev,



zgradb in konstrukcij (kot so mostovi ali predori) ter delovnega okolja. Vzdrževalna dela vključujejo vrsto dejavnosti v različnih sektorjih in različnih vrstah delovnih okolij. Navadno obsegajo servisiranje, popravila, preglede, testiranje, nastavitve ali zamenjavo delov in lahko vključujejo, na primer, odpiranje zaprtih proizvodnih sistemov, zamenjavo filtrov, odstranjevanje plasti barve, visokotlačno čiščenje, brušenje, peskanje, nanos polnil, barve, izoliranje ter popravila električnega omrežja ter plinske in vodovodne napeljave. Ker se vzdrževanje v določenem obsegu izvaja v vseh sektorjih in na vseh delovnih mestih, pri vzdrževalcih obstaja večja verjetnost, da bodo izpostavljeni najrazličnejšim poklicnim nevarnostim, kot pri

drugih delavcih.

Avtorica: Dovile Cizaite

Vzdrževanje je lahko proaktivno – preprečevanje napak na strojih ali konstrukcijah ter nevarnih delovnih razmer – ali reaktivno – popravilo opreme ali gradbenih modulov. Vzdrževalne dejavnosti so torej lahko del delavčeve vsakodnevne rutine, na primer čiščenje in pregled razpršilne pištole ob koncu delovnega dne, ali posebne dejavnosti, ki se izvajajo ob nepravilnem delovanju opreme ali strojev. Vzdrževanje je lahko glavna dejavnost gradbenih delavcev.

Koristne informacije o vzdrževanju ter varnosti in zdravju pri delu so na voljo na spletni strani agencije EU-OSHA na naslovu: <https://osha.europa.eu/sl/topics/maintenance>.

1.3 Nanomateriali pri vzdrževalnih delih

Čeprav je nanotehnologija razmeroma nova industrijska panoga, so nanomateriali zaradi svojih posebnih lastnosti že vključeni v številne vrste uporabe. To pomeni, da je treba morebitno izpostavljenost nanomaterialom pri dejavnostih vzdrževanja obravnavati v vse več sektorjih in na vse več delovnih mestih.

Z naraščanjem števila proizvodov, ki vsebujejo nanomateriale, je vse bolj verjetno, da bodo morali delavci na takih proizvodih izvajati vzdrževalna dela in da bodo pri tem izpostavljeni nanomaterialom. Primeri takih proizvodov, ki vsebujejo nanomateriale, so avtomobili, pnevmatike z nizkim količnikom kotalnega upora, električna in elektronska oprema, kot so visoko zmogljivi senzorji in elektronski sistemi, in oprema za proizvodnjo energije, kot so visoko zmogljivi akumulatorski sistemi ali tankoplastne pametne solarne plošče. Tudi same zgradbe lahko vsebujejo nanomateriale.

Poleg tega je na trgu vse več proizvodov za vzdrževanje, ki vsebujejo proizvedene nanomateriali in se uporabljajo za vzdrževalna dela, kot so maziva, premazi ali lepila. Če niso sprejeti ustrezni preventivni ukrepi, lahko pride do izpostavljenosti delavcev.

Nekatere vrste uporabe proizvedenih nanomaterialov so lahko za vzdrževalce zelo koristne z vidika varnosti in zdravja pri delu, kot so na primer pametne barve, ki se uporabljajo za odkrivanje razpok ali korozije na barvanih površinah. Pametne barve vsebujejo ogljikove nanocevke, ki prevajajo elektriko. Prisotnost napak na površini vpliva na njihovo prevodnost, zato se lahko te barve uporabljajo za daljinsko odkrivanje mikroskopskih pomanjkljivosti na objektih, na primer na mostovih ali vetrnih turbinah, s čimer se izognemo potrebi po delu na višini za pregled takšnih objektov.

2 Tveganja za varnost in zdravje pri delu zaradi nanomaterialov za delavce, ki opravljajo vzdrževalna dela

Čeprav imajo nanomateriali številne koristi, so lahko nekateri nevarni za zdravje in varnost ljudi [2–4] ter lahko pomenijo tveganja za vzdrževalce.

2.1 Nevarnosti in načini izpostavljenosti

Tveganja za varnost lahko izhajajo iz visoke eksplozivnosti, vnetljivosti in katalitičnega potenciala nekaterih vrst nanoprahu (nanomateriali v prahu), zlasti kovinskega nanoprahu.

Nanomateriali imajo lahko vrsto morebitnih toksičnih učinkov, čeprav jih morda isti material v makrovelikosti nima. To je predvsem posledica njihove majhnosti, vendar je odvisno tudi od oblike delcev, kemijske sestave, stanja površine (npr. specifična površina, funkcionalizacija površine, obdelava površine), stopnje agregacije ali aglomeracije itd. [3, 4].

Nanomateriali lahko v običajnih okoljskih razmerah tvorijo aglomerate ali agregate, večje od 100 nm, s čimer se spremenijo (ne pa tudi nujno izgubijo) njihove nanospecifične lastnosti. Vendar se lahko nanomateriali znova sprostijo iz šibkeje vezanih aglomeratov in pod nekaterimi pogoji tudi iz močnejše vezanih agregatov. Raziskuje se, ali bi se to lahko zgodilo v tekočini pljuč po vdihavanju takih aglomeratov ali agregatov [3, 4]. Zato je treba pri oceni tveganja na delovnem mestu upoštevati tudi aglomerate in agregate, ki vsebujejo nanomaterialne.

Notranji mehanizem izpostavljenosti po vstopu nanomaterialov v telo bi lahko vključeval nadaljnjo absorpcijo, distribucijo in metabolizem. Nekateri nanomateriali so na primer odkrili v pljučih, jetrih, ledvicah, srcu, razmnoževalnih organih, plodu, možganih, vranici, okostju in mehkem tkivu [5]. Vprašanja ostajajo odprta glede bioakumulacije nanomaterialov ter mehanizmov izločanja iz celic in organov. Dodatna težava je, da lahko nanomaterial, čeprav sam morda ni toksičen, deluje kot trojanski konj, kar pomeni, da se lahko nanj veže bolj toksičen material in si tako zagotovi vstop v telo, organe ali celice [6].

Najpomembnejši učinki nanomaterialov so bili ugotovljeni v pljučih in vključujejo vnetje, poškodbe tkiva, oksidativni stres, kronično toksičnost, citotoksičnost, fibrozo in nastajanje tumorjev. Nekateri nanomateriali lahko prizadenejo tudi srčno-žilni sistem. Morebitne nevarne lastnosti proizvedenih nanomaterialov so predmet stalnih raziskav [3, 4].

Primeri nanomaterialov, ki bi jim vzdrževalci lahko bili izpostavljeni, in njihove nevarnosti za zdravje so predstavljeni v preglednici 1. Ti nanomateriali so zlasti pomembni pri vzdrževanju, saj se uporabljajo v barvah, razkužilih, čistilnih sredstvih ali drugih proizvodih, ki se običajno uporabljajo pri vzdrževalnih delih.

Preglednica 1: Primeri nanomaterialov, ki bi jim vzdrževalci lahko bili izpostavljeni, in njihove morebitne nevarnosti za zdravje

Vrsta nanomateriala	Nevarnosti za zdravje
Srebrni nanodelci	Uporaba srebrnih nanodelcev pomeni morebitno nevarnost za zdravje ljudi [8]; Znanstveni odbor EU za nastajajoča in na novo ugotovljena zdravstvena tveganja je bil pozvan k predložitvi znanstvenega mnenja o varnosti nanosrebra, njegovih učinkih na zdravje in okolje ter njegovi vlogi pri odpornosti proti mikrobom [9]. Obstajajo pomisleki, da lahko srebrni nanodelci povzročijo škodljive učinke za zdravje, kot so alergije [10], pljučni edemi [11] in argirija ali argiroza (tj. sivo ali sivo-modro obarvanje ali črna pigmentacija kože, nohtov, oči, sluznice ali notranjih organov zaradi odloženega srebra), ki so nepovratna in neozdravljiva stanja [12]. Pri raziskavah, opravljenih na podganah, je bilo ugotovljeno tudi, da lahko nanodelci dosežejo

Vrsta nanomateriala	Nevarnosti za zdravje
	možgane prek zgornjega respiratornega trakta [13].
Nanodelci titanovega dioksida (TiO ₂)	Mednarodna agencija za raziskave raka (International Agency for Research on Cancer – IARC) je delce titanovega dioksida v primeru vdihavanja razvrstila med snovi, ki so morda rakotvorne za ljudi (skupina 2B) [14]. Nacionalni inštitut za varnost in zdravje pri delu (The National Institute for Occupational Safety and Health – NIOSH) iz ZDA je priporočil nižjo mejo izpostavljenosti za ultrafine delce TiO ₂ : 0,3 mg/m ³ za nanodelce TiO ₂ (< 100 nm) v primerjavi z 2,4 mg/m ³ za fine delce (> 100 nm) [15].
Nanodelci silicijevega dioksida	Razpoložljive študije o toksičnosti nanodelcev silicijevega dioksida so temeljile na učinkih izpostavljenosti silicijevemu dioksidu prek respiratornega trakta po akutni ali subakutni izpostavljenosti. Vnetje pljuč, nastanek granulomov in fokalni emfizem so nekateri od učinkov na zdravje, o katerih so poročali [16].

Obstajajo trije glavni možni načini izpostavljenosti nanomaterialom na delovnem mestu [2, 3, 6, 17–19]:

- **vdihavanje** je najpogostejši način izpostavljenosti nanodelcem, ki se prenašajo po zraku, na delovnem mestu. Vdihani nanodelci se lahko odložijo v respiratornem traktu in pljučih, kar je odvisno od njihove oblike in velikosti. Po vdihu lahko preidejo skozi pljučni epitel, pridejo v krvni obtok ter dosežejo še druge organe in tkiva. Pri nekaterih vdihanih nanomaterialih je bilo ugotovljeno tudi, da prek vohalnega živca dosežejo možgane;
- do **zaužitja** lahko pride z nenamernim prenosom z rok v usta s kontaminiranih površin ali z zaužitjem kontaminirane hrane ali vode. Zaužitje je lahko tudi posledica vdihavanja nanomaterialov, saj je mogoče pogoltniti vdihane delce, ki se iz respiratornega trakta izločijo prek mukociliarnega dvigala. Nekateri zaužiti nanomateriali lahko preidejo skozi pljučni epitel, pridejo v krvni obtok ter dosežejo še druge organe in tkiva;
- prodiranje skozi **kožo** se še raziskuje [2, 18]. Nepoškodovana koža se zdi dobra ovira za prehajanje nanomaterialov [20]. Poškodovana koža se zdi manj učinkovita, vendar bo stopnja prehajanja verjetno nižja kot pri vdihavanju. Kljub temu je treba stik s kožo preprečevati in nadzorovati.

Možnost za izpostavljenost je torej odvisna predvsem od verjetnosti, da se nanomateriali začnejo prenašati po zraku, pri čemer praški in razpršila pomenijo večjo verjetnost tveganja kot suspenzije v tekočini, paste, granuladni materiali ali kompoziti. Po drugi strani pa nanomateriali v tekočinah pomenijo večjo verjetnost tveganja kot vezane ali fiksne nanostrukture, kot so v polimerni matrici [21].

2.2 Dejavnosti vzdrževanja s tveganjem izpostavljenosti nanomaterialom

Delavci, ki izvajajo vzdrževalna dela, so lahko proizvedenim nanomaterialom izpostavljeni v naslednjih primerih:

- kadar uporabljajo proizvode za vzdrževanje, ki vsebujejo nanomaterialne;
- kadar vzdržujejo naprave, pri katerih so prisotni nanomateriali, na primer v proizvodni liniji, kjer se uporabljajo ali predelujejo nanomateriali ali proizvodi, ki vsebujejo nanomaterialne, in kadar se ti nanomateriali na primer odložijo na površinah naprave, ki se vzdržuje, ter
- kadar nanomateriali nastajajo pri samem postopku vzdrževanja, na primer brušenju ali poliranju.

V preglednici 2 so predstavljeni proizvodi, ki jih vzdrževalci lahko uporabljajo, ravnaajo z njimi ali jih obdelujejo in ki vsebujejo nanomaterialne, ki bi jim ti lahko bili izpostavljeni med opravljanjem svojega dela.

Preglednica 2: Primeri proizvodov, ki vsebujejo nanomateriale in se uporabljajo pri vzdrževanju

Glavne vrste nanomaterialov	Primeri proizvodov, ki se uporabljajo pri vzdrževanju
Titanov dioksid (TiO ₂)	Barve, protibakterijski premazi, čistilni proizvodi, cement, ploščice, stenski premazi, premazi za okna proti umazaniji, premazi za avtomobile (pri vseh teh proizvodih so izkoriščene lastnosti TiO ₂ v nanovelikosti, ki vključujejo sterilizacijo, odstranjevanje smradu, preprečevanje rosenja in samočiščenje) ter steklo zaradi njegove lastnosti spreminjanja barve pri izpostavljenosti svetlobi [6, 22–24]
Silicijev dioksid (SiO ₂)	Barve, beton in čistilni proizvodi [6, 23]
Srebrni nanodelci	Uporabljajo se kot biocidi v barvah in lakih, polimerih, umivalnikih in sanitarni keramiki ter pri različnih vrstah „potrošniške“ uporabe, kot so razkužila in čistilna sredstva [6]
Ogljikove nanocevke	Barve [23], lahke konstrukcije
Saje	Pigmenti
Karbidi (npr. WC, TiC, SiC), nitridi (npr. TiN, CrN), kovine (npr. W, Ti, Mo) ali keramika (npr. Al ₂ O ₃ , Cr ₂ O ₃)	Tribološki premazi, ki se nanesejo na površino komponente za nadzor njenega trenja in obrabe [25]
Železovi oksidi	Dodatki v lepilu; sestava, ki omogoča nadzorovano oprijemanje in ločevanje [25]
Cirkonijev dioksid	Dodatki k cementu in plastičnim masam
Bakrovi oksidi	Zaščitna sredstva za les
Zlati nanodelci	Avtomobili in maziva [26]

Nekatere dejavnosti vzdrževanja, pri katerih bi delavci lahko bili izpostavljeni nanomaterialom, so:

- **uporaba tekočih proizvodov, ki vsebujejo nanomateriale:**
 - o ravnanje s tekočimi proizvodi (npr. mazivi, barvami, premazi, lepili) ali čiščenje razlitij, pri katerih lahko pride do izpostavljenosti nezaščitene kože;
 - o v nekaterih okoliščinah dejavnosti vzdrževanja vključujejo pripravo tekočih proizvodov, kar lahko pomeni pretakanje ali mešanje, pri čemer se zaradi takšnega mešanja ustvarjajo aerosoli, ki se lahko vdihavajo (in nato delno zaužijejo) ali odložijo na nezaščiteno kožo, kar povzroča izpostavljenost kože;
 - o razprševanje, na primer izolacijskega nanopremaza ali nanobarve, lahko povzroči vdihavanje, zaužitje ali izpostavljenost kože, in
 - o razprševanje tekočega vnetljivega nanomateriala poveča tudi tveganje za eksplozijo ali požar;
- **uporaba nanomaterialov v prahu:**
 - o pri ravnanju s praški, ki vsebujejo nanomateriale (npr. tehtanju, pretakanju ali mešanju), za pripravo proizvodov, ki se uporabljajo za dejavnosti vzdrževanja, se lahko nanomateriali začnejo prenašati po zraku, kar lahko povzroči izpostavljenost kože, vdihavanje in zaužitje nanomaterialov;
- **uporaba vezanih ali fiksnih nanostruktur (polimerna matrika):**
 - o strojna obdelava, peskanje, vrtanje ali katere koli druge dejavnosti, ki lahko poškodujejo strukturo matrike, lahko povzročijo sprostitve nanodelcev v zrak, kar lahko povzroči prehajanje nanodelcev skozi kožo, vdihavanje ali zaužitje. Nanomateriali, ki jih vsebuje poškodovana matrika, se ne sprostijo nujno kot primarni delci, ker se lahko vežejo na druge delce aerosola, nastalega med postopkom, vendar je mogoče, da se ti vezani nanomateriali ob vdihavanju ločijo od delcev aerosola in se torej sprostijo v telesu;

- **vzdrževanje opreme, ki se uporablja za proizvodnjo ali predelavo nanomaterialov ali proizvodov, ki vsebujejo nanomateriale:**
 - o pri tem se lahko sproščajo nanomateriali, v nekaterih primerih po naključju, z možnostjo tveganja izpostavljenosti kože, vdihavanja in zaužitja;
- **čiščenje sistemov za zbiranje prahu, ki se uporabljajo za zajemanje nanomaterialov:**
 - o delavci so lahko izpostavljeni visokim koncentracijam odloženih nanomaterialov ali nanomaterialov, ki se prenašajo po zraku, kar lahko povzroči izpostavljenost kože, vdihavanje in zaužitje;
- **čiščenje razlitij nanomaterialov:**
 - o pri tem lahko pride do izpostavljenosti kože, vdihavanja in zaužitja;
- **prevoz in odstranjevanje odpadnega materiala, ki vsebuje nanomateriale:**
 - o pri tem lahko pride do izpostavljenosti kože, vdihavanja in zaužitja.

Poleg tega razpršitev nanoprahu v zraku povečuje tveganje eksplozije ali požara.

Raven izpostavljenosti se poveča, če se dejavnosti izvajajo v zaprtih prostorih, kot so zbiralniki, brez ustreznih nadzornih ukrepov.

3 Preprečevanje

V skladu z Direktivo EU 89/391/EGS [5] morajo delodajalci izvajati redne ocene tveganja na delovnem mestu in sprejeti ustrezne preventivne ukrepe. To velja tudi za morebitna tveganja zaradi nanomaterialov na delovnem mestu. Poleg tega Direktiva 98/24/ES o kemičnih dejavnikih pri delu [27] uvaja strožje določbe o obvladovanju tveganj zaradi snovi pri delu, ki veljajo tudi za nanomateriale, saj ti spadajo pod opredelitev „snovi“. Če je nanomaterial ali material enake sestave v makrovelikosti rakotvoren ali mutagen, je treba ravnati v skladu z Direktivo 2004/37/ES o rakotvornih in mutagenih snoveh pri delu [28]. Vsekakor lahko nacionalna zakonodaja vključuje strožje določbe, zato jo je treba upoštevati.

Ker se nanomateriali štejejo za snovi, sta uredba REACH (registracija, evalvacija in avtorizacija kemikalij) [29] in uredba CLP (razvrščanje, označevanje in pakiranje snovi ter zmesi) [30] enako pomembni.

3.1 Izzivi za preprečevanje tveganj pri vzdrževanju zaradi nanomaterialov

Izvedba ocen tveganja na delovnem mestu zaradi nanomaterialov je lahko na splošno težavna zaradi trenutnih omejitev, povezanih:

1. z omejenim poznavanjem nevarnih lastnosti nanomaterialov;
2. z omejenimi metodami in napravami, ki so na voljo za ugotavljanje nanomaterialov in virov emisije ter merjenje ravni izpostavljenosti, in
3. s pomanjkanjem informacij o prisotnosti nanomaterialov, zlasti v zmesih ali izdelkih ter vzdolž uporabniške verige, kadar se uporabljajo ali predelujejo nanomateriali ali proizvodi, ki vsebujejo nanomateriale.

Varnostni listi, ki so pomembno informacijsko orodje za preprečevanje tveganj zaradi nevarnih snovi na delovnih mestih, na splošno vsebujejo malo ali nič informacij o prisotnosti nanomaterialov in njihovih značilnostih, tveganjih za delavce in preprečevanju [31–34]. To je še zlasti problematično v spodnjem delu dobavne ali izvajalske verige. Na primer, 75 % delavcev in delodajalcev v gradbeništvu se ne zaveda prisotnosti nanoproduktov na njihovem delovnem mestu [35]. Organizacijam se zato svetuje, naj stopijo v stik neposredno z dobavitelji in jih prosijo za dodatne informacije. Na voljo je tudi vrsta koristnih podatkovnih zbirk, v katerih so opredeljeni trgovski proizvodi, ki vsebujejo nanomateriale [36–38]. Poleg tega naj bi se s spremembami Priloge II k uredbi REACH [39], tj. pravnega okvira za varnostne liste, in smernicami Evropske agencije za kemikalije (ECHA) o varnostnih listih [40], ki vsebujejo dodatne nasvete, kako obravnavati značilnosti nanomaterialov, izboljšala kakovost informacij v varnostnih listih.

V e-dejstvu 72 (<https://osha.europa.eu/en/publications/e-facts/e-fact-72-tools-for-the-management-of-nanomaterials-in-the-workplace-and-prevention-measures>) so predstavljene razpoložljive smernice in

orodja za pomoč pri obvladovanju tveganj zaradi nanomaterialov v sedanjih razmerah. Vendar lahko pri vzdrževalnih delih obstajajo posebni dodatni izzivi v zvezi z obvladovanjem tveganj zaradi nanomaterialov in zaščito delavcev.

Vzdrževalna dela se pogosto oddajo v izvajanje tretjim osebam. Izvajalci svoje delo pogosto opravljajo v objektih, ki jih ne poznajo, in so lahko, če niso bili ustrezno obveščeni, izpostavljeni nanomaterialom, ne da bi se tega sploh zavedali. Zaradi pomanjkanja informacij o nanomaterialih, ki bi lahko bili prisotni v strojih (npr. v proizvodnih linijah, kjer se uporabljajo ali predelujejo nanomateriali ali proizvodi, ki vsebujejo nanomateriale), opremi (npr. sistemi za odvajanje izpušnih plinov) ali stavbah (npr. površine, premazane z barvami, ki vsebujejo nanomateriale), ki jih je treba vzdrževati, je težko oceniti tveganja in jih ustrezno preprečevati. Do takšnih primerov pride predvsem zaradi slabo načrtovanih dejavnosti, slabe organizacije dela in slabe komunikacije vzdolž izvajalske verige.

Drug izziv je povezan z dejstvom, da vzdrževanje pogosto vključuje neobičajne pogoje delovanja in uporabe opreme. Ukrepi za obvladovanje tveganj so v nekaterih primerih onemogočeni zaradi vzdrževanja, ki se izvaja, na primer, kadar se odpre zaprt sistem, da se delavcem omogoči dostop za vzdrževanje stroja, s katerim se proizvajajo ali predelujejo nanomateriali, ali kadar vzdrževanje poteka na sami tehnični napravi za obvladovanje tveganj. Smernice, ki so na voljo za preprečevanje tveganj za varnost in zdravje pri delu zaradi nanomaterialov, se običajno nanašajo na običajne pogoje delovanja, vendar je lahko izpostavljenost delavcev pri teh „neobičajnih“ pogojih delovanja precej drugačna. Če med vzdrževanjem ni ustreznih nadzornih ukrepov, so zaradi tega seveda ogroženi vzdrževalci in morda tudi delavci podjetja naročnika.

Morebitna poklicna tveganja, povezana z nanomateriali, je treba ustrezno prepoznati, oceniti in sporočiti pred načrtovanjem in izvajanjem vzdrževalnega dela (oddanega podizvajalcem) [41]. Pomembno je, da so vzdrževalci ustrezno obveščeni o prisotnosti, značilnostih, morebitnih tveganjih in ustreznih preventivnih ukrepih v zvezi z nanomateriali, ki se uporabljajo, s katerimi se ravna ali ki se predelujejo na delovnih mestih, kjer morajo izvesti vzdrževalna dela, pa tudi v zvezi s katerimi koli drugimi nevarnostmi na delovnih mestih. Bistvenega pomena so tudi ustrezno usposabljanje in navodila za delo, namenjena delavcem.

3.2 Preventivni ukrepi

Pri izbiri preventivnih ukrepov je treba izhajati iz ocene tveganj na delovnem mestu in upoštevati hierarhijo nadzornih ukrepov, pri čemer imata prednost opuščanje in nadomeščanje, ki jima sledijo tehnični ukrepi pri viru, organizacijski ukrepi in osebna varovalna oprema kot zadnje sredstvo. V primeru negotovosti glede tveganj zaradi nanomaterialov je treba pri izbiri preventivnih ukrepov uporabiti previdnostno načelo, da se prepreči izpostavljenost.

3.2.1 Opuščanje in nadomeščanje

V podjetju, kjer bo potekalo vzdrževalno delo, je treba proučiti možnosti za opustitev ali nadomestitev nevarnih nanomaterialov. Če se vzdrževanje izvaja na delovnih mestih, kjer se nanomateriali ustvarjajo ali uporabljajo zaradi koristi, ki jih prinašajo njihove posebne nanolastnosti, ali če vzdrževanje poteka na obstoječih gradbenih objektih, ki že vsebujejo nanomateriale, opustitev in nadomestitev morda ne bosta mogoči. Vendar je treba vselej upoštevati ravnovesje med želenimi lastnostmi in učinki na eni strani in tveganji za zdravje na drugi strani ter temeljito razmisliti o opustitvi in nadomestitvi. V primeru nevarnih nanomaterialov v proizvodih, ki se uporabljajo na primer za čiščenje ali popravila, je treba oceniti razpoložljivost manj nevarnih nadomestnih možnosti.

Vsekakor je treba vse oblike nanomaterialov, ki bi se lahko prenašali po zraku (kot so praški), nadomestiti s solubiliziranimi ali tekočimi oblikami, granulati, pastami ali nanomateriali, vezanimi v trdne snovi, uporabi praškov pa se je treba izogibati, kadar koli je to mogoče.

Nevarno obnašanje nanomateriala bi bilo morda mogoče zmanjšati tudi tako, da se ga spremeni, na primer s prevleko, s katero se prilagodijo prašnost, topnost in druge lastnosti.

Za opredelitev možnosti nadomestitve se lahko uporabijo posebna spletna informacijska orodja, kot je Stoffenmanager [42] ali GISBAU [43].

3.2.2 Tehnični nadzorni ukrepi

Tehnične preventivne ukrepe je treba izvajati pri viru emisije nanomaterialov. Najučinkovitejši tehnični nadzorni ukrep pri viru je zadrževanje z uporabo zaprtih sistemov ali naprav v ohišjih. Primerni lokalni odvodni prezračevalni sistemi z visoko učinkovitimi zračnimi filtri za delce (HEPA) ali filtri za skrajno

nizko prepustnost zraka (ULPA) so prav tako učinkoviti za zajemanje nanomaterialov pri viru, kadar zadrževanje ni izvedljivo.

Vendar lahko vzdrževanje v nekaterih primerih obsega pregled in popravilo teh tehničnih nadzornih naprav, zato bo njihova preventivna funkcija morda onemogočena. Na primer, kadar se zaradi vzdrževanja odpre posoda za proizvodnjo nanomaterialov (običajno zaprt sistem) in je torej odvodni sistem ustavljen, se mora vzdrževalec zanašati na osebno varovalno opremo (glej razdelek 4.4).

Lokalni (mobilni) sistemi za odvajanje zraka so lahko še posebno koristni za zaščito delavcev pred izpostavljenostjo med vzdrževanjem, na primer pri odstranjevanju barv s površin, pri katerem nastajajo delci. Učinkovitost zajemanja lokalnih odvodnih prezračevalnih sistemov pri nanomaterialih ni manjša od tiste pri grobih materialih. Pri uporabi mobilnih naprav za odvajanje zraka območje dihanja delavca ne sme biti v območju pretoka zraka med morebitnim virom emisije nanomaterialov in sistemom za odvajanje izpušnih plinov.

Prezračevalni sistemi, ki se uporabljajo za nadzor izpostavljenosti nanomaterialom, morajo imeti večstopenjske filtre s filtri HEPA (H14) ali ULPA kot zadnjim filtrom. Raziskave učinkovitosti filtrirnih materialov za nanodelce in aerosole so pokazale, da so tradicionalni filtri iz steklenih vlaken in elektretni filtri v številnih primerih na splošno učinkoviti za nanodelce in aerosole.

V zaprtih prostorih je treba izločeni zrak nadomestiti s svežim.

3.2.3 Organizacijski ukrepi

Organizacijski ukrepi imajo pomembno vlogo pri preprečevanju. Zaradi zelo različnih lokacij in nalog vzdrževanja so ustrezno načrtovanje postopkov in drugi organizacijski ukrepi ključnega pomena. To vključuje:

- določitev posebnih območij za izvajanje vzdrževalnega dela, pri katerem se lahko sproščajo nanomateriali (bodisi iz proizvodov za vzdrževanje bodisi iz predmetov, ki se bodo vzdrževali). Ta območja je treba od drugih delovnih mest izolirati ali ločiti na primer s pregradami in jasno označiti z ustreznimi znaki;
- zmanjšanje števila delavcev, ki bi lahko bili izpostavljeni nanomaterialom, in skrajšanje trajanja izpostavljenosti;
- prepoved vstopa nepooblaščenemu osebju na območje, kjer se izvajajo vzdrževalna dela, na primer s postavitvijo znakov ali zavarovanjem območja s trakovi;
- redno čiščenje (moko brisanje) delovnih prostorov, v katerih se uporabljajo nanomateriali ali se ravna z njimi;
- spremljanje stopenj koncentracije v zraku, npr. v primerjavi z običajnimi stopnjami, kadar ne poteka delo z nanomateriali.

Ker trenutno ni standardiziranega pristopa za uporabo varnostnih znakov ali označevanje delovnih mest ali vsebnikov z nanomateriali, se priporoča prizadevnost pri uporabi obstoječih opozorilnih in obvestilnih stavkov iz uredbe EU o razvrščanju, označevanju in pakiranju snovi ter zmesi (CLP) [30] ter opozorilnih znakov, da se zagotovijo ustrezne, bistvene in posebne informacije o kakršnih koli dejanskih ali morebitnih tveganjih za zdravje in varnost zaradi uporabe nanomaterialov in ravnanja z njimi.

Pri postopkih vzdrževanja je treba upoštevati nekatera splošna načela, ki veljajo ne glede na prisotnost nanomaterialov:

- načrtovanje vzdrževalnega dela mora temeljiti na oceni tveganja, vanj pa morajo biti vključeni delavci. Če vzdrževanje poteka na delovnih mestih, kjer se uporabljajo nanomateriali neznane toksičnosti in obnašanja, je to treba upoštevati. Prednost pri obvladovanju tveganj je treba dati ne samo znanim tveganjem, ampak tudi oceni in obvladovanju nanomaterialov na delovnih mestih, kjer informacije o nevarnosti in izpostavljenosti ne obstajajo, so nepopolne ali nezanesljive;
- izogibati se je treba časovnemu pritisku, tako da se predvidi dovolj časa za izvedbo vzdrževalnega dela;
- zagotoviti je treba zadostno usposabljanje, s katerim vzdrževalci pridobijo znanje in spretnosti za varno opravljanje dela in zaščito pred izpostavljenostjo kakršnemu koli sproščanju nanomaterialov;

- navodila in informacije o vzdrževanju je treba vselej zagotoviti vsem vzdrževalcem, zlasti kadar so delavci najeti samo za to nalogo in/ali kadar niso seznanjeni s kemijskimi tveganji na splošno in natančneje s tveganji zaradi nanomaterialov. Te informacije morajo biti vključene tudi v navodila za delovno mesto;
- uporabiti je treba previdnostni pristop k preprečevanju tveganj zaradi nanomaterialov; vse ukrepe, ki so na voljo, je treba izvajati v skladu s hierarhijo preventivnih ukrepov, da se zmanjša sproščanje nanomaterialov;
- po končanem vzdrževanju je treba delovno mesto očistiti in dokumentirati celoten postopek vzdrževanja.

Delavci, ki so med vzdrževanjem izpostavljeni nevarnim nanomaterialom, morajo biti vključeni v programe zdravstvenega nadzora s podrobnim dokumentiranjem primerov izpostavljenosti.

3.2.4 Osebna varovalna oprema

Osebno varovalno opremo je treba uporabljati kot zadnje sredstvo, kadar izpostavljenosti ni mogoče dovolj učinkovito zmanjšati z zgoraj navedenimi ukrepi. Če se pri oceni tveganja ugotovi, da je potrebna osebna varovalna oprema, je treba pripraviti program za uporabo osebne varovalne opreme. Dober program za uporabo osebne varovalne opreme bo vključeval naslednje: izbiro ustrezne osebne varovalne opreme, namestitvev osebne varovalne opreme, usposabljanje v zvezi z osebno varovalno opremo in njeno vzdrževanje.

Priporočila v zvezi z varovalno opremo za zaščito pred nanomateriali so trenutno enaka kot za preprečevanje izpostavljenosti prahu in aerosolom ali izpostavljenosti kože, kar je odvisno od vrste zadevne izpostavljenosti [44]. Ti zaščitni ukrepi se štejejo za enako učinkovite tudi pri nanomaterialih.

Oceniti je treba obseg dela in zdravstveno stanje uporabnika osebne varovalne opreme ter se prepričati, ali osebna varovalna oprema zagotavlja ustrezno raven zaščite in ali se lahko ustrezno uporablja. S testi, opravljenimi na osebni varovalni opremi, je treba zagotoviti, da lahko njeni uporabniki svoje delo opravljajo varno, ko jo imajo na sebi, ter da jim še vedno omogoča, da po potrebi hkrati uporabljajo drugo potrebno opremo (npr. očala) ali orodje. Upoštevati je treba, da se lahko raven zaščite, ki jo zagotavlja osebna varovalna oprema, zmanjša, če uporabnik hkrati uporablja več kompletov osebne varovalne opreme. Učinkovitost osebne varovalne opreme se lahko zmanjša tudi zaradi drugih nevarnosti, ki jih ne povzročajo nanomateriali. Zato je treba pri izbiri osebne varovalne opreme upoštevati vse nevarnosti na delovnem mestu. Vsa osebna varovalna oprema mora biti označena z oznako CE in se uporabljati v skladu z navodili proizvajalca brez kakršnega koli spreminjanja.

Vzdrževalci bodo morda morali nositi osebno varovalno opremo, ki pri običajnem delu na delovnem mestu, kjer se izvaja vzdrževanje, ni potrebna. Če se na primer odpre proizvodna posoda, v kateri se mešajo barve, ki vsebujejo nanomaterialne, mora delavec nositi respirator z dovodom zraka, s čimer se prepreči vdihavanje nanomaterialov. Posoda pri običajnem delovanju ostane zaprta, zato naprave za zaščito dihal niso potrebne.

▪ Zaščita dihal

Če izpostavljenosti nanomaterialom, ki se prenašajo po zraku, ni mogoče preprečiti s preventivnimi ukrepi, navedenimi v razdelkih od 4.1 do 4.3, se priporoča uporaba ustrezne zaščite za takšne primere izpostavljenosti. Takšna zaščita so lahko pol- ali celoobrazne maske s filtri P3/FFP3 ali P2/FFP2, naprave za filtriranje delcev s puhalom in čelado (TH2P ali MH3P) ali naprave za filtriranje delcev s puhalom in pol- ali celoobrazno masko (TM2P in TM3P)⁽²⁾ [45].

Filtri HEPA, respiratorji s filtrirnimi vložki in maske z vlaknenimi filtrirnimi materiali se štejejo za učinkovite za nanomaterialne.

Izbira opreme za zaščito dihal bo odvisna od:

- vrste, velikosti in koncentracije nanomateriala, ki se prenaša po zraku;
- zaščitnega faktorja, dodeljenega opremi za zaščito dihal (ki vključuje učinkovitost filtriranja in tesnjenje), ter

⁽²⁾ Glede na študije je penetracija nanodelcev natrijevega klorida v filtre P2 0,2-odstotna, v filtre P3 pa 0,011-odstotna. Pri testih z različnimi velikostmi grafitnih delcev se je pokazala največ 8-odstotna penetracija. To kaže na visoko zaščito filtrov P3, vendar rezultatov ni mogoče posplošiti za vse nanodelce (glej [45]).

- delovnih razmer.

Učinkovitost filtriranja respiratorjev in filtrov je pomemben dejavnik pri oceni osebne varovalne opreme. Na ublažitev izpostavljenosti lahko vplivajo tudi drugi dejavniki, kot so tesnjenje, čas nošenja in pravilno vzdrževanje osebne varovalne opreme. Pri filtrirnih polobraznih maskah se je za glavni dejavnik tveganja izkazalo neustrezno tesnjenje med obrazom in masko [44]. Zmanjšanje izpostavljenosti je treba vselej obravnavati kot kombinacijo učinkovitosti filtra in značilnosti uporabe respiratorja, ki je v nekaterih državah EU izražena s tako imenovanimi zaščitnimi faktorji.

Kadar oprema za zaščito dihal ne pokriva oči, je treba uporabiti tudi zaščito za oči (tesno prilegajoča se zaščitna očala).

▪ **Zaščitna oblačila**

Netkani tekstil (nepredušni materiali), kot je polietilen visoke gostote (nizka stopnja zadrževanja in sproščanja prahu), bi moral imeti prednost pred tkanim. Odsvetuje se uporaba zaščitnih oblačil iz bombaža [44].

Če se uporabljajo zaščitna oblačila za večkratno uporabo, kot so delovni kombinezoni, je treba poskrbeti za redno pranje in preprečevanje drugotne izpostavljenosti. Poskrbeti je treba, da so na voljo čisti kombinezoni in zaščitna oblačila ter da se umazani odstranijo tako, da se pri tem ne kontaminirajo posamezniki ali skupno delovno okolje.

▪ **Rokavice**

Rokavice so pri vzdrževanju še posebno pomembne, saj so delavci pogosto v neposrednem stiku z nanomateriali, bodisi prek proizvodov, ki jih uporabljajo, bodisi prek predmetov in materialov, ki jih vzdržujejo. Kot pri kemikalijah na splošno je učinkovitost zaščitnega materiala odvisna od značilnosti nanomaterialov. Upoštevati je treba priporočila dobaviteljev, ki se nanašajo na posamezni nanomaterial in so npr. navedena na varnostnih listih. Pri delcih titanovega dioksida in platine je bilo ugotovljeno, da so učinkoviti lateks, nitril in neopren [44]. Debelina materiala za rokavice je pomemben dejavnik pri določanju stopnje difuzije nanomateriala. Zato se priporoča uporaba dveh parov rokavic naenkrat [46].

Vendar to ne zagotavlja učinkovitosti rokavic pri ravnanju s tekočinami ali koloidi. Učinkovitost rokavic pri določenem nanomaterialu v obliki, v kateri se pojavlja na delovnem mestu (prah, tekočina itd.), je treba posebej preveriti pri dobavitelju rokavic.

3.3 Preprečevanje eksplozije in/ali požara

Nanomateriali v prahu lahko zaradi svoje majhnosti pomenijo tveganje eksplozije, ki ga pri njihovih ustreznih neobdelanih materialih tega tveganja morda ni⁽³⁾ [47]. Zato je potrebna previdnost pri ravnanju z nanoprahom ali njegovem nastajanju, npr. pri brušenju, peskanju ali poliranju materialov, ki vsebujejo nanomateriale.

Preventivni ukrepi pri nanomaterialih v prahu so v bistvu enaki kot pri katerem koli drugem eksplozivnem ali vnetljivem neobdelanem materialu in eksplozivnih prašnih oblakih, pri njih pa je treba upoštevati zahteve iz Direktive 99/92/ES o minimalnih zahtevah za izboljšanje varnosti in varstva zdravja delavcev, ki so lahko ogroženi zaradi eksplozivnega ozračja. Ti vključujejo naslednje:

- ravnanje s takšnimi materiali mora biti, kadar je mogoče, omejeno na posebna območja Ex in potekati v inertnih atmosferah;
- materiale je treba solubilizirati z navlažitvijo delovnega mesta (preprečevanje nastajanja prahu);
- z delovnega mesta je treba odstraniti opremo s hitrim vžigom in druge vire vžiga ali pogoje, ki omogočajo elektrostatično naelektritev; namesto tega je treba, kadar je to mogoče, uporabljati opremo, ki je sama po sebi varna (signalne in kontrolne sisteme, ki delujejo pri nizkem toku in nizki napetosti);
- plasti prahu je treba obrisati z mokro krpo;

⁽³⁾ Eksplozivnost večine organskih in številnih kovinskih vrst prahu se povečuje z zmanjševanjem velikosti delca. 500 µm naj bi bila zgornja meja velikosti delca eksplozivnega prašnega oblaka. Do zdaj še ni bila določena meja velikosti, pod katero je mogoče izključiti prašne eksplozije (glej [47]).

- zmanjšati je treba shranjevanje eksplozivnih ali vnetljivih materialov na delovnih mestih. Uporabijo se lahko antistatične vreče.

3.4 Preverjanje učinkovitosti preventivnih ukrepov

Oceno tveganja je treba redno obnavljati, izbiro in izvajanje ukrepov za obvladovanje tveganj pa redno preverjati ter nadzorovati njihovo učinkovitost. To pomeni zagotavljanje pravilnega delovanja celotne zaščitne opreme, kot so čisti delovni pulti ali laminarne komore, ter redno pregledovanje celotne prezračevalne opreme in njenih sistemov filtriranja. Poleg tega je treba preverjati tudi primernost osebne varovalne opreme in jo po potrebi posodobiti.

Učinkovitost ukrepa za preprečevanje tveganja je mogoče oceniti tudi z analizo koncentracije nanomaterialov v zraku pred tem ukrepom in po njem. Ravni izpostavljenosti, izmerjene v času izvajanja ukrepov za obvladovanje tveganj, se ne bi smele bistveno razlikovati od običajnih stopenj koncentracije, ko ni vira proizvedenih nanomaterialov. Uporabijo se lahko tudi druge posredne meritve učinkovitosti tehničnih preventivnih ukrepov, kot so dimni testi in/ali meritve zahtevane hitrosti.

V prihodnosti bodo morda določene mejne vrednosti za poklicno izpostavljenost nanomaterialom⁽⁴⁾ [48], vendar mora biti zmanjšanje izpostavljenosti glavni cilj obvladovanja tveganj na delovnem mestu, zato izpolnjevanje mejnih vrednosti za poklicno izpostavljenost ne zadostuje.

Viri

1. Priporočilo Komisije z dne 18. oktobra 2011 o opredelitvi nanomateriala, UL L 275, str. 38–40. Na voljo na spletnem naslovu: <http://eur-lex.europa.eu/LexUriServ/LexUriServ.do?uri=OJ:L:2011:275:0038:0040:SL:PDF>.
2. The National Institute for Occupational Safety and Health (NIOSH), *Approaches to Safe Nanotechnology - Managing the Health and Safety Concerns Associated with Engineered Nanomaterials*, Department of Health and Human Services, Centers for Disease Control and Prevention, št. publikacije 2009–125, 2009.
3. Evropska komisija (EK), *Delovni dokument služb Komisije: Vrste in uporabe nanomaterialov, vključno z varnostnimi vidiki. Spremeni dokument k Sporočilu Komisije Evropskemu parlamentu, Svetu in Ekonomsko-socialnemu odboru o drugem pregledu zakonodaje o nanomaterialih*, SWD(2012) 288 final, Bruselj, 2012. Na voljo na spletnem naslovu: <http://eur-lex.europa.eu/LexUriServ/LexUriServ.do?uri=SWD:2012:0288:FIN:EN:PDF>.
4. Evropska agencija za varnost in zdravje pri delu (EU-OSHA), *Izpostavljenost nanodelcem na delovnem mestu*, Evropska opazovalnica tveganj, pregled literature, 2009. Na voljo na spletnem naslovu: http://osha.europa.eu/en/publications/literature_reviews/workplace_exposure_to_nanoparticle_s.
5. Direktiva Sveta 89/391/EGS z dne 12. junija 1989 o uvajanju ukrepov za spodbujanje izboljšav varnosti in zdravja delavcev pri delu, UL L 183, 29.6.1989. Na voljo na spletnem naslovu: <http://eur-lex.europa.eu/LexUriServ/LexUriServ.do?uri=CELEX:31989L0391:SL:NOT>.
6. Senjen, R., „Nanomaterials - Health and Environmental Concerns“, *Nanotechnologies in the 21st century*, European Environmental Bureau, 2. izdaja, julij 2009. Na voljo na spletnem naslovu: <http://www.eeb.org/?LinkServID=540E4DA2-D449-3BEB-90855B4AE64E8CE6&showMeta=0>.
7. Nanowerk, *Introduction to Nanotechnology*, 2012. Na voljo na spletnem naslovu: http://www.nanowerk.com/nanotechnology/introduction/introduction_to_nanotechnology_1.php (ogledano 19. oktobra 2012).
8. Projekt ENRHES, *Sintetični nanodelci: Pregled varnosti za zdravje in okolje (ENRHES)*, 2009. Na voljo na spletnem naslovu: <http://ihcp.jrc.ec.europa.eu/whats-new/enrhres-final-report> (ogledano 29. aprila 2013).

⁽⁴⁾ Glej na primer Socialno-ekonomski svet Nizozemske (SER) [48], Provisional Nano Reference Values for Engineered Nanomaterials (Začasne referenčne nanovrednosti za sintetične nanomateriale), 2012, in Nanowerk [42], SAFENANO Team Complete BSI British Standards Guide to Safe Handling of Nanomaterials (Vodnik za varno ravnanje z nanomateriali), 2012.

9. Znanstveni odbor za nastajajoča in na novo ugotovljena zdravstvena tveganja (SCENIHR), *Zahteva za znanstveno mnenje o nanosrebru: varnost ter učinki na zdravje in okolje ter vloga pri odpornosti proti mikrobom*, 2012. Na voljo na spletnem naslovu: http://ec.europa.eu/health/scientific_committees/emerging/docs/scenih_r_q_027.pdf.
10. Bundesministerium für Gesundheit (BMG, avstrijsko ministrstvo za zdravje), *Nanosilber in Kosmetika, Hygieneartikeln und Lebensmittelkontaktmaterialien - Produkte, gesundheitliche und regulatorische Aspekte (Nanosrebro v kozmetiki, izdelkih za higieno in materialih v stiku z živili – Proizvodi, zdravstveni in regulatorni vidiki)*, Dunaj, 2010. Na voljo na spletnem naslovu: http://bmg.gv.at/cms/home/attachments/9/7/2/CH1180/CMS1288805248274/bmg_nanosilber_fassung_veroeffentlichung_final_mit_deckblaetter1.pdf.
11. Evropska komisija (EK), *Delovni dokument služb Komisije: Vrste in uporabe nanomaterialov, vključno z varnostnimi vidiki. Sprejemni dokument k Sporočilu Komisije Evropskemu parlamentu, Svetu in Ekonomsko-socialnemu odboru o drugem pregledu zakonodaje o nanomaterialih*, SWD(2012) 288 final, Bruselj, 3. oktober 2012. Na voljo na spletnem naslovu: <http://eur-lex.europa.eu/LexUriServ/LexUriServ.do?uri=SWD:2012:0288:FIN:EN:PDF>.
12. Luoma, S. N., *Silver Nanotechnologies and the Environment: Old Problems or New Challenges?*, the Pew Charitable Trust and the Woodrow Wilson International Center for Scholars, 2008. Na voljo na spletnem naslovu: http://www.nanotechproject.org/process/assets/files/7036/nano_pen_15_final.pdf.
13. Haase, A., Rott, S., Mantion, A., Graf, P., Plendl, J., Thünemann, A. F., Meier, W. P., Taubert, A., Luch, A., Reiser, G., „Effects of silver nanoparticles on primary mixed neural cell cultures: uptake, oxidative stress and acute calcium responses“, *Toxicology Science*, 2012, 126(2): str. 457–468.
14. Svetovna zdravstvena organizacija (SZO), *Carbon Black, Titanium Dioxide and Talc*, IARC Monographs on the evaluation of carcinogenic risks to humans, zv. 93, 2010. Na voljo na spletnem naslovu: <http://monographs.iarc.fr/ENG/Monographs/vol93/mono93.pdf>.
15. The National Institute for Occupational Safety and Health (NIOSH), „Occupational exposure to titanium dioxide“, *Current Intelligence Bulletin* 63, 2011. Na voljo na spletnem naslovu: <http://www.cdc.gov/niosh/docs/2011-160/>.
16. Napierska, D., Thomassen, L. C. J., Lison, D., Martens, J. A., Hoet, P. H., „The nanosilica hazard: another variable entity“, *Particle and Fibre Toxicology*, 2010, 7: str. 39.
17. Lauterwasser, C., *Small Size that Matter: Opportunities and Risks of Nanotechnologies*, poročilo Allianz Center for Technology in OECD, brez datuma. Na voljo na spletnem naslovu: <http://www.oecd.org/dataoecd/32/1/44108334.pdf>.
18. Murashov, V., „Occupational exposure to nanomedical applications“, *WIREs Nanomed Nanobiotechnol*, 2009, 1: str. 203–213.
19. Hanson, N., Harris, J., Joseph, L. A., Ramakrishnan, K., Thompson, T., *EPA Needs to Manage Nanomaterial Risks More Effectively*, U.S. Environmental Protection Agency, poročilo št. 12-P-0162, 2011. Na voljo na spletnem naslovu: <http://www.epa.gov/oig/reports/2012/20121229-12-P-0162.pdf>.
20. Gratieri, T., Schaefer, U. F., Jing, L., Gao, M., Kostka, K. H., Lopez, R. F. V., Schneider, M., „Penetration of quantum dot particles through human skin“, *Journal of Biomedical Nanotechnology*, 2010, 6(5): str. 586–595.
21. The National Institute for Occupational Safety and Health (NIOSH), *General Safe Practices for Working with Engineered Nanomaterials in Research Laboratories*, Department Of Health And Human Services, št. publikacije 2012–147, 2012.
22. Elvin, G., *Nanotechnology for Green Building*, Green Technology Forum, 2007. Na voljo na spletnem naslovu: http://esonnn.fr/esonnn2010/xlectures/mangematin/Nano_Green_Building55ex.pdf.
23. Responsible Nano Forum, *Nano Products - Where and How Nanotechnologies are Used Now*, brez datuma. Na voljo na spletnem naslovu: <http://www.nanoandme.org/nano-products/> (ogledano 19. oktobra 2012).
24. United States Government Accountability Office Nanotechnology (GAO), *Improved Performance Information Needed for Environmental, Health, and Safety Research* (2012). Na voljo na spletnem naslovu: <http://www.gao.gov/assets/600/591007.pdf> (ogledano 19. oktobra 2012).

25. Observatory NANO, *Coatings, Adhesives and Sealants for the Transport Industry*, 2010. Na voljo na spletnem naslovu: http://www.observatorynano.eu/project/filesystem/files/NOB_coating_adhesives_sealants_transport_final.pdf (ogledano 19. oktobra 2012).
26. Sung, J. H., Ji, J. H., Park, J. D., Song, M. Y., Song, K. S., Ryu, H. R., Yoon, J. U., Jeon, K. S., Jeong, J., Han, B. S., Chung, Y. H., Chang, H. K., Lee, J. H., Kim, D. W., Kelman, B. J., Yu, I. J., „Subchronic inhalation toxicity of gold nanoparticles“, *Particle and Fibre Toxicology*, 2011, 8: str. 16.
27. Direktiva Sveta 98/24/ES z dne 7. aprila 1998 o varovanju zdravja in zagotavljanju varnosti delavcev pred tveganji zaradi izpostavljenosti kemičnim dejavnikom pri delu (štirinajsta posebna direktiva v smislu člena 16(1) Direktive 89/391/EGS), UL L 131, 5.5.1998. Na voljo na spletnem naslovu: <http://eur-lex.europa.eu/LexUriServ/LexUriServ.do?uri=CONSLEG:1998L0024:20070628:SL:PDF>.
28. Direktiva 2004/37/ES Evropskega Parlamenta in Sveta o varovanju delavcev pred nevarnostmi zaradi izpostavljenosti rakotvornim ali mutagenim snovem pri delu (šesta posebna direktiva v skladu s členom 16(1) Direktive Sveta 89/391/EGS), UL L 158, 30.4.2004. Na voljo na spletnem naslovu: [http://eur-lex.europa.eu/LexUriServ/LexUriServ.do?uri=CELEX:32004L0037R\(01\):SL:NOT](http://eur-lex.europa.eu/LexUriServ/LexUriServ.do?uri=CELEX:32004L0037R(01):SL:NOT).
29. Uredba (ES) št. 1907/2006 Evropskega parlamenta in Sveta z dne 18. decembra 2006 o registraciji, evalvaciji, avtorizaciji in omejevanju kemikalij (REACH), o ustanovitvi Evropske agencije za kemikalije ter spremembi Direktive 1999/45/ES ter razveljavitvi Uredbe Sveta (EGS) št. 793/93 in Uredbe Komisije (ES) št. 1488/94 ter Direktive Sveta 76/769/EGS in direktiv Komisije 91/155/EGS, 93/67/EGS, 93/105/ES in 2000/21/ES, UL L 396, 30.12.2006. Na voljo na spletnem naslovu: <http://eur-lex.europa.eu/LexUriServ/LexUriServ.do?uri=CELEX:32006R1907:sl:NOT>.
30. Uredba (ES) št. 1272/2008 Evropskega parlamenta in Sveta o razvrščanju, označevanju in pakiranju snovi ter zmesi (uredba CLP), UL L 353, 31.12.2008. Na voljo na spletnem naslovu: <http://echa.europa.eu/web/guest/regulations/clp/legislation>.
31. Schneider, T., Jansson, A., Jensen, K. A., Kristjansson, V., Luotamo, M., Nygren, O., Skaug, V., Thomassen, Y., Tossavainen, A., Tuomi, T., Wallin, H., „Evaluation and control of occupational health risks from nanoparticles“, *TemaNord* 2007: 581, Nordic Council of Ministers, København, 2007. Na voljo na spletnem naslovu: http://www.norden.org/da/publikationer/publikationer/2007-581/at_download/publicationfile.
32. Borm, P., Houba, R., Linker, F., *Good Uses of Nanomaterials in the Netherlands*, predstavljeno in razdeljeno na Nano4All, 15. oktober 2008.
33. Austrian Central Labour Inspectorate (ACLI), *Use of Nano at the Workplace*, 2009. Na voljo na spletnem naslovu: http://www.arbeitsinspektion.gv.at/NR/rdonlyres/592E7E96-E136-453F-A87B-3C393FC039E1/0/Nano_Untersuchung.pdf.
34. SafeWork Australia, *An Evaluation of MSDS and Labels associated with the use of Engineered Nanomaterials*, 2010. Na voljo na spletnem naslovu: <http://safeworkaustralia.gov.au/AboutSafeWorkAustralia/Whatwedo/Publications/Pages/RP201006EvaluationOfMSDSAndLabels.aspx>.
35. van Broekhuizen, F. A., van Broekhuizen, J. C., *Nanotechnology in the European Construction Industry— State of the art 2009 - Executive Summary*, European Federation of Building and Wood Workers (Evropsko združenje gradbenih in lesnih delavcev) (EFBWW), European Construction Industry Federation (Evropsko združenje gradbene dejavnosti) (FIEC), Amsterdam, 2009. Na voljo na spletnem naslovu: <http://www.efbww.org/pdfs/Nano%20-%20GB%20Summary.pdf>.
36. Evropska potrošniška organizacija (ANEC/BEUC), *Inventory of Products Claiming to Contain Nano-silver Particles Available on the EU Market*, 2012. Na voljo na spletnem naslovu: <http://www.beuc.org/beucnoframe/Common/GetFile.asp?PortalSource=2530&DocID=24222&mfd=off&pdoc=1> (ogledano 19. oktobra 2012).
37. National Library of Medicine, Consumer Product Information Database, *The Household Products Database*, 2011. Na voljo na spletnem naslovu: <http://hpd.nlm.nih.gov/about.htm> (ogledano 19. oktobra 2012).
38. Evropska komisija (EK), *Delovni dokument služb Komisije: Vrste in uporabe nanomaterialov, vključno z varnostnimi vidiki. Sprejemni dokument k Sporočilu Komisije Evropskemu*

- parlamentu, Svetu in Ekonomsko-socialnemu odboru o drugem pregledu zakonodaje o nanomaterialih, SWD(2012) 288 final, 2012. Na voljo na spletnem naslovu: <http://eur-lex.europa.eu/LexUriServ/LexUriServ.do?uri=SWD:2012:0288:FIN:EN:PDF>.
39. Uredba Komisije (EU) št. 453/2010 z dne 20. maja 2010 o spremembi Uredbe (ES) št. 1907/2006 Evropskega parlamenta in Sveta o registraciji, evalvaciji, avtorizaciji in omejevanju kemikalij (REACH), UL L 133, 31.5.2010.
 40. Evropska agencija za kemikalije (ECHA), Smernice za pripravo varnostnih listov, december 2011. Na voljo na spletnem naslovu: http://echa.europa.eu/documents/10162/17235/sds_sl.pdf.
 41. Nunes, I. L., „The nexus between OSH and subcontracting“, *Work: A Journal of Prevention, Assessment and Rehabilitation*, 2012, 41, supplement 1: str. 3062–3068.
 42. Nizozemsko ministrstvo za socialne zadeve in zaposlovanje, *Stoffenmanager 4.5*, brez datuma. Na voljo na spletnem naslovu: <https://www.stoffenmanager.nl/> (nizozemščina, angleščina in finščina) (ogledano 3. decembra 2012).
 43. Berufsgenossenschaft der Bauwirtschaft (BG BAU), *Gefahrstoff-Informationssystem der BG BAU - GISBAU* (Informacijski sistem o nevarnih snoveh BG-BAU). Na voljo na spletnem naslovu: <http://www.gisbau.de/index.html> (ogledano 3. decembra 2012).
 44. Golanski, L., Guillot, A., Tardif, F., *Are Conventional Protective Devices such as Fibrous Filter Media, Respirator Cartridges, Protective Clothing and Gloves also Efficient for Nanoaerosols?*, DR-325/326-200801-1, Nanosafe2, 2008. Na voljo na spletnem naslovu: http://www.nanosafe.org/home/liblocal/docs/Dissemination%20report/DR1_s.pdf.
 45. Hessisches Ministerium für Wirtschaft, Verkehr und Landesentwicklung, „Sichere Verwendung von Nanomaterialien in der Lack- und Farbenbranche – Ein Betriebsleitfaden (Varna uporaba nanomaterialov v sektorju barv – smernica)“, *Schriftenreihe der Aktionslinie Hessen-Nanotech*, Band 11, 2009. Na voljo na spletnem naslovu: www.hessen-nanotech.de.
 46. Klenke, M., *First Results for Safe Procedures for Handling Nanoparticles*, DR-331 200810–6, Nanosafe2, 2008. Na voljo na spletnem naslovu: http://www.nanosafe.org/home/liblocal/docs/Dissemination%20report/DR6_s.pdf.
 47. Dyrba, B., *Explosionsschutz: Handlungsbedarf bei Nanostäuben (Zaščita pred eksplozijo: potreba po ukrepanju v zvezi z nanoprahom)*, brez datuma. Na voljo na spletnem naslovu: <http://www.arbeitssicherheit.de/de/html/fachbeitraege/anzeigen/337/Explosionsschutz-Nanostaub/> (ogledano 3. decembra 2012).
 48. Institute of Technology (OAWITA), *Assessment of the Austrian Academy of Science*, 2010. Na voljo na spletnem naslovu: <http://epub.oeaw.ac.at/ita/nanotrust-dossiers/dossier016en.pdf> (ogledano 10. junija 2011).

Dodatno gradivo

- Evropska agencija za varnost in zdravje pri delu (EU-OSHA), Spletna podatkovna zbirka študij primerov, 2012. Na voljo na spletnem naslovu: http://osha.europa.eu/sl/practical-solutions/case-studies/index_html/practical-solution?SearchableText=&is_search_expanded=True&getRemoteLanguage=en&keywords%3Alist=nanotechnology&nace%3Adefault=&multilingual_thesaurus%3Adefault=&submit=Search (ogledano 23. julija 2012).
- Industriegewerkschaft Bergbau, Chemie, Energie (IGBCE), Nanomaterialien – Herausforderung für Arbeits- und Gesundheitsschutz (Nanomateriali – izziv za zdravje in varnost pri delu), Hauptvorstand, 2011. Na voljo na spletnem naslovu: <http://www.igbce.de/download/15044-15052/2/nanomaterialien.pdf>.
- Evropska agencija za varnost in zdravje pri delu (EU-OSHA), Varno vzdrževanje v praksi, 2010. Na voljo na spletnem naslovu: <http://osha.europa.eu/en/publications/reports/safe-maintenance-TEWE10003ENC/view>.
- Evropska agencija za varnost in zdravje pri delu (EU-OSHA), Revija 12. – Zdravo delovno okolje. Evropska kampanja za varnost pri vzdrževalnih delih, 2011. Na voljo na spletnem naslovu: <http://osha.europa.eu/sl/publications/magazine/12/view>.
- Evropska agencija za varnost in zdravje pri delu (EU-OSHA), Varnost pri vzdrževalnih delih – nasveti za delodajalce, Varnost delavcev – privarčujte denar, Facts 89, 2011. Na voljo na spletnem naslovu: <https://osha.europa.eu/sl/publications/factsheets/89>.
- Health and Safety Executive (HSE), Risk Management of Carbon Nanotubes, Crown, 2009. Na voljo na spletnem naslovu: www.hse.gov.uk/pubns/web38.pdf (ogledano).