

NANOMATERIALI V ZDRAVSTVENEM SEKTORJU: POKLICNA TVEGANJA IN PREPREČEVANJE

Področje nanotehnologije se hitro razvija in uporaba nanomaterialov postaja vse običajnejša. Tako kot velja za vrsto industrijskih panog, nanotehnologija vse bolj vpliva tudi na zdravstveni sektor, kar pomeni večje tveganje za izpostavljenost delavcev nanomaterialom v njihovem delovnem okolju. Nanotehnologija in nanomateriali, ki se uporabljajo v zdravstvu, imajo lahko različne koristi; tako so se na primer miniaturizacijske tehnike in pristopi združili s kemijsko sintezo in kontrolo molekularnega stroja ter ponujajo zanimive priložnosti za preprečevanje, diagnosticiranje in zdravljenje bolezni. Vendar se področje nanotehnologije kljub stalnim raziskavam razvija hitreje kot znanje o zdravstvenih in varnostnih vidikih 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 zdravstveni delavci srečujejo z nanomateriali pri opravljanju vsakodnevnih dejavnosti na svojih delovnih mestih. Vsebuje pa tudi informacije o ukrepih, ki jih je mogoče sprejeti za preprečevanje morebitne izpostavljenosti.

1 Uvod

1.1 Zdravstveni sektor

Velik delež delovne sile EU je zaposlen v zdravstvenem sektorju. Glede na akcijski načrt za zdravstveno osebje EU [1] se priložnosti za zaposlitev v tem sektorju povečujejo zaradi staranja prebivalstva in posledičnega vse večjega povpraševanja po zdravstveni oskrbi.

Zdravstveni sektor sestavljajo podjetja in javne službe, ki neposredno ali posredno zagotavljajo različne vrste zdravstvenih storitev, kot so diagnosticiranje, zdravljenje in preventiva. Kraji opravljanja zdravstvenih storitev so lahko različni ter lahko vključujejo bolnišnice, zobozdravstvene ambulante, mobilne enote za nujno medicinsko pomoč in domove. To e-dejstvo se nanaša predvsem na osebe, ki neposredno zagotavljajo zdravstvene storitve (npr. zdravnike, medicinske sestre ali farmacevte), pa tudi na delavce, ki so tesno povezani z zdravstvenim sektorjem, na primer osebe, ki delajo v laboratorijih, ali delavce, ki so odgovorni za čiščenje. Upravni delavci ali delavci, ki proizvajajo medicinsko opremo, ne spadajo na področje tega e-dejstva in zato niso zajeti v njem.



Avtorica: Raya Gergovska

1.2 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 v zdravstvenem sektorju.

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 okoli oceni tveganja nanomaterialov upoštevati tudi take aglomerate ali agregate [3, 4].

Velik delež nanomaterialov se proizvaja in daje na trg, ker imajo posebne lastnosti in obnašanje, ki so predvsem posledica njihove majhnosti in torej povečanega razmerja med površino in prostornino ali drugih značilnosti, kot so spremenjene (prevlečene) površine ali posebna morfologija (oblika delca). To e-dejstvo bo osredotočeno samo na proizvedene nanomateriale, ki jih najdemo v zdravstvenem sektorju, in ne bo vključevalo tistih, ki se pojavljajo kot nenamerne posledice človekovih dejavnosti, kot so nanodelci v izpušnih plinih dizelskih motorjev.

2 Nanomateriali v zdravstvenem sektorju

Ko nanomateriali pridejo v telo, lahko krožijo po njem, tako da vstopajo v žile in izstopajo iz njih, vstopajo v celice ter reagirajo z biomolekulami na površini celic in v celicah v številnih delih človeškega telesa [5]. Zaradi te sposobnosti nanomateriali v zdravstvu omogočajo nove načine odkrivanja, zdravljenja in preprečevanja bolezni.

Glavne koristi uporabe nanomaterialov v zdravstvu so naslednje: topnost (za sicer netopna zdravila), nosilci hidrofobnih snovi, večfunkcijska sposobnost, aktivno in pasivno ciljanje, ligandi (ločevanje po velikosti) in zmanjšana toksičnost [6]. Poleg tega se nanomateriali zaradi svojih posebnih lastnosti uporabljajo tudi v diagnostičnih pripomočkih, sredstvih in metodah za slikanje ter za vsadke in produkte tkivnega inženiringa.

Lastnosti in obnašanje nanomaterialov torej omogočajo diagnosticiranje, spremljanje, zdravljenje in preprečevanje bolezni, kot so bolezni srca in ožilja, rak, mišično-kostna obolenja in vnetja, nevrodegenerativne in duševne bolezni, sladkorna bolezen in nalezljive bolezni (npr. bakterijske in virusne okužbe, kot je HIV (humani imunodeficientni virus)). [7]

V preglednici 1 so podrobno predstavljeni nekateri nanomateriali, ki se že uporabljajo v zdravstvenem sektorju.

⁽¹⁾ Povzeto po Priporočilu 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 nanocevke z eno ali več zunanjimi merami pod 1 nm obravnavati kot nanomateriale.“

Preglednica 1: Glavne vrste nanomaterialov, ki se uporabljajo v zdravstvu

Vrsta nanomateriala	Uporaba v zdravstvu
Kovinski delci (npr. železov (III) oksid, zlato ali srebro)	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Hipertermično zdravljenje raka ▪ Selektivne magnetne bioseparacije ▪ Prevlčeni s protitelesi za celično specifične antigene za ločevanje od obdajajoče matrike ▪ Študije membranskega transporta ▪ Dostava zdravil ▪ Kontrastno sredstvo za slikanje z magnetno resonanco
Srebrni nanodelci	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Protimikrobno sredstvo ▪ Vključeni v najrazličnejše medicinske pripomočke, vključno s kostnim cementom, kirurškimi instrumenti, kirurškimi maskami
Zlati nanodelci	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Izboljšajo topnost zdravil ▪ Omogočajo nadaljnjo konjugacijo
Ogljikovi nanomateriali (fulereni in ogljikove nanocevke)	<ul style="list-style-type: none"> ▪ „Buckyballs“ (strukture v obliki nogometne žoge iz 60 ogljikovih atomov) se uporabljajo v sistemih dostave zdravil za optimalni transport in sprostitvev zdravila na ciljanem mestu v telesu [5] ▪ Prevlčke za protetiko in kirurške vsadke ▪ Funkcionalizirane ogljikove nanocevke: <ul style="list-style-type: none"> ○ za terapevtsko dostavo ○ za biomedicinsko uporabo, kot so žilne opornice ter rast in regeneracija nevronov ○ gensko zdravljenje, ker se lahko veriga DNK veže na nanocevko
Kvantne pike	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Označujejo številne biomolekule za spremljanje kompleksnih celičnih sprememb in dogodkov, povezanih z boleznimi ▪ Tehnologija za optiko [8] ▪ Tehnologije za diagnosticiranje in presejanje bolezni
Dendrimeri	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Polimerizirane makromolekule – visoko razvejane strukture z notranjimi nanoluknjami ali kanali, katerih lastnosti se razlikujejo od tistih na zunanji strani ▪ Uporabljajo se kot nosilci za najrazličnejša zdravila (npr. proti raku, protivirusna, protibakterijska itd.) z zmožnostjo izboljšanja topnosti in biorazpoložljivosti slabo topnih zdravil
Lipidni nanodelci	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Lahko se zlijejo s celično membrano in tako dostavijo molekule v celice
Keramični nanodelci	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Anorganski sistemi, ki se uporabljajo kot dostavni sistemi za zdravila (če so porozni in biozdružljivi); uporabljajo se v kozmetiki (cinkov oksid, titanov oksid)
Nanocevke, nanožice, magnetni nanodelci	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Tehnologije za diagnosticiranje in presejanje bolezni, vključno z „laboratorijem na čipu“ [8]

Pripravili avtorji na podlagi različnih virov [5, 6, 8–11].

Časovni okvir od izuma medicinske naprave ali zdravila do njegove sprostitve za klinično uporabo je zelo dolg. Vendar se trenutno razvijajo nekatere vrste uporabe nanotehnologije, ki bodo kmalu na voljo. Te bodo na primer vključevale izboljšano slikanje v medicini [5], uporabo podkožnih čipov, ki omogočajo stalno spremljanje ključnih parametrov, kot so utrip, temperatura in višina glukoze v krvi [5], ter zmanjšanje rasti in prenosa patogenov [8].

3 Tveganja, ki jih nanomateriali pomenijo za zdravstvene delavce

Čeprav lahko nanomateriali v zdravstvenem sektorju bolnikom ponudijo številne koristi, so lahko zdravstveni delavci zaradi njih izpostavljeni novim tveganjem.

Še vedno obstaja vrzel v informacijah, ki so no voljo v zvezi s toksičnostjo proizvedenih nanomaterialov, zaradi česar je težko izvesti ocene tveganja (glej e-dejstvo 72, ki je na voljo na naslovu: (<https://osha.europa.eu/en/publications/e-facts/e-fact-72-tools-for-the-management-of-nanomaterials-in-the-workplace-and-prevention-measures/view>), o orodjih za obvladovanje tveganj pri nanomaterialih). Glavni izziv je razumeti morebitne nevarnosti, s katerimi se lahko zdravstveni delavci srečujejo pri delu s proizvedenimi nanomateriali ali nanonapravami. Zaradi edinstvenih lastnosti teh materialov v nanovelikosti – ki so povezane predvsem s njihovo majhnostjo, pa tudi z obliko delcev, kemijsko sestavo, stanjem površine (npr. specifična površina, funkcionalizacija površine, obdelava površine) in stopnjo agregacije ali aglomeracije [8, 12] – je pričakovati, da bodo njihova interakcija s človeškim telesom in posledično njihovi učinki na zdravje drugačni od interakcije in učinkov, povezanih z enakimi materiali iste sestave v makrovelikosti. Zato to vzbuja skrb glede učinkov na zdravje, ki bi lahko bili posledica poklicne izpostavljenosti nanomaterialom.

Nanomateriali lahko v običajnih okoljskih razmerah tvorijo aglomerate ali agregate, večje od 100 nm, s čimer se spremenijo (ne pa tudi nujno izgubijo) svoje 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 [8, 12]. 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 [13]. 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 [14].

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 [8, 12].

Nanomateriali lahko v človeško telo vstopijo na različne načine, ki lahko pomenijo tveganje za zdravje pri delu:

- **vdihavanje** je najpogostejši način izpostavljenosti nanodelcem, ki se prenašajo po zraku, na delovnem mestu [15, 16]. 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 nanomateriala, saj je mogoče pogoltniti vdihane delce, ki se iz respiratornega trakta izločijo prek mukociliarnega dvigala [15, 16]. 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 [15, 16]. Nepoškodovana koža se zdi dobra ovira za prehajanje nanomaterialov [17]. 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.

Nanomateriali lahko v človeško telo pridejo tudi parenteralno⁽²⁾; po nesreči z vbodom z iglo, urezninami in drugimi poškodbami kože [15].

Glede na dejavnosti, ki se izvajajo v zdravstvenem sektorju, bodo nanomaterialom najverjetneje izpostavljeni delavci, ki pripravljajo ali dajejo nanozdravila ali delajo na območjih, kjer se ta zdravila uporabljajo, saj zlahka prihajajo v stik s temi sredstvi, ki se prenašajo po zraku (npr. farmacevtsko in negovalno osebje, zdravniki, delavci čistilnega servisa, odpremno in sprejemno osebje).

Drugi primeri izpostavljenosti nanomaterialom v zdravstvu [15] se lahko pojavijo pri:

- odstranjevanju izločkov bolnikov, ki prejemajo nanozdravila;
- razlitjih nanomateriala;
- ravnanju s predmeti, kontaminiranimi z nanomateriali;
- zaužitju hrane in pijače, ki je bila v stiku z nanozdravili, ter
- čiščenju in vzdrževanju prostorov, v katerih se ravna z nanozdravili.

Izpostavljenost je mogoča tudi pri zobozdravstvenih in kirurških postopkih, ki vključujejo rezanje, vrtnanje, drobljenje in poliranje uporabljenih medicinskih materialov, ki vsebujejo nanomateriale. Primer take izpostavljenosti je zdravljenje zobne gnilobe v zobozdravstvu, ki običajno poteka z uporabo polnil, ki vsebujejo nanomateriale (npr. nanokeramična polnila) in se prilagodijo anatomski obliki z brušenjem površine z visokohitrostnimi orodji. Pri tem postopku obstaja tveganje, da se nanodelci prenesejo v zrak ter da jih vdihavajo bolnik in zdravstveno osebje.

Nekatera morebitna tveganja za varnost in zdravje pri delu, ki jih povzročajo nanomateriali v zdravstvenem sektorju, so predstavljena v preglednici 2.

Preglednica 2: Primeri nanomaterialov, ki se uporabljajo v zdravstvenem sektorju, in njihove morebitne nevarnosti za zdravje ter tveganja za varnost in zdravje pri delu

Primer nanomaterialov	Morebitne nevarnosti za zdravje ter tveganja za varnost in zdravje pri delu
Ogljikovi nanomateriali	Obstajajo dokazi, da lahko nekatere vrste ogljikovih nanomaterialov pri vdihavanju povzročijo nastanek pljučnih bolezni in podobne učinke kot azbest [9].
Dendrimeri	Kljub obsežni uporabnosti na farmacevtskem področju, na primer pri dostavi zdravil proti raku, je uporaba dendrimerov v človeškem telesu omejena zaradi njihove inherentne toksičnosti [11]. Ugotovljen je bil primer kontaktnega dermatitisa, podobnega multififormnemu eritemu, zaradi izpostavljenosti dendrimerom [14].
Srebrni nanodelci	Glede na ugotovitve projekta ENRHES [18] uporaba srebrnih nanodelcev pomeni morebitno nevarnost za zdravje ljudi, vendar je študija njihove toksičnosti še v povojih. 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 [19]. Pojavljajo se resni pomisleki, ker lahko srebrni nanodelci v velikih odmerkih povzročijo škodljive učinke za zdravje, kot so pljučni edemi in kožni madeži [3]. Pri

⁽²⁾ Če se zdravilo ali druga snov v telo vnese parenteralno, se v telo ne vnese prek gastrointestinalnega trakta (npr. injiciranje).

	<p>daljši izpostavljenosti ljudi nanosrebru so najpogosteje pojavi argirija ali argiroza (tj. sivo ali sivo-modro obarvanje ali črna pigmentacija kože, nohtov, oči, sluznice ali notranjih organov zaradi odloženega srebra) [20]. Gre za nepovratna in neozdravljiva stanja [20].</p> <p>V zdravstvenem sektorju se nanosrebro uporablja kot protibakterijsko sredstvo pri obvezah ran, da je mogoče bolnike s hudimi opekljinami zaščititi pred okužbami. Taka uporaba pomeni eno od glavnih tveganj za izpostavljenost zdravstvenih delavcev. Poleg tega so bili izraženi pomisleki v zvezi s posrednimi škodljivimi učinki nanosrebra na zdravje ljudi zaradi vse večje odpornosti mikroorganizmov na srebro [19].</p> <p>Pri raziskavah, opravljenih na podganah, je bilo ugotovljeno, da lahko nanodelci dosežejo možgane prek zgornjega respiratornega trakta [12].</p>
Titanov dioksid (TiO ₂)	<p>International Agency for Research on Cancer (Mednarodna agencija za raziskave raka – IARC) je delce TiO₂ v primeru vdihavanja razvrstila v skupino 2B „Snov je morda rakotvorna za človeka“ [21]. The National Institute for Occupational Safety and Health (Nacionalni inštitut za varnost in zdravje pri delu – NIOSH) iz ZDA je priporočil nižjo mejo izpostavljenosti za ultrafine delce TiO₂: 0,3 mg/m³ za nanodelce TiO₂ (< 100 nm) v primerjavi z 2,4 mg/m³ za fine delce (> 100 nm) [22].</p>
Zlati nanodelci	<p>Proučevala se je toksičnost zlatih nanodelcev, ki so jih vdihavale podgane, ter opazovalo kopičenje v pljučih in ledvicah [23].</p>

Vir: pripravili avtorji.

Aerosolizacija nanoprahu ali vnetljivih delcev lahko poleg tveganj za zdravje pomeni tudi tveganje za eksplozijo ali požar.

Pomembno je pravilno oceniti in obvladovati morebitna tveganja za varnost in zdravje pri delu zaradi uporabe nanomaterialov v zdravstvenem sektorju, da se ustrezno zagotovita varnost in zdravje delavcev.

4 Preprečevanje

V skladu z Direktivo EU 89/391/EGS [24] 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 [25] uvaja strožje določbe o obvladovanju tveganj zaradi snovi pri delu, ki veljajo tudi za nanomateriale, saj ti spadajo pod opredelitev „snovi“.

Zato obvezna ocena tveganja na delovnem mestu in hierarhija nadzornih ukrepov (opuščanje, nadomeščanje, tehnični ukrepi pri viru, organizacijski ukrepi in osebna varovalna oprema kot zadnje sredstvo), ki sta predpisani v teh direktivah za varstvo delavcev, veljata tudi za delovna mesta v zdravstvenem sektorju in nanomateriale.

Če je nanomaterial ali material enake sestave v makrovelikosti rakotvoren ali mutagen, je poleg tega treba ravnati v skladu z Direktivo 2004/37/ES o rakotvornih in mutagenih snoveh pri delu [26]. Vsekakor lahko nacionalna zakonodaja vključuje strožje določbe, zato jo je treba upoštevati.

Vendar je lahko izvedba ocene tveganja na delovnem mestu zaradi nanomaterialov na splošno težavna zaradi trenutnih omejitev, povezanih s/z:

1. poznavanjem nevarnih lastnosti nanomaterialov;
2. metodami in napravami, ki so na voljo za ugotavljanje nanomaterialov in virov emisije ter merjenje ravni izpostavljenosti, in

3. informacijami 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 [13, 27–29]. Organizacijam se zato svetuje, naj stopijo v stik z dobavitelji in jih prosijo za dodatne informacije.

Ker se poleg tega nanomateriali štejejo za snovi, sta uredba REACH (registracija, evalvacija in avtorizacija kemikalij) [30] in uredba CLP (razvrščanje, označevanje in pakiranje snovi ter zmesi) [41] enako pomembni. S spremembami Priloge II k uredbi REACH [31], tj. pravnega okvira za varnostne liste, in smernicami Evropske agencije za kemikalije (ECHA) o varnostnih listih [32], ki vsebujejo dodatne nasvete, kako obravnavati značilnosti nanomaterialov, naj bi se 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 okviru trenutnih omejitev in najnovejših raziskav. Posebne smernice za preprečevanje tveganj za varnost in zdravje pri delu zaradi nanomaterialov v zdravstvenem sektorju trenutno niso na voljo. Vendar ukrepi, ki se priporočajo v drugih sektorjih (npr. za raziskovalne laboratorije [33]), delno veljajo tudi za zdravstveni sektor, v katerega je mogoče prenesti še glavna načela in pristope.

4.1 Opuščanje in nadomeščanje

Kot pri vseh drugih nevarnih snoveh bi morala imeti opuščanje in nadomeščanje prednost pred drugimi preventivnimi ukrepi (tj. cilj je preprečiti, da bi bili delavci izpostavljeni nanomaterialom). Vendar se v številnih primerih kemične snovi, zdravila ali naprave, ki vsebujejo nanomateriale, v zdravstvenem sektorju uporabljajo zaradi svojih posebnih lastnosti in izpolnjevanja posebne funkcije. Če torej v takih primerih nanomaterial pomeni tveganje za zdravstvene delavce, njegova opustitev ali nadomestitev z drugim manj nevarnim sredstvom morda ne bo izvedljiva, saj nadomestek morda ne bo imel enakih zelenih lastnosti in (pozitivnih) učinkov. Vendar je treba vselej upoštevati ravnovesje med zelenimi lastnostmi in učinki na eni strani in tveganji za zdravje na drugi strani ter temeljito razmisliti o opustitvi in nadomestitvi. Poleg tega bi bilo morda mogoče:

- preprečiti prisotnost nanomaterialov, ki bi se lahko prenašali po zraku (kot so praški ali prah), tako da se uporabi manj nevarna oblika, npr. s solubilizacijo nanomaterialov v prahu v tekočine, paste, granulate ali spojine ali z vezavo v trdne snovi, in
- zmanjšati nevarno obnašanje s spremembo površine nanomateriala, na primer s prevleko, da se prilagodijo prašnost, topnost in druge lastnosti.

4.2 Tehnični nadzorni ukrepi

Zaradi narave dela v zdravstvenem sektorju večina delovnih mest, kot so bolniške sobe v bolnišnicah ali celo domovi bolnikov, nima tehničnih sistemov za zmanjševanje ali preprečevanje izpostavljenosti nanomaterialom pri viru, na primer zaprtih sistemov, ki ustvarjajo fizično oviro med osebo in nanomaterialom. Vendar so tehnični nadzorni ukrepi pri viru izvedljivi pri drugih postopkih, kot je priprava zdravil, ki vsebujejo nanomateriale, npr. tablet ali mazil v komori z rokavicami.

Čisti delovni pultji z visoko učinkovitimi zračnimi filtri za delce (HEPA) so še en učinkovit ukrep preprečevanja tveganj pri dejavnostih, kot je priprava nanozdravil, vzorcev tkiv bolnikov, telesnih tekočin ali izločkov, ki bi lahko vsebovali nanomateriale (če se bolnik zdravi z nanozdravili), ali pri pripravi ali analizi vzorcev, pri kateri se uporabljajo analitske kemikalije, ki vsebujejo nanomateriale. Izpostavljenost razlitju, prahu ali pari nanomaterialov iz vzorcev ali proizvodov za pripravo vzorcev je treba nadzorovati z uporabo visoko zmogljivih sistemov prezračevanja v kombinaciji z osebno varovalno opremo, predvsem rokavicami in maskami (glej razdelek 4.4).

Običajno so v laboratorijih, operacijskih dvoranah ali na območjih z visokimi varnostnimi standardi (npr. zaradi tveganja okužbe) ter v prostorih za shranjevanje nameščeni lokalni odvodni prezračevalni sistemi. Tak sistemi zajamejo tudi nanomateriale. Vendar se pri nanomaterialih priporoča uporaba

običajnih večstopenjskih filtrov z visoko učinkovitimi zračnimi filtri za delce (HEPA H14) ali filtri za skrajno nizko prepustnost zraka kot zadnjim filtrom pred ponovnim dovajanjem izločenega zraka. Vsekakor je treba oceniti primernost vzpostavljenih sistemov filtriranja.

4.3 Organizacijski ukrepi

Ukrepi preprečevanja tveganj na delovnih mestih v zdravstvenem sektorju, kjer se uporabljajo nevarni nanomateriali, vključujejo:

- območja ali delovna mesta, ki so posebej namenjena ravnanju z nanomateriali in ločena od drugih delovnih mest ter jasno označena z ustreznimi znaki;
- zmanjšanje števila delavcev, ki so izpostavljeni nanomaterialom;
- zmanjšanje trajanja izpostavljenosti delavcev nanomaterialom;
- prepoved vstopa nepooblaščenemu osebju;
 - redno čiščenje (moko brisanje) delovnih prostorov, v katerih se uporabljajo nanomateriali ali se ravna z njimi, in
 - spremljanje stopenj koncentracije v zraku, npr. v primerjavi z običajnimi stopnjami, kadar ne poteka delo z nanomateriali.



Avtor: Jim Holmes

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) [41] 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.

Poleg tega je treba upoštevati nekatera splošna načela, ki veljajo ne glede na prisotnost nanomaterialov:

- načrtovanje dela mora temeljiti na oceni tveganja, vanj pa morajo biti vključeni delavci. Če delo 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;
- zagotoviti je treba zadostno usposabljanje, s katerim delavci pridobijo znanje in spretnosti za varno opravljanje dela in zaščito pred izpostavljenostjo kakršnemu koli sproščanju nanomaterialov;
- navodila in informacije je treba vselej zagotoviti vsem delavcem, zlasti kadar so delavci najeti samo za eno nalogo in/ali kadar niso seznanjeni s kemijskimi tveganji na splošno in natančneje s tveganji zaradi nanomaterialov (npr. čistilno osebje, študentje pomočniki). To mora vključevati zaščitne ukrepe, na primer, kako varno ravnati s farmacevtskimi izdelki ali vzorci, ki vsebujejo nanomaterialne, brusiti ali polirati polnila in površine, ki vsebujejo nanomaterialne, ter odstranjevati proizvode. 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.

Delavci, ki delajo s potencialno nevarnimi nanomateriali ali so jim drugače izpostavljeni, morajo biti vključeni v programe zdravstvenega nadzora s podrobnim dokumentiranjem primerov izpostavljenosti.

4.4 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. Delavci v zdravstvenem sektorju bodo pri svojih dejavnostih verjetno uporabljali osebno varovalno opremo zaradi drugih tveganj za zdravje (npr. biološka sredstva)⁽³⁾ [34]. Vendar je treba pri osebni varovalni opremi, ki se uporablja, oceniti njeno primernost za nanomateriale.

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.

4.4.1 Zaščita dihal

Pri dejavnostih, pri katerih so prisotni nanomateriali, ki se prenašajo po zraku, na primer brušenju ali rezanju mostičkov ali vsadkov, ki vsebujejo nanomateriale, lokalni odvodni prezračevalni sistemi morda ne bodo zadostovali. V takih primerih je treba uporabiti zaščito za dihala. Filtri HEPA, respiratorji s filtrirnimi vložki in maske z vlaknenimi filtrirnimi materiali učinkovito filtrirajo nanomateriale, ki se prenašajo po zraku. Pol- ali celoobrazne maske s filtri P3/FFP3 ali P2/FFP2 se štejejo za učinkovite pri zaščiti pred takšno izpostavljenostjo. Filtri z zaščitnim faktorjem 3 zagotavljajo boljšo zaščito kot filtri s faktorjem 2 [35, 36]. Obrazne maske se morajo prilegati dovolj tesno [36] – pri vseh uporabnikih je treba poskrbeti za redne teste tesnjenja.

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
- delovnih razmer.

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

4.4.2 Rokavice

Uporaba rokavic je v zdravstvenem sektorju običajna. Za zaščito pred kemičnimi nevarnostmi na splošno se lahko uporabljajo samo rokavice, ki izpolnjujejo zahteve iz serije standardov EN 374⁽⁴⁾. Pri nanomaterialih je bilo ugotovljeno, da so učinkovite rokavice iz sintetičnih polimerov, kot so lateks, nitril ali neopren [36]. Učinkovitost rokavic pri določenem nanomaterialu bo odvisna od oblike, v kateri

⁽³⁾ Evropska Direktiva 89/686/EGS ureja zasnovno in uporabo osebne varovalne opreme ter zagotavlja, da izpolnjuje svojo predvideno funkcijo varovanja delavcev pred določenimi tveganji.

⁽⁴⁾ EN 374-1:2003: Varovalne rokavice za zaščito pred kemikalijami in mikroorganizmi – 1. del: Izrazje in zahteve za izdelavo; EN 374-2:2003: Varovalne rokavice za zaščito pred kemikalijami in mikroorganizmi – 2. del: Ugotavljanje odpornosti proti penetraciji; EN 374-3:2003: Varovalne rokavice za zaščito pred kemikalijami in mikroorganizmi – 3. del: Ugotavljanje odpornosti proti pronicanju kemikalij.

se pojavlja na delovnem mestu (prah, tekočina itd.), to pa je treba posebej preveriti pri dobaviteljnih rokavic. Debelina materiala za rokavice je pomemben dejavnik pri določanju stopnje difuzije nanomateriala. Zato se priporoča uporaba dveh parov rokavic naenkrat [37].

4.4.3 Zaščitna oblačila

Netkani tekstil (nepredušni materiali), kot je polietilen visoke gostote (nizka stopnja zadrževanja in sproščanja prahu), bi moral imeti prednost pred tkanim, izogibati pa se je treba tudi zaščitnim oblačilom iz bombaža [36].

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.

4.5 Preprečevanje eksplozije in/ali požara

Nanomateriali v prahu lahko zaradi svoje majhnosti pomenijo tveganje eksplozije, ki ga pri njihovih ustreznih neobdelanih materialih morda ni⁽⁵⁾ [38]. Previdnost je potrebna, kadar nastaja nanoprah (npr. pri brušenju ali poliranju mostičkov ali vsadkov, ki vsebujejo nanomaterialne) ali pri ravnanju z njim (npr. pri mešanju, čiščenju ali odstranjevanju takšnega prahu).

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:

- farmacevti morajo na primer ravnanje s takšnimi materiali omejiti na posebna območja Ex in, če je mogoče, delo opravljati 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 in
- zmanjšati je treba shranjevanje eksplozivnih ali vnetljivih materialov na delovnih mestih. Uporabijo se lahko antistatične vreče.

4.6 Preverjanje učinkovitosti 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 pult 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.

⁽⁵⁾ 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.

V prihodnosti bodo morda določene mejne vrednosti za poklicno izpostavljenost nanomaterialom⁽⁶⁾ [39, 40], vendar mora biti zmanjšanje izpostavljenosti glavni cilj obvladovanja tveganj na delovnem mestu, zato izpolnjevanje mejnih vrednosti za poklicno izpostavljenost ne zadostuje.

Viri

1. Evropska komisija (EK), *Delovni dokument služb Komisije o akcijskem načrtu za zdravstveno osebje EU*, SWD(2012) 93 final, Strasbourg, 18. april 2012. Na voljo na spletnem naslovu: http://ec.europa.eu/dgs/health_consumer/docs/swd_ap_eu_healthcare_workforce_en.pdf.
2. 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>.
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, 3. oktober 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_nanoparticles.
5. 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>.
6. Kale, S. N., *Nanomaterials and their Applications in Healthcare*, predstavitev na delavnici SISSA, ICS-UNIDO, o računalniško podprtem načrtovanju in odkrivanju zdravil za države v razvoju, 2009.
7. Filipponi, L., Sutherland, D., *Medicine and Healthcare. Module 2 – Applications of Nanotechnologies*, Interdisciplinary Nanoscience Centre (iNANO), 2010. Na voljo na spletnem naslovu: <http://nanoyou.eu/>.
8. Ellis, J. R., *Nanomaterials and Their Potential in Therapy*, 2012. Na voljo na spletnem naslovu: <http://www.mddionline.com/blog/devicetalk/nanomaterials-and-their-potential-therapy> (ogledano 20. oktobra 2012).
9. 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).
10. Mody, V. V., Siwale, R., Singh, A., Mody, H. R., „Introduction to metallic nanoparticles“, *Journal of Pharmacy & BioAllied Science*, 2012, 2(4): str. 282–289.
11. Jain, K., Kesharwani, P., Gupta, U., Jain, N. K., „Dendrimer toxicity: let's meet the challenge“, *International Journal of Pharmaceutics*, 2010, 394(1–2): str. 122–142.
12. Haase, A., Rott, S., Manton, 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“, *Toxicological Sciences*, 2012, 126(2): str. 457–468.

⁽⁶⁾ Glej na primer Socialno-ekonomski svet Nizozemske (SER) (2012), Provisional Nano Reference Values for Engineered Nanomaterials (Začasne referenčne nanovrednosti za sintetične nanomaterialne), in Nanowerk (2012), SAFENANO Team Complete BSI British Standards Guide to Safe Handling of Nanomaterials (Vodnik za varno ravnanje z nanomateriali).

13. SafeWork Australia, *An Evaluation of MSDS and Labels Associated with the Use of Engineered Nanomaterials*. Na voljo na spletnem naslovu: <http://safeworkaustralia.gov.au/AboutSafeWorkAustralia/Whatwedo/Publications/Pages/RP201006EvaluationOfMSDSAndLabels.aspx>.
14. Toyama, T., Matsuda, H., Ishida, I., Tani, M., Kitaba, S., Sano, S., Katayama, I., „A case of toxic epidermal necrolysis-like dermatitis evolving from contact dermatitis of the hands associated with exposure to dendrimers“, *Contact Dermatitis*, 2008, 59(2): str. 122–123.
15. Murashov, V., „Occupational exposure to nanomedical applications“, *WIREs Nanomedicine and Nanobiotechnology*, 2009, 1: str. 203–213.
16. 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.
17. 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.
18. Projekt ENRHES, Evropska komisija (EK), *Sintetični nanodelci: Pregled varnosti za zdravje in okolje (ENRHES)*, 2009. Na voljo na spletnem naslovu: <http://ihcp.jrc.ec.europa.eu/whats-new/enhres-final-report>.
19. 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/scenihr_q_027.pdf.
20. 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.
21. 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>.
22. 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/>.
23. 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.
24. Direktiva Sveta z dne 12. junija 1989 o uvajanju ukrepov za spodbujanje izboljšav varnosti in zdravja delavcev pri delu (89/391/EGS), UL L 183, 29.6.1989. Na voljo na spletnem naslovu: <http://eur-lex.europa.eu/LexUriServ/LexUriServ.do?uri=CONSLEG:1989L0391:20081211:SL:PDF>.
25. 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). Na voljo na spletnem naslovu: <http://eurlex.europa.eu/LexUriServ/LexUriServ.do?uri=CONSLEG:1998L0024:20070628:SL:PDF>.
26. Direktiva 2004/37/ES Evropskega Parlamenta in Sveta z dne 29. aprila 2004 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). Na voljo na spletnem naslovu: <http://eur-lex.europa.eu/LexUriServ/LexUriServ.do?uri=CELEX:32004L0037R%2801%29:SL:HTML>.

27. 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.
28. Borm, P., Houba, R., Linker, F., *Good Uses of Nanomaterials in the Netherlands*, 2008. Na voljo na spletnem naslovu: <http://www.nano4all.nl/Reporsshortsummary.pdf>.
29. 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.
30. 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>.
31. 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. Na voljo na spletnem naslovu: <http://eur-lex.europa.eu/LexUriServ/LexUriServ.do?uri=CELEX:32010R0453:SL:NOT>.
32. 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.
33. Centers for Disease Control and Prevention (CDC), *General Safe Practices for Working with Engineered Nanomaterials in Research Laboratories*, DHHS (NIOSH), št. publikacije 2012–147. Na voljo na spletnem naslovu: <http://www.cdc.gov/niosh/docs/2012-147/>.
34. Direktiva 89/656/EGS z dne 30. novembra 1989 o minimalnih zdravstvenih in varnostnih zahtevah za osebno varovalno opremo, ki jo delavci uporabljajo na delovnem mestu (tretja posebna direktiva v smislu člena 16(1) Direktive 89/391/EGS). Na voljo na spletnem naslovu: <https://osha.europa.eu/sl/legislation/directives/workplaces-equipment-signs-personal-protective-equipment/osh-directives/4>.
35. 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.
36. 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.
37. 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.
38. 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).
39. The Social and Economic Council of the Netherlands (SER), *Provisional Nano Reference Values for Engineered Nanomaterials*, 2012. Na voljo na spletnem naslovu: http://www.ser.nl/en/sitecore/content/Internet/en/Publications/Publications/2012/2012_01.aspx (ogledano 20. oktobra 2012).

40. Nanowerk, *SAFENANO Team Complete BSI British Standards Guide to Safe Handling of Nanomaterials*, 2012. Na voljo na spletnem naslovu: <http://www.nanowerk.com/news/newsid=4136.php> (ogledano 20. oktobra 2012).
41. 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>.

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.saarbruecken.igbce.de/portal/binary/com.epicentric.contentmanagement.servlet.ContentDeliveryServlet/site_www.igbce.de/static_files/PDF-Dokumente/Schwerpunktthemen/Nanotechnologie/d343dc332c78e5258ecea71035bf21ca.pdf.
- Evropska komisija (EK), *Delovni dokument služb Komisije o akcijskem načrtu za zdravstveno osebje EU. Spremni dokument k Sporočilu Komisije Evropskemu parlamentu, Svetu, Ekonomsko-socialnemu odboru in Odboru regij „K okrevanju s številnimi novimi delovnimi mesti“*, Strasbourg, 18. april 2012, SWD(2012) 93 final.
- 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), *Zdravje in varnost zdravstvenega osebja*. Na voljo na spletnem naslovu: <http://osha.europa.eu/sl/sector/healthcare>.