

NANOTEHNOLOGIJA - ZNAČAJ ZAŠTITE ZDRAVLJA I SIGURNOSTI NA RADU

UVOD

Finski Institut za medicinu rada (FIOH) usmjeren je na istraživanje i razvoj mjera za osiguranje zdravog radnog mjesta i sigurnost na radu u svrhu očuvanja i unapređenja zdravlja radnika*. Početkom 2011. godine pri Finskom institutu za medicinu rada utemeljen je Istraživački centar za nanosigurnost (NRC-Nanosafety Research Centre) s primarnim ciljem proučavanja utjecaja proizvedenih nanočestica i zdravstvenih učinaka, procjene izloženosti nanočesticama na radnim mjestima, kao i procjene i upravljanju rizika te edukacije poslodavaca i radnika o sigurnoj uporabi nanomaterijala. Isto tako NRC postavlja standarde, stručno pridonosi izradi zakonskih propisa iz područja zaštite zdravlja i sigurnosti na radu i podržava partnere na nacionalnoj i međunarodnoj razini. NRC je kao vodeći europski istraživački centar za sigurnost industrijskih nanočestica - osobito u području zaštite na radu - sa svojim timom istraživača uključen u sve značajnije istraživačke projekte iz područja sigurnosti nanotehnologije. Ujedno koordinira suradnju istraživačkih

projekata o nanosigurnosti koji su financirani od Europske komisije (tj. NanoSafety klastera) te koordinira istraživačku strategiju za razdoblje od 2015. do 2025., vezanu uz nanosigurnost, na kojoj se i temelji sadržaj novog "EU Horizon 2020" istraživačkog programa o nanosigurnosti. Europska komisija je u travnju 2013. godine objavila da je projekt „Nanodevice“, koji koordinira FIOH, jedan od deset iznimno uspješnih industrijskih projekata s najvećim utjecajem na gospodarstvo i društvo i promicanje europske konkurentnosti stvaranjem novih proizvoda i procesa. „Nanodevice“ projekt proizvodio se četiri godine u suradnji sa 26 partnera, a završio je u ožujku 2013. godine. FIOH je u suradnji s proizvođačima uređaja, istraživačkim institutima i sveučilištima proizveo pristupačne prijenosne mjerne uređaje za određivanje koncentracije industrijskih nanočestica u zraku koji su jednostavni za uporabu, ne zahtijevaju posebnu poduku, cijene koštanja 200 €. Te nove uređaje mogu redovito upotrebljavati poslodavci, državne institucije i mala poduzeća, što prije nije bio slučaj jer su uređaji zbog visoke cijene i potrebne dodatne edukacije bili nedostupni.

Nanotehnologija kao tehnologija budućnosti integrira inženjering s biologijom, kemijom i fizikom u različitim industrijskim područjima i proizvodima. Obuhvaća istraživanje, tehnološki

* Prikaz studijskog posjeta i znanstvenog usavršavanja na Institutu za medicinu rada u Helsinkiju temeljem stipendije znanstvenog programa „COST Action IS1002 Modernet-Network for Development of New Techniques for Discovering Trends in Occupational and Work-Related Diseases and Tracing New and Emerging Risks“.

razvoj i stvaranje manjih, bržih, efikasnijih materijala, uređaja i sustava s poboljšanim funkcionalnostima u različitim područjima industrije (povećanje učinkovitosti tehnoloških procesa, u zaštiti okoliša, informacijsko-komunikacijskim tehnikama, u farmakologiji, medicini, optici, itd.), kontroliranjem oblika i veličina na nanometarskoj razini struktura (*Borm i sur., 2006., Lehn 2002., Aitken i sur., 2004.*).

UTJECAJ NANOMATERIJALA NA LJUDSKO ZDRAVLJE

Čestice nanodimenzija odlikuju se jedinstvenim fizikalno-kemijskim i površinskim svojstvima, što im je prednost u industrijskoj primjeni, no i nedostatak jer postoji opća zabrinutost zbog potencijalnog štetnog utjecaja nanočestica na ljudsko zdravlje te se provodi sve veći broj biomedicinskih istraživanja vezanih za štetne učinke nanomaterijala. Nanoskala, u pravilu, podrazumijeva duljine u području dimenzija od 1 nm do 100 nm.

Svjetska zdravstvena organizacija (SZO) prepoznala je značaj ocjenjivanja zdravstvenih učinaka novih tehnologija, radnih procesa i proizvoda, kao jedne od aktivnosti u sklopu „Globalnog plana djelovanja na zdravlje radnika“, prihvaćenog 2007. i SZO Globalne mreže suradnih centara medicine rada. Zbog isticanja potrebe rješavanja profesionalnih rizika od nanočestica i nanomaterijala SZO je razvila smjernice o „Zaštiti radnika od potencijalnog rizika proizvedenih nanomaterijala“ koje uključuju elemente procjene rizika i upravljanje rizicima i kontekstualnih pitanja. Ujedno daju preporuke za poboljšanje sigurnosti na radu i zaštite zdravlja radnika koji upotrebljavaju nanomaterijale, osobito u zemljama u razvoju s malim i srednjim primanjima (SZO smjernice). Takve preporuke razvijene su na nacionalnim razinama u zemljama s visokim dohotkom i u međunarodnim organizacijama poput Međunarodne organizacije za normizaciju i Organizacije za ekonomsku suradnju i razvoj (CDC, ISO, OECD). Procjene su da je u 2010. godini bilo zaposleno oko 400.000 radni-

ka u nanotehnološkoj proizvodnji diljem svijeta, a taj broj bi se do 2020. godine mogao povećati čak do 6.000.000 radnika (NNI). Do izloženosti radnika nanočesticama dolazi u svim fazama proizvodnje, od pripreme materijala, ugradnje, prijevoza, skladištenja do odlaganja. Radna mjesta i radni okoliš gdje su prisutne nanočestice i nanomaterijali zahtijevaju detaljnu analizu, a posebice u istraživačkim laboratorijima, industrijskoj proizvodnji nanomaterijala, ugradnji u proizvode za daljnje korisnike, odlaganju i recikliranju nanomaterijala (*Schulte i sur., 2010.*).

Različiti nanomaterijali imaju različite vrste zdravstvenih učinaka, od kojih neki mogu biti štetni, dok drugi mogu biti korisni za zdravlje. Od stotinjak vrsta koje su do sada istraživane, kod većine njih nije uočen štetni učinak. Međutim, nove vrste nanočestica stalno se proizvode i istraživanja nisu u mogućnosti održati korak s brzim tempom tehnološkog razvoja. Nanočestice zbog svoje velike površine reaktivno mogu pokazivati bioraspodjelu koja je određena njihovom veličinom ili međudjelovanje u bjelančevinama (*Warheit i sur., 2008.*). Toksikologija čestica (nanotoksikologija) obuhvaća epidemiološka istraživanja ili istraživanja na životinjama o utjecaju čestica nanometarskih veličina na ljudsko zdravlje. Nanočestice mogu ući u tijelo udisanjem, gutanjem i apsorpcijom preko kože (*Pejnović i sur., 2011.*). Tako su toksikološka laboratorijska istraživanja na životinjama u FIOH-u, gdje se primjenjuje intratrahealno usađivanje, pokazale nuspojave poput upale i fibroze u plućima životinja koje proizlaze iz izloženosti nekim nanomaterijalima. Provedena istraživanja usmjerena utvrđivanju puteva izloženosti i ispuštanja u radnom okolišu dala su bolji uvid i razumijevanje izloženosti radnika i pravaca izloženosti. Međutim, niti jedan od tih pokušaja nije omogućio informacije o kvantitativnoj izloženosti potrebne za procjenu rizika utjecaja na zdravlje (*Savolainen i sur., 2010.*). Iako nema pouzdanih rezultata istraživanja o izloženosti ljudi na proizvedene nanomaterijale, ipak dosadašnje informacije upućuju da su potrebne prethodne preporuke i smjernice pri rukovanju nanomaterijalima na radnom mjestu.

NANOTEHNOLOGIJA ZAHTIJEVA NOVI PRISTUP U METODAMA PROCJENE RIZIKA

Gorući problem je pronaći već na početku proizvodnog procesa ključ za predviđanje sigurnosti konačnog proizvoda, i to u svim fazama proizvodnje i kasnije uporabe kao gotovog proizvoda. Istraživanja treba usmjeriti na pronalaznje onih karakteristika čestica koje ukazuju jednostavnije utvrđivanje toksičnosti. Težište treba biti usmjereno prema stupnju izloženosti, veličini, obliku, aglomeracijskom stanju nanočestica, topljivosti, površinskim svojstvima, nastalim kemijskim reakcijama pri izloženosti, je li tvar degradira u tijelu ili ostaje nepromijenjena (*Warheit i sur., 2008.*). Ne samo da je znanje glede koncentracije čestica nedovoljno, već postojeće metode procjene nisu zadovoljavajuće, jer dosadašnjim dugotrajnim, sporim i skupim postupcima trebala bi desetljeća za proučavanje značajki svih poznatih industrijskih nanočestica. Kako bi se osigurala sigurnost radnika i konkurentnost nanotehnologije, potrebno je razviti potpuno nove metode za procjenu rizika pri izloženosti industrijskim nanočesticama. Pronalaznje tih metoda je cilj novog četverogodišnjeg istraživačkog projekta "Nanosolutions" koji koordinira FIOH i pripadajući Istraživački centar za nanosigurnost, u suradnji sa 35 partnera iz cijelog svijeta, a koji je započeo početkom travnja 2013. godine. "Nanosolutions" projekt pokušava identificirati karakteristike industrijskih nanočestica koje predviđaju njihove potencijalne negativne rizike za zdravlje. Uz to cilj je razviti računalni program koji se može koristiti značajkama industrijskih nanočestica za predviđanje rizika.

Dosadašnje znanje o mogućim zdravstvenim učincima nanomaterijala je još uvijek nedovoljno. Sigurnost proizvedenih nanomaterijala za čovjeka je preduvjet poslovanja i razvoja nanotehnologije i mora biti uzeta u obzir kod dizajniranja novih materijala, jer uz golem tržišni potencijal oni donose i nove rizike.

Finski institut za medicinu rada je u procesu pripreme modela rješenja kako sigurno rukovati

nanomaterijalima te kako osigurati utemeljene i ciljane vrijednosti opreza za različite vrste nanomaterijala (*FIOH, 2013.*).

LITERATURA

Aitken, R.J., Creely, K.S., Tran, C.L.: *Nano-particles: An occupational hygiene review*, HSE, 2004., dostupno na: <http://www.hse.gov.uk/research/rprpdf/rr274.pdf>., pristupljeno 28. 4.2013.

Borm, P. J. A., Robbins, D., Haubold, S., Kuhlbusch, T., Fissan, H., Donaldson, K., Schins, R., Stone, V., Kreyling, W., Lademann, J., Krutmann, J., Warheit, D., Oberdorster, E.: The potential risks of nanomaterials: a review carried out for ECETOC, *Particle and Fibre Toxicology*, 2006., 3, 1-35.

CDC-Centers for Disease Control and Prevention, dostupno na: <http://www.cdc.gov/niosh/docs/2009-125/>, pristupljeno 1.5.2013.

FIOH - Finnish Institute of Occupational health, dostupno na: www.ttl.fi., pristupljeno 1.5. 2013.

ISO - International Organization for Standardization, dostupno na: http://www.iso.org/iso/standards_development/technical_committees/list_of_iso_technical_committees/iso_technical_committee.htm?commid=381983., pristupljeno 1.5.2013.

Lehn, JM.: Toward self-organization and complex matter, *Science*, 295, 2002., 10, 2400-2403.

NNI - National Nanotechnology Initiative, dostupno na: <http://www.nano.gov/nanotech-101/nanotechnology-facts>, pristupljeno 1.5.2013.

OECD-The Organisation for Economic Co-operation and Development, dostupno na: http://www.oecd.org/document/53/0,3746,en_2649_37015404_37760309_1_1_1_1,00.html., pristupljeno 1.5.2013.

Pejnović, N., Zdraveva, E., Bogadi-Šare, A.: Zaštita na radu u laboratoriju za elektropredenje, *Sigurnost*, 53, 2011., 1, 43-50.

Savolainen, K., Alenius, H., Norppa, H., Pylkkanen, L., Tuomi, T., Kasper, G.: Risk assessment of engineered nanomaterials and nanotechnologies-A review, *Toxicology*, 269, 2010., 92–104.

Schulte, PA., Murashov, V., Zumwalde, R., Kuempel, ED., Geraci, CL.: Occupational exposure limits for nanomaterials: state of the art, *J. Nanopart. Res.*, 12, 2010., 1971–1987.

Warheit, D. B., Sayes, C.H., Reed, K.L., Swain, K.A.: Health effects related to nanoparticle exposures: Environmental, health and safety considerations for assessing hazards and risks, *Pharmacology & Therapeutics*, 120, 2008., 1, 35-42.

WHO Guidelines on Nanomaterials and Worker's Health, dostupno na: http://www.who.int/occupational_health/topics/nanotechnologies/en/, pristupljeno 1. 5. 2013.

*dr. sc. Nataša Janev Holcer, dipl. ing. biol.
Škola narodnog zdravlja "Andrija Štampar", Zagreb*

Mirta Šalamun, Zagreb