



Special Edition
for the purpose
of celebration of 50 years
of education of sanitary
engineers in Slovenia

SANITARNO INŽENIRSTVO

INTERNATIONAL
JOURNAL
OF
SANITARY
ENGINEERING
RESEARCH

December, 2014



Editorial

Spoštovani!

Pred vami je posebna izdaja revije International Journal of Sanitary Engineering Research, posvečena praznovanju 50 letnice izobraževanja strokovnjakov sanitarne stroke. Mineva 50 let od vpisa prve generacije študentov na takratni višješolski študijski program tedaj Višje šole za zdravstvene delavce Univerze v Ljubljani.

Sprva je bil program dvoletni, diplomanti so po končanem študiju pridobili strokovni naslov višji sanitarni tehnik. Študijski program se je tekom vseh teh let razvijal in rasel skladno s potrebami prostora in časa, v katerem delujejo strokovnjaki sanitarne stroke. Danes študijski program teče na prvi in drugi bolonjski stopnji. Na Zdravstveni fakulteti sedaj izvajamo štiriletni univerzitetni študijski program sanitarno inženirstvo na prvi bolonjski stopnji, hkrati pa že drugo leto izvajamo tudi magistrski študijski program sanitarno inženirstvo na drugi bolonjski stopnji.

Sanitarni strokovnjak deluje na širokem področju preventive in higijene v najširšem smislu razumevanja obeh pojmov, od javnozdravstvenega področja, epidemiologije nalezljivih in nenalezljivih bolezni, širokem področju javne (komunalne) higijene, higijene živil, upravno pravnega področja do higienskih tehnologij in mnogih drugih. Prednost sanitarnega inženirja je v njegovem širokem znanju in zmožnosti povezovanja različnih specifičnih disciplin, zato predstavlja dragocen člen v interdisciplinarnem timu tako na raziskovalnem kot strokovnem področju.

Poleg razvoja študijskega programa je napredek opazen tudi na strokovnem področju, kjer se je stroka organizirala v Zbornici sanitarnih tehnikov in inženirjev Slovenije, ustanovljen je bil Inštitut za Sanitarno inženirstvo, redno izhaja strokovno znanstvena revija, organizirani so različni strokovni posveti in delavnice. Razvoj in napredek na omenjenih področjih dela dokazujejo tudi zaposlitve diplomantov sanitarnega inženirstva in njihovo vključevanje v raziskovalno dejavnost. Veliko naših kolegov je študij nadaljevalo in pridobilo naziv magister, v zadnjem obdobju tudi doktor znanosti. Veseli nas, da aktivno sodelujejo v raziskovalnih skupinah in svoje dosežke ter ugotovitve redno publicirajo.

Ob obeležju 50 let razvoja sanitarnega inženirstva v Sloveniji smo s širokim vsebinskim naborom strokovnih prispevkov prikazali pestrost strokovnih področij dela sanitarnih strokovnjakov v praksi in njihovih kolegov na Oddelku za sanitarno inženirstvo Zdravstvene fakultete.

Tudi v bodoče si prizadevamo za povezovanje strokovnega in znanstveno raziskovalnega dela na področju higijene in skrbi za javno in okoljsko zdravje.

Za uredniško programski odbor
dr. Mojca Jevšnik in mag. Gregor Jereb

SANITARNO INŽENIRSTVO

INTERNATIONAL JOURNAL OF SANITARY ENGINEERING RESEARCH

IZDAJA / Published by

INŠTITUT ZA SANITARNO INŽENIRSTVO
INSTITUTE OF FOOD SAFETY AND ENVIRONMENTAL HEALTH
ZBORNICA SANITARNIH INŽENIRJEV SLOVENIJE
THE CHAMBER OF SANITARY ENGINEERS OF SLOVENIA

GLAVNI UREDNIK / Editor-in-Chief

Janez PETEK

Inštitut za sanitarno inženirstvo / Institute of Food Safety
and Environmental Health, Ljubljana, Slovenia

TEHNIČNI UREDNIK / Technical Editor

Aleš KRULEC

Inštitut za sanitarno inženirstvo / Institute of Food Safety
and Environmental Health, Ljubljana, Slovenia

Staša RAZPOTNIK

Inštitut za sanitarno inženirstvo / Institute of Food Safety
and Environmental Health, Ljubljana, Slovenia

NASLOV REDAKCIJE IN UPRAVE /
Address of the Editorial Board and Administration

Zaloška cesta 155, SI-1000 Ljubljana, Slovenija
Tel: (+386)-1-5468-393, Fax: (+386)-1-5468-394
E-mail: info@institut-isi.si
www.institut-isi.si; <http://journal.institut-isi.si>

UREDNIŠKI ODBOR / Editorial Board

Mojca JEVŠNIK

Univerza v Ljubljani, Zdravstvena fakulteta /
University of Ljubljana, Faculty of Health Science, Ljubljana,
Slovenia

Andrej OVCA

Univerza v Ljubljani, Zdravstvena fakulteta /
University of Ljubljana, Faculty of Health Science, Ljubljana,
Slovenia

Borut POLJŠAK

Univerza v Ljubljani, Zdravstvena fakulteta /
University of Ljubljana, Faculty of Health Science, Ljubljana,
Slovenia

Matej GREGORIČ

Nacionalni inštitut za javno zdravje /
National Institute for Public Health, Ljubljana, Slovenia

Dražen LUŠIĆ

Sveučilište u Rijeci, Medicinski fakultet Rijeka /
University of Rijeka, School of Medicine, Rijeka, Croatia

Marina ŠANTIĆ

Sveučilište u Rijeci, Medicinski fakultet Rijeka /
University of Rijeka, School of Medicine, Rijeka, Croatia

Aleksandar STOJANOVIĆ

Institut za javno zdravlje Niš, Srbija / Public Health Institute of Niš,
Serbia

Branislava KOCIĆ

Institut za javno zdravlje Niš, Srbija / Public Health Institute of Niš,
Serbia

Jadranka FRECE

Sveučilište u Zagrebu, Prehrambeno-tehnološki fakultet u Zagrebu /
University of Zagreb, Faculty of Food Tehnology and Biotechnology,
Zagreb, Croatia

Mateja ČEBULAR

Inštitut za sanitarno inženirstvo / Institute of Food Safety
and Environmental Health, Ljubljana, Slovenia

SANITARNO INŽENIRSTVO / International Journal
of Sanitary Engineering Research
is indexed and/or abstracted in

COBISS (Virtual library of Slovenia), DLib.si (Slovenian Digital Library),
Research Bible, Ulrich's Periodical Directory, Open J-Gate,
Index Copernicus Journals Masterlist 2012 (ICV 2012: 4.62),
Google Scholar, EBSCO (2015), New Jour, GetCited,
Svarog (Slovenian System for secure archiving of emitted material)

© Copyright by Inštitut za sanitarno inženirstvo, 2014. All rights reserved.
Reproduction and propagation under the law of copyright is not allowed!

Content

© Inštitut za sanitarno inženirstvo, 2014

| | |
|--|-----|
| Editorial | 1 |
| Kakovost zunanjega zraka kot determinanta zdravja / Quality of outdoor air as a determinant of health | 4 |
| Andreja KUKEC , Gregor JEREB , Lijana ZALETEL-KRAGELJ , Jerneja FARKAŠ-LAINŠČAK , Mirko BIZJAK , Ivan ERŽEN | |
| Onesnažila v zraku, vodi in hrani, oksidativni stres in antioksidanti / Pollutants in air, water and food, oxidative stress and antioxidants | 19 |
| Uroš GLAVAN , Rok FINK , Nevenka FERFILA , Borut POLJŠAK , Gregor JEREB | |
| Modeliranje kakovosti zunanjega zraka kot preventivni ukrep pri zagotavljanju zdravega življenjskega okolja / Ambient air quality modelling as a preventive measure in ensuring a healthy living environment... .. | 38 |
| Damjan KOVAČIČ , Matic IVANČIČ , Rudi VONČINA | |
| Izzivi komunalne higiene – primer zagotavljanja zdravstveno neoporečne pitne vode / Challenges of municipal hygiene – the case of safe drinking water supply | 55 |
| Irena SUŠELJ ŠAJN , Stanko TOMŠIČ , Polonca TREBŠE , Nevenka FERFILA | |
| Green infrastructure in settlements and cities of the future – two case studies; green roof and treatment wetland / Zelena infrastruktura naselij in mest prihodnosti – dva primera; zelena streha in rastlinska čistilna naprava | 67 |
| Tjaša GRIESSLER BULC , Iztok AMERŠEK , Mateja DOVJAK | |
| Prehranska politika – izhodišče države in stroke za spodbujanje boljšega zdravja / National food and nutrition action plan – political and professional tool to encourage healthy lifestyle among citizens..... | 81 |
| Rok POLIČNIK , Matej GREGORIČ | |
| Obvladovanje varnosti živil z usposobljenim posameznikom / Food safety management with qualified individual | 89 |
| Mateja ČEBULAR , Blaž CONFIDENTI , Petra KRALJ SAJOVIC , Tina PERHAJ , Andrej OVCA | |
| Sanitarni inženir v vlogi preprečevanja in obvladovanja bolnišničnih okužb / Sanitary engineer in the context of prevention and control of healthcare-associated infections | 106 |
| Alenka PETROVEC KOŠČAK , Mojca NOVAK , Rok FINK , Natalija ČULK , Vera OVSENEK , Jelena FICZKO , Mojca JEVŠNIK | |
| Vloga sanitarnih inženirjev pri vzpostavljanju boljših delovnih pogojev zaposlenih v vrtcu / The role of sanitary engineers in creating better working conditions for kindergarten employees | 125 |
| Branka STRAH , Teja KUMP , Katarina KACJAN ŽGAJNAR | |
| Vloga sanitarnega inženirja v izrednih razmerah – primer mednarodnega usposabljanja za preskrbo s pitno vodo / The role of a sanitary engineer in case of natural or other disasters – example of an international training program for drinking water supply | 137 |
| Martina ODER , Damjan SLABE | |
| Prepoznavanje nekaterih mikrobioloških dejavnikov tveganja v javnih bazenskih kopališčih / Identification of some microbiological risk factors in public swimming pools | 145 |
| Mira DRAŽETIČ , Irena KRIŽMAN JERLAH , Karmen GODIČ TORKAR | |

Kakovost zunanjega zraka kot determinanta zdravja

Quality of outdoor air as a determinant of health

Andreja **KUKEC**¹, Gregor **JEREB**², Lijana **ZALETEL-KRAGELJ**¹, Jerneja **FARKAŠ-LAINŠČAK**¹, Mirko **BIZJAK**^{2,3}, Ivan **ERŽEN**^{*1,4}

POVZETEK

Kakovost zunanjega zraka predstavlja eno najpomembnejših determinant zdravja. V prispevku smo na modelnem območju Zasavja predstavili primer sodelovanja sanitarnih inženirjev pri multidisciplinarnem raziskovalnem projektu. Osredotočili smo se na rezultate ekološke raziskave časovnih trendov, s katero smo ocenjevali časovno povezanost med onesnaženostjo zunanjega zraka in boleznimi dihal pri otrocih. Metodo povezovanja zdravstvenih in okoljskih podatkov je priporočila Svetovna zdravstvena organizacija. Pozitivna časovna povezanost se je pokazala pri prašnih delcih z aerodinamskim premerom 10 mikrometrov v občini Zagorje ob Savi in Trbovlje ter ozonu v občini Trbovlje. Raziskava predstavlja primer dobrega sodelovanja strokovnjakov s področja okolja in zdravja. V prihodnosti strokovnjakom na področju kakovosti zunanjega zraka največji izziv predstavlja nadgradnja predstavljene metodologije za ocenjevanje izpostavljenosti in proučevanje vpliva ultrafinih prašnih delcev na zdravje.

Ključne besede: kakovost zunanjega zraka, učinki na zdravje, raziskava časovnih trendov, ocenjevanje izpostavljenosti, Zasavje

ABSTRACT

The outdoor air quality is one of the most important determinants of health. In this paper we present the example of cooperation of sanitary engineers in a multidisciplinary research project in the model area of Zasavje region, Slovenia. We have focused on the results of ecological time-trend study, by which we have assessed the temporal association between outdoor air pollution and respiratory diseases in children. The methodology of linking health and environmental data was recommended by the World Health Organization. Positive temporal association was registered in particulate matter of 10 micrometres in diameter in the municipalities of Zagorje ob Savi and Trbovlje and ozone in the municipality of Trbovlje. The study presents an example of good collaboration between experts in the field of environment and health. In the future major challenges for experts in the field of outdoor air represent upgrading of presented methodology for exposure assessment and study of the impact of ultrafine particulate matter on health.

Key words: quality of outdoor air, health effects, ecological time-trend study, exposure assessment, Zasavje

Received: 8. 10. 2014

Accepted: 6. 11. 2014

¹ Univerza v Ljubljani, Medicinska fakulteta, Katedra za javno zdravje, Zaloška cesta 4, 1000 Ljubljana, Slovenija

² Univerza v Ljubljani, Zdravstvena fakulteta, Oddelek za sanitarno inženirstvo, Zdravstvena pot 5, 1000 Ljubljana, Slovenija

³ Ministrstvo za kmetijstvo in okolje, Agencija Republike Slovenije za okolje, Vojkova cesta 1b, 1000 Ljubljana, Slovenija

⁴ Nacionalni inštitut za javno zdravje Republike Slovenije, Trubarjeva cesta 2, 1000 Ljubljana, Slovenija

* *Corresponding author*
prim. prof. dr. Ivan Eržen, dr. med., spec.
Nacionalni inštitut za javno zdravje Republike Slovenije
Trubarjeva cesta 2, 1000 Ljubljana, Slovenija
ivan.erzen@nijz.si

UVOD

V povprečju zdrava odrasla oseba, odvisno od konstitucije in telesne aktivnosti, vdihne od 10 do 20 m³ zraka dnevno, kar je v primerjavi s količino dnevnega vnosa tekočine in hrane relativno veliko [1, 2]. Tudi zato kakovost zraka uvrščamo med pomembne determinante zdravja [3, 4].

V zunanjem zraku je prisotna mešanica različnih snovi, vključno z delci in plini. Med onesnaževali prevladujejo dušikovi in žveplov oksidi, ozon, grobi, fini in ultrafini delci, ogljikov monoksid, kovine in nekovine ter hlapne organske spojine [5,6]. Skozi vse življenje so ljudje izpostavljeni različni stopnji onesnaženosti zunanjega zraka [7]. Stopnja onesnaženosti je dinamični proces odvisen od ekoloških in meteoroloških parametrov ter od fizikalno-kemičnih procesov v atmosferi [6, 8, 9].

Enega prvih dokazov o učinkih onesnaženosti zunanjega zraka na zdravje ljudi predstavlja t.i. londonski smog. V decembru leta 1952 je v Londonu več tisoč ljudi umrlo zaradi visoke stopnje onesnaženosti zunanjega zraka z žveplovim dioksidom (SO₂) in delci. Vzrok prekomerne onesnaženosti zunanjega zraka je bil temperaturni obrat, ki je ujel izpuste SO₂ in dima. Od takrat so številne epidemiološke raziskave potrdile, da je kratkotrajna izpostavljenost onesnaženemu zraku povezana z obolevnostjo in umrljivostjo. Do leta 1990 so epidemiološke raziskave proučevale predvsem učinke onesnaženega zraka na bolezni dihal [6]. Danes pa so številne raziskave pokazale, da ima izpostavljenost onesnaževalom v zunanjem zraku škodljive učinke na več organskih sistemov: poleg dihal, zlasti na srce in žilje, živčevje in reproduktivni sistem [3, 4, 6, 10-14]. Onesnaženost zunanjega zraka povzroča tudi druge negativne učinke, saj pospešuje propad materialov in zgradb, povzroča škodo na rastlinah ter negativno vpliva na živali [3]. Dokazi o škodljivih učinkih zunanjega zraka na zdravje so se povečali v zadnjih 20-ih letih [7]. Na podlagi teh ugotovitev skušajo številne države čim bolj natančno oceniti stopnjo izpostavljenosti in izvajajo ukrepe za izboljšanje kakovosti zunanjega zraka [7].

Glede na trenutno raven znanstvenih dokazov je pomembno, da v procesu ocenjevanja in obvladovanja izpostavljenosti z namenom blaženja učinkov na zdravje in okolje zaradi onesnaženosti zunanjega zraka sodelujejo vsi deležniki [6, 7]. Enega izmed ključnih členov v tem procesu predstavljajo tudi strokovnjaki s področja sanitarnega inženirstva. V procesu ocenjevanja in obvladovanja okoljskega tveganja sodelujejo sanitarni inženirji s strokovnjaki s področja okolja (kemiki, fiziki, elektroinženirji in podobnimi strokami) ter zdravja (zdravniki in ostalimi zdravstvenimi delavci). Sanitarni inženirji so usposobljeni, da prepoznajo in opredelijo različne vire onesnaževanja zunanjega zraka ter ocenijo kakšno je širjenje onesnaženosti. V sodelovanju s strokovnjaki s področja javnega zdravja in okoljskih ved lahko prispevajo k prepoznavanju učinkov na zdravje ter oblikovanju ustreznih ukrepov. Na znanstveni ravni so na področju kakovosti zraka prispevali k metodološkemu razvoju z dokazi podprte ocene izpostavljenosti. Rezultati raziskav [15-18] predstavljajo dobro podlago za oblikovanje in preverjanje ustreznih ukrepov ter predloge za metodološki razvoj.

V nadaljevanju bomo na primeru enega najbolj onesnaženih območij v Sloveniji, Zasavja, predstavili primer sodelovanja sanitarnih inženirjev pri multidisciplinarnem raziskovalnem projektu [19].

NOVI TRENDI NA PODROČJU KAKOVOSTI ZUNANJEGA ZRAKA

Ocenjevanje izpostavljenosti z metodološkega vidika in proučevanje učinkov ultrafinih delcev (UFP) na zdravje predstavlja enega izmed pomembnih novosti na področju kakovosti zunanjega zraka.

Ocena izpostavljenosti onesnaženosti zunanjega zraka lahko temelji na neposredni (merjenje izpostavljenosti, npr. državni monitoring) ali posredni (modeliranje izpostavljenosti, npr. širjenje onesnaženosti zunanjega zraka z disperzijskimi modeli) metodi [20-22]. V slovenskem prostoru novost predstavlja ideja o povezovanju zdravstvenih in okoljskih podatkov za podporo pri oblikovanju in izvajanju medsektorskih politik s področja okolja in zdravja [20,21] na populacijski ravni. S temi metodami je mogoče oceniti časovno, kot tudi prostorsko povezanost med okoljskimi in zdravstvenimi podatki [23,24]. Tovrstno metodologijo povezovanja podatkov je Svetovna zdravstvena organizacija (SZO) priporočila že pred desetletjem. V Sloveniji tovrstnih raziskav v preteklosti nismo izvajali, saj sta tako zdravstveni kot okoljski sektor delovala ločeno. V zadnjem času pa raziskovalci na področju okoljskega zdravja vse več uporabljajo priporočeno metodologijo prostorskega in časovnega povezovanja podatkov. Šimčeva [25] in Rems-Novakova [17] sta z ekološko raziskavo časovnih trendov proučevali povezanost med obiski otrok zaradi bolezni dihal na primarni ravni zdravstvenega varstva in onesnaženostjo zraka z ozonom (O_3) na območju Nove Gorice in Mestne občine Koper. Rezultati so pokazali, da na Goriškem onesnaženost zunanjega zraka z O_3 predstavlja tveganje za zdravje ljudi povprečno sedem mesecev v letu (od marca do septembra). Prav tako se je pokazala pozitivna časovna povezanost med onesnaženostjo zunanjega zraka z O_3 in obolevnostjo zaradi bolezni dihal pri otrocih do starosti 14 let. Za bolj natančno oceno povezanosti bi bilo potrebno podaljšati časovno obdobje opazovanja [25]. V Mestni občini Koper so rezultati raziskave pokazali pozitivno in statistično značilno časovno povezanost med dnevnim številom obiskov zaradi simptomov astme in maksimalno dnevno 8-urno povprečno koncentracijo O_3 , ki je bila enaka ali je presegala $70\mu\text{g}/\text{m}^3$, s štiri dnevnim zamikom [17]. Erlih in Eržen [26] sta na območju Mestne občine Koper prostorsko prikazala porazdelitev stopnje onesnaženosti zunanjega zraka in bolezni dihal pri otrocih. Rezultati raziskave so vizualno prikazali in statistično potrdili prostorsko kopičenje višje stopnje obolevnosti zaradi bolezni dihal na območju Mestne občine Koper [26]. Člani projektne skupine Zasavje [19] so v okviru raziskovalnega projekta ocenili časovno in prostorsko povezanost med obiski otrok zaradi bolezni dihal v zdravstvenih domovih v Zasavju in stopnjo onesnaženosti zunanjega zraka. Rezultati projekta so pokazali, da v Zasavju obstaja pozitivna in statistično značilna časovna povezanost med številom obiskov in opazovanimi onesnaževali: pri prašnih delcih (PM) z aerodinam-

skim premerom 10 mikrometrov (PM_{10}) v občinah Zagorje ob Savi in Trbovlje, pri O_3 v občinah Zagorje ob Savi in Hrastnik. Pri prostorski analizi so rezultati projekta nakazali pozitivno povezanost med številom obiskov zaradi boleznih dihal in SO_2 na letni ravni [19]. Kukčeva [18] je v doktorski nalogi na območju Zasavja nadgradila metodologijo časovnega in prostorskega povezovanja zdravstvenih in okoljskih podatkov. Za čim bolj natančno oceno izpostavljenosti je pri prostorski analizi vključila tudi podatke o potencialnih motečih dejavnikih. Podatki o motečih dejavnikih so bili zbrani v okviru posebne raziskave (presečna-pregledna raziskava) [27], ki se je izvajala v okviru projekta "Zdravje za Zasavje". Rezultati multivariatnih modelov so pokazali, da so obeti za imeti pogoste akutne bolezni dihal pri otrocih, ki živijo na močno ali zelo močno onesnaženih območjih za 2,1-krat večji, obeti za imeti kronično bolezen dihal pa za 2,5-krat večji, kot pri otrocih, ki živijo na nič ali malo onesnaženih območjih. Od vključenih motečih dejavnikov na pogoste akutne bolezni dihal statistično značilno vplivajo bolezni po porodu in visoka vlažnost v bivalnih prostorih, na kronične bolezni dihal pa dedna/družinska obremenjenost in trajanje dojenja [27]. Razširitev metodologije prostorskega povezovanja na celotno območje Slovenije se trenutno izvaja v okviru evropskega raziskovalnega projekta MED-HISS (Mediterranean Health Interview Survey Studies: long term exposure to air pollution and health surveillance).

Pomembno novost na področju kakovosti zunanjega zraka predstavljajo tudi učinki na zdravje zaradi izpostavljenosti UFP. V zadnjih 30-ih letih so se znanstveni dokazi o učinkih na zdravje osredotočali predvsem na izpostavljenost PM_{10} in prašnim delcem z aerodinamskim premerom 2,5 mikrometrov ($PM_{2,5}$) [28]. Že dolgo pa je znano, da je zunanji zrak kompleksna zmes, ki vsebuje delce različnih velikosti in kemične sestave [28]. Problem nepoznavanja učinkov UFP na zdravje ter način ocenjevanja izpostavljenosti temu onesnaževalu je bil prepoznan tudi v slovenskem prostoru. Nacionalni laboratorij za zdravje, okolje in hrano, območna enota Celje je v letu 2011 v okviru evropskega projekta UFIREG (Ultrafine particles-cooperation with environmental and health policy), pričel z meritvami UFP v Ljubljani ter oceno vpliva UFP na zdravje. Pri projektu, ki poteka v petih evropskih mestih, sodelujejo strokovnjaki s področja onesnaževanja zraka in zdravja ljudi.

PRIKAZ PRIMERA: ČASOVNA POVEZANOST PODATKOV O ONESNAŽENOSTI ZUNANJEGA ZRAKA IN BOLEZNI DIHAL PRI OTROCIH V ZASAVJU

Opredeleitev problema

Kakovost zunanjega zraka na območju Zasavja v povezavi s slabim zdravjem prebivalcev že dolgo predstavlja izziv strokovnjakom s področja zdravja in okolja. V preteklosti so bile na tem območju opravljene številne raziskave [29-32], ki so skušale oceniti stopnjo izpostavljenosti onesnaženosti zraka ter raziskave, ki so proučevale učinke na zdravje [33,34]. Prvi dve raziskavi, ki sta združili podatke o onesnaženosti zraka in učinke na bolezni dihal pri otrocih sta bili na tem območju izvedeni v

občini Zagorje ob Savi [33] in na celotnem območju Zasavja [27]. V obeh raziskavah so stopnjo izpostavljenosti onesnaženemu zraku ocenjevali s pomočjo anketnega vprašalnika, za analizo povezanosti z zdravstvenimi podatki pa so uporabili osnovne statistične metode. Vsakokrat so raziskovalci izpostavili, da je nujno potrebno nadaljevanje raziskovanja ob upoštevanju natančnejših podatkov o izpostavljenosti, ki pa zahtevajo sodelovanje strokovnjakov obeh sektorjev. S tem namenom smo v letu 2010 na Katedri za javno zdravje Medicinske fakultete v Ljubljani pričeli s raziskovalnim projektom pri katerem so sodelovali strokovnjaki s področja okolja (sanitarni inženirji, kemiki, fiziki in elektroinženirji) in zdravja (zdravniki, specialisti s področja javnega zdravja in specialisti s področja alergologije in pulmologije), pristojne inštitucije za zbiranje zdravstvenih (zdravstveni domovi) in okoljskih podatkov (Agencija Republike Slovenije za okolje, Direkcija Republike Slovenije za ceste, Sektor za javne službe varstva okolja, Slovenske železnice d.o.o), predstavniki industrijskih virov onesnaževanja, strokovnjaki iz posameznih občin in lokalno prebivalstvo [19].

Namen projekta je bil pripraviti kakovosten model študije za celostno sklapljanje zdravstvenih in okoljskih podatkov v Sloveniji na populacijski ravni za podporo pri oblikovanju in izvajanju medsektorskih politik s področja okolja in zdravja ljudi na modelnem območju Zasavja. V prispevku se bomo omejili na predstavitev rezultatov ekološke raziskave časovnih trendov, s katero smo ocenjevali časovno povezanost med onesnaženostjo zunanjega zraka in boleznimi dihal pri otrocih.

Protokol projekta je bil odobren s strani Komisije Republike Slovenije za medicinsko etiko.

Metode

Obdobje in območje opazovanja ter populacijska skupina

Opazovana populacija so bili otroci, stari od 1 do 11 let, ki so imeli v obdobju od 1.1.2006 do 31.12.2011 stalno prebivališče v eni izmed treh občin v Zasavju (Zagorje ob Savi, Trbovlje, Hrastnik) in so bili obravnavani v zdravstvenem domu v Zasavju (Zdravstveni dom Zagorje ob Savi, Zdravstveni dom Trbovlje, Zdravstveni dom Hrastnik) zaradi bolezni dihal.

Pridobivanje podatkov o onesnaženosti zunanjega zraka in boleznih dihal pri otrocih

Zdravstveni podatki so bili pridobljeni iz zdravstveno-informacijskega sistema zdravstvenih domov v Zasavju. Opazovani so bili prvi obiski zaradi naslednjih izbranih diagnoz bolezni dihal po Mednarodni klasifikaciji bolezni, poškodb in vzrokov smrti verzija 10 (MKB-10):

J00-J06 (akutne infekcije zgornjih dihal), J10-J18 (gripa in pljučnica), J20-J22 (druge akutne infekcije spodnjih dihal), J30-J32 (druge bolezni zgornjih dihal) in J40-J46 (kronične bolezni spodnjih dihal).

Imisijski podatki o onesnaženosti zunanjega zraka so bili pridobljeni iz Državne mreže kakovosti zunanjega zraka (DMKZ), ki jo upravlja Agencija Republike Slovenije za okolje (ARSO). Iz merilnih postaj v Zasavju (Zagor-

je ob Savi, Trbovlje, Hrastnik) so bili pridobljeni imisijski podatki za naslednja onesnaževala v zunanjem zraku: dnevna koncentracija (v $\mu\text{g}/\text{m}^3$) PM_{10} , SO_2 , dušikov dioksid (NO_2) in O_3 ter meteorološki parametri: temperatura zraka (v $^{\circ}\text{C}$) in relativna vlažnost zraka (v %).

V analizo so bili vključeni tudi podatki o sezonskih dejavnikih: sezona v letu (poletje, jesen, zima, pomlad), delovni dan (da/ne), počitnice (da/ne) in podatki o epidemiji gripe (da/ne).

Analiza časovne povezanosti

Časovno spreminjanje opazovanega zdravstvenega izida in opazovanih onesnaževal v zunanjem zraku je prikazano s sekvencami.

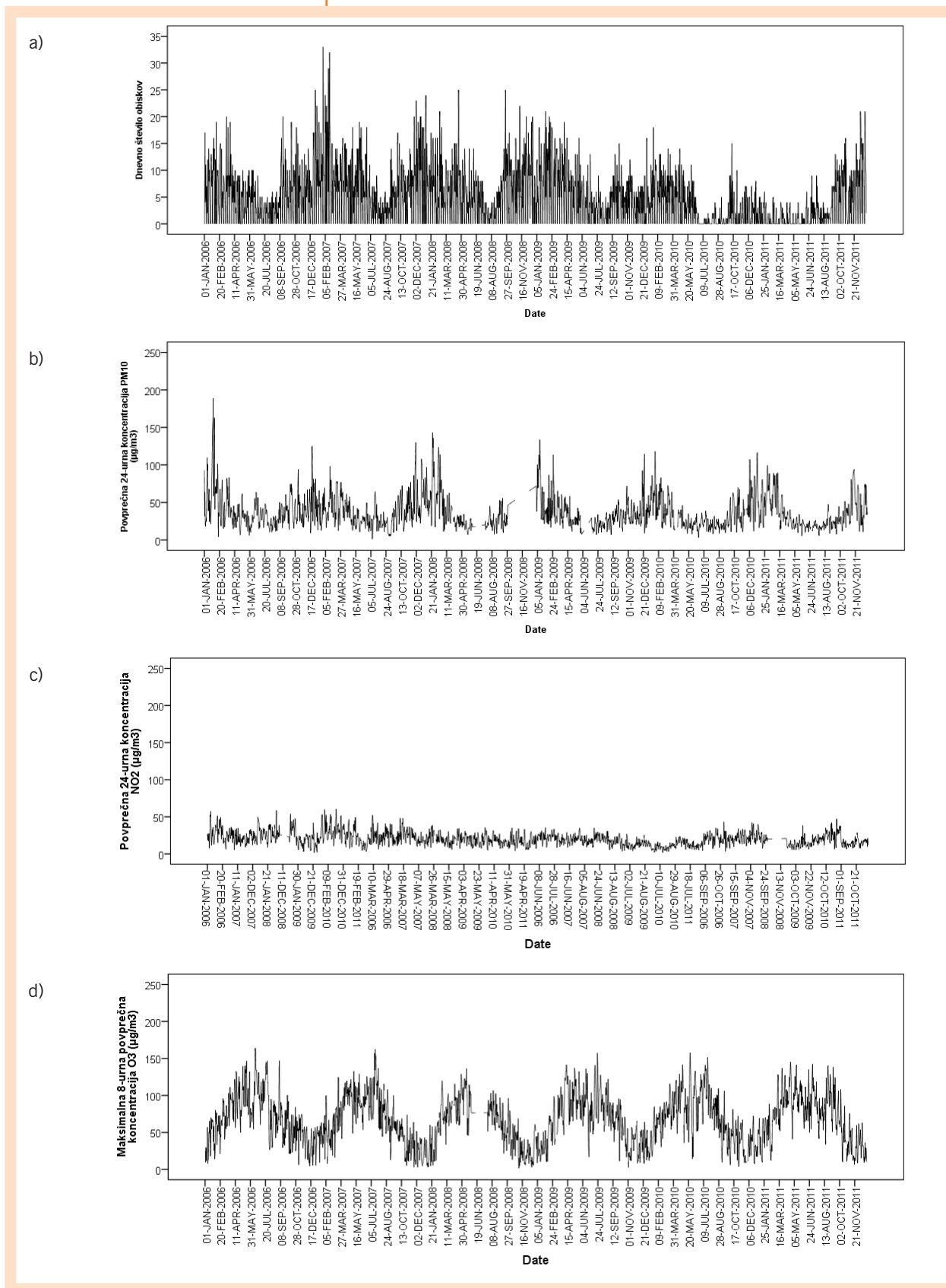
Za analizo časovne povezanosti med opazovanim zdravstvenim izidom (dnevni obiski zaradi boleznih dihal v zdravstvenih domovih) in pojasnjevalnimi dejavniki (onesnaženost zunanjega zraka z opazovanimi onesnaževali) smo uporabili Poisson-ovo regresijo [24, 35]. Postopek modeliranja je potekal v treh korakih. Za vsa opazovana onesnaževala so bili uporabljeni zamiki od nič do pet dni od izpostavljenosti do obiska v zdravstvenem domu. V prvem koraku (univariatni modeli) so bili v modele vključeni dnevni podatki o obiskih otrok zaradi boleznih dihal in dnevni podatki o koncentracijah opazovanih onesnaževal v zunanjem zraku. V drugem koraku (multivariatni modeli z enim onesnaževalom) so bili v modele dodani podatki o meteoroloških parametrih in sezonskih dejavnikih (temperatura zraka, relativna vlažnost zraka, sezona zbiranja podatkov, vikend ali delovni dan, počitnice ali šoloobvezni dnevi, epidemija gripe da ali ne). S temi modeli so bili določeni najboljši zamiki za opazovana onesnaževala, ki so bili vključeni v modele z več onesnaževali. V tretjem koraku (multivariatni modeli z več onesnaževali) so bili v model dodani podatki o vseh opazovanih onesnaževalih sočasno. Modele smo vrednotili glede na njihovo statistično značilnost ($p \leq 0,05$) in biološko smiselnost (smer povezanosti je biološko sprejemljiva).

Za statistično analizo povezanosti v ekološki študiji časovnih trendov je bil uporabljen programski paket SPSS za Windows različica 18.0 (SPSS Inc, Chicago, IL, ZDA).

Rezultati

Na Sliki 1 so prikazani rezultati časovnega spremljanja dnevnega števila obiskov v Zdravstvenem domu Trbovlje zaradi boleznih dihal in časovnega spremljanja opazovanih onesnaževal.

Iz rezultatov časovne variabilnosti opazovanega zdravstvenega izida je razbrati, da je bilo največje število dnevnih obiskov v zdravstvenem domu Trbovlje zaradi boleznih dihal zabeleženo v zimskih mesecih leta (od decembra do februarja) (Slika 1a). Opazovana časovna vrsta je pokazala, da se je dnevno število obiskov povečalo tudi v spomladanskih mesecih (Slika 1a). Povečanje števila dnevnih obiskov v zimskih mesecih lahko pripišemo pogostejšim infekcijam okužb dihal v populaciji, poleg tega v tem obdobju več časa preživimo v notranjih prostorih. V spomladanskih mesecih se pogosteje pojavijo alergijske bolezni dihal zaradi vpliva cvetnega prahu.



Slika 1:

Časovno spremljanje dnevnega števila obiskov v zdravstvenem domu Trbovlje zaradi bolezni dihal (a) in časovno spremljanje dnevnih povprečnih 24-urnih koncentracij PM₁₀ (b), povprečnih 24-urnih koncentracij NO₂ (c), maksimalnih 8-urnih povprečnih koncentracij O₃ (d), na merilni postaji Trbovlje od 1. 1. 2006 do 31. 12. 2011.

Legenda: ----- mejna vrednost: dnevna vrednost za PM₁₀ (50 µg/m³), maksimalna 8-urna vrednost za O₃ (120 µg/m³)

Rezultati časovne variabilnosti opazovanih onesnaževal so pokazali, da so bile najvišje koncentracije za PM_{10} izmerjene pozimi (od novembra do februarja) in za O_3 poleti (od aprila do julija) (Slika 1b in 1d). V opazovanem obdobju pri časovni variabilnosti koncentracij NO_2 nismo opazili izrazitih sezonskih nihanj (Slika 1c).

Rezultati multivariatnih modelov z več onesnaževali so pokazali pozitivno in statistično značilno časovno povezanost med dnevnim številom obiskov zaradi boleznih dihal in opazovanimi onesnaževali: PM_{10} v občini Zagorje ob Savi ($RIS^1 = 1,003$; $p^2 = < 0,001$) in občini Trbovlje ($RIS = 1,004$; $p = < 0,001$) ter O_3 (zamik 1 dan) v občini Zagorje ob Savi ($RIS = 1,002$; $p = 0,003$). V primeru SO_2 so rezultati pokazali, da je časovna povezanost statistično značilna, vendar smer povezanosti glede na literaturo in biološko smiselno ni smiselna tako v občini Zagorje ob Savi ($RIS = 0,983$; $p = < 0,001$) kot občini Trbovlje ($RIS = 0,986$; $p = < 0,002$). Pozitivna časovna povezanost se je pokazala tudi v primeru NO_2 v občini Trbovlje, vendar povezanost ni statistično značilna ($RIS = 1,002$; $p = 0,456$).

Razprava

Rezultati časovne analize povezanosti so pokazali, da se je v opazovanem obdobju v Zasavju pokazala statistično značilna povezanost med obiski otrok zaradi boleznih dihal in onesnaženostjo zunanjega zraka s PM_{10} v občini Zagorje ob Savi in Trbovlje. Občine Hrastnik zaradi krajše časovne vrste ne moremo primerjati z ostalima dvema občinama. Pomembno onesnaževalo, ki prispeva k onesnaženosti zunanjega zraka je tudi O_3 v občini Zagorje ob Savi in Hrastnik ter NO_2 v občini Trbovlje.

V prvih dveh fazah projekta smo ocenili dostopnost in kakovost zdravstvenih in okoljskih podatkov. Pri oceni kakovosti zdravstvenih podatkov v raziskavah celostnega sklapljanja zdravstvenih in okoljskih podatkov s popolnostjo podatkov ni bilo problemov. V vseh treh opazovanih zdravstvenih domovih so bili namreč na voljo podatki za vse dni opazovanega obdobja, opredelili pa smo nekatere vsebinske nejasnosti pri beleženju zdravstvenih podatkov. Omenjena problematika predstavlja predvsem izzive specialistom s področja javnega zdravja.

Pri oceni kakovosti imisijskih podatkov v raziskavah celostnega sklapljanja zdravstvenih in okoljskih podatkov smo opredelili pomanjkljivosti zaradi nepopolnosti zajema podatkov opazovanih onesnaževal na merilnih postajah v Zasavju. V omenjenem obdobju se tudi niso izvajale meritve posameznih onesnaževal (npr. NO_2 , PM_{10}) na nekaterih merilnih postajah. Največji odstotek manjkajočih meritev je bil: pri PM_{10} (če izvzamemo merilno postajo Hrastnik, kjer so pričeli z meritvami leta 2010) na merilni postaji Trbovlje, pri SO_2 na merilni postaji Zagorje ob Savi, pri O_3 pa ponovno na merilni postaji Trbovlje. Na ARSO so pojasnili, da so vzroki za neizmerjene koncentracije predvsem posledica kontrole ali umerjanja merilne naprave oziroma zamašitve filtra na merilni napravi, nikakor pa ne v namerni zaustavitvi merilne naprave. V naši raziskavi

¹ Razmerje incidenčnih stopenj

² Statistična značilnost ($p \leq 0,05$)

prav tako nismo mogli vključiti rutinsko zbranih podatkov različnih velikosti delcev. V okviru državnega monitoringa se stalno v Sloveniji merijo le koncentracije delcev velikosti PM_{10} , na treh lokacijah (Ljubljana Biotehniška fakulteta, Maribor center in Maribor Urbanski plato) pa se merijo tudi koncentracije $PM_{2,5}$ [36]. V posebnih raziskavah se v Sloveniji merijo koncentracije UFP v zunanjem zraku (projekt UFIREG) ter kemijska sestava različnih velikosti delcev [37]. Zbiranje tovrstnih podatkov pa bi bilo v tovrstnih raziskavah ključnega pomena za nepristranske rezultate. Številne raziskave so dokazale, da so frakcije delcev, manjših od 10 mikrometrov, zaradi svoje velikosti ter fizikalno-kemičnih lastnosti, boljši kazalnik izpostavljenosti onesnaženosti zraka [38,39] in njegove povezanosti z vplivi na zdravje.

Pomembna pomanjkljivost naše raziskave se je pokazala tudi pri uporabi rutinsko zbranih imisijskih podatkov, ki se merijo na stacionarnih merilnih postajah. Zato se pri oceni povezanosti podatkov o izpostavljenosti onesnaženemu zraku in učinki na zdravje poraja dvom o natančnosti ocene [40, 41].

Poleg omenjenih pomanjkljivosti ima projekt tudi številne prednosti. Eno izmed pomembnih prednosti predstavlja multidisciplinarno sodelovanje. Na podlagi sodelovanja strokovnjakov s področja okolja in zdravja smo lahko ocenili kakovost in uporabnost zdravstvenih in okoljskih podatkov za nadaljevanje tovrstnih raziskav v Sloveniji. Na podlagi poznavanja posameznega področja smo tudi oblikovali predloge za odpravo tovrstnih pomanjkljivosti. V primeru zdravstvenih podatkov bi bilo na nacionalni ravni potrebno poenotiti beleženje diagnoz v zdravstveno-informacijskem sistemu (izdelati natančna navodila za beleženje). Prav tako bi bilo potrebno povečati ozaveščenost o pomenu uporabe MKB klasifikacije in pomenu pravilnega šifriranja bolezni po tej klasifikaciji. Pri okoljskih podatkih bi bilo morda smiselno spremeniti kriterije, ki opredeljujejo, gostoto merilnih naprav ter nabor ekoloških parametrov, ki se merijo. Ker pa je to težko izvedljivo, bi bilo potrebno več narediti na področju kakovosti in dostopnosti vhodnih podatkov za oceno širjenja onesnaženosti zunanjega zraka z okoljskimi modeli. Meritve na stacionarnih merilnih postajah pa bi bile uporabne za validacijo uporabljenih okoljskih modelov.

Plod multidisciplinarnega sodelovanja je bila tudi uporaba različnih metodoloških pristopov iz različnih področij ter posledično nadgradnja same metodologije [42, 43].

IZZIVI ZA PRIHODNOST

Onesnaževala v zunanjem zraku, ki so predstavljal glavno grožnjo javnemu zdravju v preteklosti, kot so SO_2 ali grobi delci, večji od 10 mikrometrov, smo z različnimi tehničnimi ukrepi obvladali oziroma jih uspemo v procesih čiščenja z odpadnih plinov izločiti, predno pridejo v ozračje. Novo in zelo zanimivo področje raziskovanja pa se odpira pri ocenjevanju vplivov UFP na zdravje. Epidemiološke in toksikološke študije [28,44] nakazujejo, da predstavljajo UFP, manjši od 100 nm dolgoroč-

no nevarnost za zdravje. Zaradi svoje majhnosti lahko prodirajo v pljučih vse do alveolov, v organizmu pa lahko prehajajo skozi celične stene [45] v krvni obtok in v posamezne organe. Po svoji kemijski strukturi so UFP delci lahko zelo različni, odvisno od procesa njihovega nastanka. Poleg neposredne toksičnosti pa škodo v organizmu povzročajo tudi zaradi svoje prisotnosti, saj lahko v celicah povzročijo avtoimunski odziv in posledično oksidativni stres [46, 47], le ta pa je vzrok za staranje celic in vnetne reakcije. Raziskave UFP, tako njihovega vpliva na zdravje kot tudi njihovega nastajanja in obnašanja v ozračju so zato ena od prioritet raziskovanja na področju aerosolske znanosti.

Drugi izziv, s katerim se soočajo raziskovalci na področju raziskovanja vplivov onesnaženega zraka na zdravje prebivalcev, pa je ocena vpliva na zdravje zaradi hkratne izpostavljenosti mešanici različnih onesnaževal, katerim smo vsakodnevno izpostavljeni. Z namenom uvajanja ustreznih ukrepov za ohranjanje in zagotavljanje zdravja prebivalstva je zaradi vse večje obremenjenosti okolja s kemikalijami na področju javnega zdravja ključno poznavanje tveganj za zdravje ljudi. A žal navadno ni le enega odgovora na vprašanje o oceni tveganja za snovi v okolju [48]. Posameznik je izpostavljen številnim škodljivim dejavnikom iz okolja, ki nanj delujejo sila različno. Škodljivi učinki različnih onesnaževal v okolju, tudi v zraku, so zaradi svoje zapoznelosti ter dolgotrajnega in počasnega delovanja navadno težko opazni, zaradi razpršenosti v okolju pa zelo težko obvladljivi in nepredvidljivi. Orodje, ki te probleme relativno uspešno opredeljuje, je ocena tveganja [48-52]. Proces ocenjevanja tveganja je metodološki pristop, usmerjen v odkrivanje tistega nivoja izpostavljenosti določeni škodljivosti v okolju, ki ne povzroči kvarnih posledic. Kljub pozitivnim rezultatom metode se v okviru ocenjevanja tveganja soočamo z mnogimi neznankami in napačnimi predpostavkami, povezanimi s samim procesom izdelave ocene tveganja, kot so: negotovost rezultatov (napake pri vzorčenju, napake pri analitiki, sistematske napake), nejasni toksikološki podatki, spreminjanje tveganja glede na pot vnosa nevarne snovi v organizem, uporaba nezadostnega modela doza-učinek, znotraj vrstne in medvrstne ekstrapolacije podatkov, (ne)zanesljivost metode QSAR, negotovost modeliranja (poenostavljanje kompleksnih pojavov v okolju in telesu), ekstrapolacija učinka visokih doz na učinke pri nizkih, individualno tveganje proti tveganju za celotno populacijo, multiplikativni učinki [53], učinki sinergizma [54], učinki antagonizma [54], (ne)upoštevanje vpliva razgradnih produktov opazovane snovi, (ne)upoštevanje učinka hormeze [55-57], upoštevanje najhujšega možnega scenarija, tveganje v primeru rakotvornih kemikalij, upoštevanje ali ignoriranje popravljajnih mehanizmov znotraj celic, postavitve praznih odmerkov [58], uporaba zakonsko opredeljenih vrednosti (varnost v primeru izpostavljenosti koncentracijam pod mejno vrednostjo), izpostavljenost "naravnim" kemikalijam v rastlinah [59], (ne)ponovljivost epidemioloških študij, (ne)upoštevanje specifičnega delovanja nanodelcev [60], različni čas izpostavljenosti (kronični, akutni, dedni učinki), bioakumulacija in biokoncentracija po prehranskih verigah [61-63]. Tradicionalni pristop k oceni tveganja žal navadno temelji na parcialnem ugotavljanju škodljivosti izbrane (opazovane) kemikalije v svoji osnovni

pojavnimi oblikami (enako velja za toksikološke teste, na katerih ocena tveganja temelji), zgoraj omenjene omejitvene dejavnike pa v večini primerov ne upošteva. V bodoče bo potrebno k ocenjevanju tveganja za zdravje ljudi pristopiti celostno in upoštevati realističen model izpostavljenosti (hkratna izpostavljenost različnim onesnaževalom v različnih oblikah in formulacijah).

V luči izboljšanja ocene izpostavljenosti in posledično opredeljevanja učinkov na zdravje bo v prihodnosti potrebno izboljšati vhodne zdravstvene in okoljske podatke. Velike izzive predstavlja tudi nagradnja metodologije povezovanja zdravstvenih in okoljskih podatkov. Za bolj natančno oceno izpostavljenosti onesnaženosti zunanjega zraka bi bilo v prihodnje potrebno raziskave usmeriti v prostorske analize. V raziskavah časovnih trendov lahko namreč ocenimo stopnjo onesnaženosti le na mestu, kjer je locirana merilna postaja, za bolj natančno prostorsko oceno stopnje onesnaženosti zunanjega zraka pa so danes na voljo različne tehnike modeliranja. Na primeru Zasavja so strokovnjaki zdravstvene in okoljske stroke razvili metodologijo prostorskega povezovanja zdravstvenih in okoljskih podatkov na ravni majhnih prostorskih enot na zelo razgibanem reliefu z zelo razgibano meteorologijo [42]. V prihodnosti bo potrebno metodologijo nadgraditi z upoštevanjem potencialnih motečih dejavnikov v zunanjem in notranjem okolju.

ZAKLJUČKI

Kakovost zunanjega zraka lahko opredelimo kot zelo pomembno determinanto zdravja. Pri ocenjevanju izpostavljenosti onesnaženosti zunanjega zraka in učinkov na zdravje ljudi je potrebno multisektorsko sodelovanje. V prispevku smo na modelnem območju Zasavja prikazali primer takšnega sodelovanja v okviru raziskovalnega projekta. Pomemben povezovalni člen pri oceni izpostavljenosti so predstavljali tudi strokovnjaki s področja sanitarnega inženirstva. V prihodnosti pomemben izziv na obravnavanem področju in pri ocenjevanju ostalih okoljskih tveganj predstavlja nagradnja metodologije povezovanja zdravstvenih in okoljskih podatkov ob upoštevanju motečih dejavnikov ter proučevanje ultrafinih delcev na zdravje.

ZAHVALA

Avtorji se zahvaljujemo Javni agenciji za raziskovalno dejavnost Republike Slovenije in Ministrstvu za zdravje Republike Slovenije za finančno podporo projekta V3-1049. Zahvala gre tudi sodelujočim članom projektne skupine, odgovornim osebam v zdravstvenih domovih v Zasavju za posredovanje zdravstvenih podatkov ter Agenciji Republike Slovenije za okolje za posredovanje okoljskih podatkov. Del prispevka (ocena tveganja) je nastal v okviru raziskave, podprte s strani Evropskega socialnega sklada (ESS) in Ministrstva za šolstvo, znanost in šport Republike Slovenije, za kar se jim zahvaljujemo.

LITERATURA

- [1] Levy MN, Koeppen BM, Stanton BA. Berne and Levy Principles of Physiology. 4th edition. St. Louis: Mosby Publishers, 1998.
- [2] Yassi A, Kjellstrom T, de Kok T, Guidotti TL. Basic environmental health. New York: Oxford University Press, 2001: 180-208.
- [3] Farkaš-Lainščak J, Kukec A, Bizjak M, Košnik M. Onesnaženost zunanjega zraka in učinki na zdravje. V: Zdravje in okolje. Izbrana poglavja. Ljubljana: Univerza v Ljubljani, Medicinska fakulteta, Katedra za javno zdravje, 2011: 63-77.
- [4] Farkaš-Lainščak J, Koprivnikar H, Kukec A, Košnik, M. Najpomembnejši dejavniki tveganja za bolezni dihal. Med razgl 2012; 51: 409-24.
- [5] Curtis L, Rea W, Smith-Willis P, Fenyves E, Pan Y. Adverse health effects of outdoor air pollutants. Environ Int 2006; 32: 815-30.
- [6] European Respiratory Society. European Respiratory Roadmap. Recommendations for the future of respiratory medicine. Healthcare professionals version. Lausanne: European Respiratory Society; 2011.
- [7] Künzli N, Perez L. Evidence based public health – the example of air pollution. Swiss Med Wkly 2009; 139 (17-18): 242-50.
- [8] Samoli E, Touloumi G, Schwartz J, et al. Short Term Effects of Carbon Monoxide on Mortality: An Analysis within the APHEA Project. Environ Health Perspect 2007; 115 (11): 1578-83.
- [9] Nordling E, Berling N, Melen E, Emenius G, Hallberg J, Nyberg F. Traffic-related air pollution and childhood respiratory symptoms, function and allergies. Epidemiology 2008; 19: 401-08.
- [10] Schwartz J. Air pollution and children's health. Pediatrics 2004; 113: 1037-43.
- [11] Dockery DW. Health effects of particulate air pollution. Ann Epidemiol 2009; 19(4): 257-63.
- [12] Eržen I, Kukec A, Zaletel-Kragelj L. Air pollution as a potential risk factor for chronic respiratory diseases in children: A prevalence study in Koper Municipality. Healthmed 2010; 4: 945-54.
- [13] Kukec A, Farkas J, Erzen I, Zaletel-Kragelj L. A prevalence study on outdoor air pollution and respiratory diseases in children in Zasavje, Slovenia, as a lever to trigger evidence-based environmental health activities. Arh Hig Rada Toksikol 2013; 64: 9-21.
- [14] Kukec A, Erzen I, Farkas J, Zaletel-Kragelj L. Impact of air pollution with PM₁₀ on primary health care consultations for respiratory diseases in children in the Zasavje region, Slovenia: a time-trend study. Zdrav Vars 2014; 53: 55-68.
- [15] Jereb G. Collection, analysis and characterization of particulate matter deposition in and around Koper. Magistrsko delo. Nova Gorica: Univerza v Novi Gorici, 2010.
- [16] Fink R. Vpliv mikroklimatskih razmer in kakovosti zraka v mestnem okolju na zdravje in počutje ljudi s srčno-žilnimi boleznimi. Doktorsko delo. Ljubljana: Univerza v Ljubljani, 2013.
- [17] Rems-Novak MM. Effects of air pollution with ozone on primary health care consultations for respiratory tract disease in children in Koper Municipality. Magistrsko delo. Nova Gorica: Univerza v Novi Gorici, 2013.
- [18] Kukec A. An environmental model for the relationship between air pollution and respiratory diseases in children: the Zasavje case. Doktorsko delo. Nova Gorica: Univerza v Novi Gorici, 2013.
- [19] Kukec A, Zaletel-Kragelj L, Bizjak M, in sod. Študija celostnega sklapljanja zdravstvenih in okoljskih podatkov v Zasavju kot model študije za podporo pri oblikovanju in izvajanju medsektorskih politik s področja okolja in zdravja. Zaključno poročilo. Ljubljana: Univerza v Ljubljani, Medicinska fakulteta; 2012.
- [20] Briggs D, Corvalan C, Nurminen M. Linkage methods for environment and health analysis. General guidelines. Geneva: World Health Organization, Office of Global and Integrated Environmental Health; 1996.

- [21] Corvalan C, Nurminen M, Pastides H. Linkage methods for environment and health analysis. Technical guidelines. Geneva: World Health Organization, Office of Global and Integrated Environmental Health; 1997.
- [22] Borrego C, Tchepel O, Costa AM, Martins H, Ferreira J. Urban Population Exposure to Particulate Air Pollution Induced by Road Transport. In: Air pollution modeling and its application XVII. Borrego C, Norman AL (eds.). New York: Springer Science&Business media, LLC; 2007.
- [23] Morgenstern H, Thomas D. Principles of study design in environmental epidemiology. *Environ Health Perspect* 1993; 101(Suppl 4): 23-38.
- [24] Morgenstern H. Ecologic studies. In: Rothman KJ, Greenland S (eds). *Modern Epidemiology*. Philadelphia: Lippincott-Raven; 1998.
- [25] Šimac N. Onesnaženost zraka z ozonom na Goriškem – ocena vplivov na zdravje ljudi. Specialistična naloga s področja javnega zdravja. Nova Gorica: Zavod za zdravstveno varstvo Nova Gorica; 2008.
- [26] Erlih S, Eržen I. Geografski vzorci pojavljanja bolezni dihalnih poti otrok v občini Koper. *Zdrav var*, 2010; 49(1): 19-27.
- [27] Kuček A, Zaletel-Kragelj L, Eržen I, Farkaš-Lainščak J. Bolezni dihal pri šolskih otrocih v Zasavju v povezavi s stopnjo onesnaženosti okolja. Zaključno poročilo. Ljubljana: Univerza v Ljubljani, Medicinska fakulteta, Katedra za javno zdravje; 2008.
- [28] Morawska L, Moore M, Ristovski Z. Desktop literature review and analysis: health impacts of ultrafine particles. Australia: Australian Department of the Environment and Heritage; 2004.
- [29] ERICo Velenje, Inštitut za ekološke raziskave. Onesnaženost okolja in naravni viri kot dejavniki razvoja v zasavski regiji modelni pristop. Zaključno poročilo. Velenje: Inštitut za ekološke raziskave Velenje; 2001.
- [30] ERICo Velenje, Inštitut za ekološke raziskave. Poročilo o stanju okolja v občini Zagorje ob Savi. Zaključno poročilo. Velenje: Inštitut za ekološke raziskave Velenje; 2010.
- [31] Inštitut za energetiko. Delež velikih nepremičnih virov emisij pri obremenjevanju zraka v Zasavju ter njihov vpliv na kakovost zraka v Zasavju. Končno poročilo. Ljubljana: Inštitut za energetiko; 2007.
- [32] Grašič B. Improvement of the performance of an air pollution dispersion model for use over complex terrain. Doktorska disertacija. Nova Gorica: Univerza v Novi Gorici, 2008.
- [33] Eržen I, Vertačnik G, Podkrajšek D in sod. Proučevanje vpliva okolja na pojav določenih bolezni in povečano stopnjo umrljivosti prebivalcev na območju občine Zagorje ob Savi. Zaključno poročilo. Celje: Zavod za zdravstveno varstvo Celje; 2006.
- [34] Farkaš-Lainščak J, Zaletel-Kragelj L, Eržen I. Kronična obolenja dihal med otroki v Zagorju. V: Zaletel-Kragelj L (ur.). *Zbornik prispevkov*. Ljubljana: Medicinska fakulteta, Katedra za javno zdravje; 2007: 42-7.
- [35] Parodi S, Bottarelli E. Poisson regression model in epidemiology – an introduction. *Ann Fac Medic Vet di Parma* 2006; 26: 25-44.
- [36] Šegula A, Bolte T, Koleša T, in sod. Kakovost zraka v Sloveniji v letu 2011. Letno poročilo. Ljubljana: Agencija Republike Slovenije za okolje; 2012.
- [37] Bolte T, Koleša T, Šegula A, in sod. Opredelitev virov delcev PM₁₀ v Zagorju ob Savi. Zaključno poročilo. Ljubljana: Agencija Republike Slovenije za okolje; 2010.
- [38] Zhang F, Li L, Krafft T, Lv J, Wang W, Pei D. Study on the association between ambient air pollution and daily cardiovascular and respiratory mortality in an urban district of Beijing. *Int J Environ Res Public Health* 2011; 8(6): 2109-23.
- [39] Willocks LJ, Bhaskar A, Ramsay CN, in sod. Cardiovascular disease and air pollution in Scotland: no association or insufficient data and study design? *BMC Public Health* 2012; 12: 227.
- [40] Ebelt ST, Petkau AJ, Vedal S, Fisher TV, Brauer M. Exposure of chronic obstructive pulmonary disease patients to particulate matter: relationships between personal and ambient air concentrations. *J Air Waste Manag Assoc* 2000; 50(7): 1081-94.

- [41] Fraga J, Botelho A, Sa A, Costa M, Quaresma M. The lag structure and the general effect of ozone exposure on pediatric respiratory morbidity. *Int J Environ Res Public Health* 2011; 8: 4013-24.
- [42] Kuček A, Božnar MZ, Mlakar P, in sod. Methodological approach in determination of small spatial units in a highly complex terrain in atmospheric pollution research: the case of Zasavje region in Slovenia. *Geospatial Health* 2014; 8(2): 527-35.
- [43] Kuček A, Zaletel-Kragelj L, Farkaš-Lainščak J, in sod. Health geography in case of Zasavje: Linking of atmospheric air pollution and respiratory diseases data. *Acta Geogr Slov* 2014 (sprejeto v objavo).
- [44] Andersen ZJ, Wahlin P, Raaschou-Nielsen O, Ketzler M, Scheike T, Loft S. Size distribution and total number concentration of ultrafine and accumulation mode particles and hospital admissions in children and the elderly in Copenhagen, Denmark. *Occup Environ Med* 2008, 65: 458-66.
- [45] Oberdörster G, Oberdörster E, Oberdörster J. Nanotoxicology: an emerging discipline evolving from studies of ultrafine particles. *Environ Health Perspect* 2005, 113: 823-39.
- [46] Andersen ZJ, Olsen TS, Andersen KK, Loft S, Ketzler M, Raaschou-Nielsen O. Association between short-term exposure to ultrafine particles and hospital admissions for stroke in Copenhagen, Denmark. *Eur Heart J* 2010, 31: 2034-40.
- [47] Saha D, Vijayaraghavan R, Kannana GM. Silica nanoparticle induces oxidative stress and provokes inflammation in human lung cells. *Journal of Experimental Nanoscience*, 2014.
- [48] Patton DE. The ABCs of risk assessment. *EPA Journal*, 1993; 19: 10-5.
- [49] EPA. Risk Assessment Guidance for Superfund – Volume I. Human Health Evaluation Manual (Part A) - Interim Final. Washington: Office of Emergency and Remedial Response, U.S. Environmental Protection Agency; 1989.
- [50] Asante-Duah K. Public health risk assessment for human exposure to chemicals. London: Kluwer Academic Publisher; 2002.
- [51] Leeuwen C J, van Vermeire T. Risk assessment of chemicals: an introduction, 2nd ed., Dordrecht: Springer Publishers; 2007.
- [52] Robson MG, Toscano WA. Risk assessment for environmental health. ZDA: John Wiley & Sons, Inc; 2007.
- [53] Yang J, Cao J, Sun X, in sod. Effects of long-term exposure to low levels of organophosphorous pesticides and their mixture on altered antioxidative defense mechanisms and lipid peroxidation in rat liver. *Cell Biochem Funct*, 2011.
- [54] Berry WL, Wallace A. Toxicity: The concept and relationship to the dose response curve. *Journal of Plant Nutrition* 1981; 3(1-4): 13-9.
- [55] Fukushima S, Kinoshita A, Puatanachokchai R, Kushida M, Wanibuchi H, Morimura K. Hormesis and dose-response-mediated mechanisms in carcinogenesis: evidence for a threshold. *Carcinogenesis* 2005; 26: 1835-45.
- [56] van Wyngaarden KE, Pauwels EK. Hormesis: are low doses of ionizing radiation harmful or beneficial? *Eur J Nucl Med* 1995; 22: 481-6.
- [57] Calabrese V, Cornelius C, Dinkova-Kostova AT, Calabrese EJ, Mattson MP. Cellular Stress Responses, The Hormesis Paradigm, and Vitagenes: Novel Targets for Therapeutic Intervention in Neurodegenerative Disorders. *Antioxidants & Redox Signaling* 2010; 13(11): 1763-811.
- [58] Anderson EL. Quantitative Approaches in Use to Assess Cancer Risk. *Risk Analysis* 1983; 3(4): 277-95.
- [59] Poljšak B. Genotoksičnost naravnih kemikalij = Genotoxic properties of natural chemicals. *International journal of sanitary engineering research* 2007; 1(1): 19-26.
- [60] Petković J, Kůzma T, Rade K, Novak S, Filipič M. Pre-irradiation of anatase TiO₂ particles with UV enhances their cytotoxic and genotoxic potential in human hepatoma HepG2 cells. *Journal of Hazardous Materials* 2011; 196: 145-52.



- [61] Franke C, Studinger G, Berger G, in sod. The assessment of bioaccumulation. *Chemosphere* 1994; 29(7): 1501-14.
- [62] LeBlanc GA. Trophic-Level Differences in the Bioconcentration of Chemicals: Implications in Assessing Environmental Biomagnification. *Environ Sci Technol* 1995; 29(1):154-60.
- [63] Hu G, Dai J, Xu Z, in sod. Bioaccumulation behavior of polybrominated diphenyl ethers (PBDEs) in the freshwater food chain of Baiyangdian Lake, North China. *Environment International* 2010; 36(4): 309-15.

Onesnažila v zraku, vodi in hrani, oksidativni stres in antioksidanti

Pollutants in air, water and food, oxidative stress and antioxidants

Uroš **GLAVAN**, Rok **FINK**, Nevenka **FERFILA**,
Borut **POLJŠAK**, Gregor **JEREB***

POVZETEK

Prosti radikali oz. reaktivne kisikove zvrsti (RKZ) endogenega izvora so stranski produkt oksidativne fosforilacije, kjer se energija iz hrane in kisik pretvarjata v ogljikov dioksid, vodo in energijo. V mitohondrijih poteka redukcija molekule kisika v vodo v verigi prenosa štirih elektronov. Ta proces ni idealen, ker med procesom elektronskega verižnega transporta pri oksidativni fosforilaciji iz mitohondrijev "uhajajo" stranski produkti v citosol. Na ta proces žal nimamo vpliva. Drugi vzrok izpostavljenosti organizma RKZ pa je okolje v katerem živimo. Neprestano smo izpostavljeni oksidantom iz okolja, kot so: ozon, dušikovi oksidi, ionizirajoče in UV- sevanje, pesticidi, alkoholi, stranski produkti dezinfekcije vode s klorom, tobačni dim, itd. Na eksogeno izpostavljenost RKZ imamo delni vpliv: (i) lahko se umaknemo v okolje, kjer je manjša koncentracija okoljskih onesnažil, (ii) zaščitimo se lahko s povečanim vnosom antioksidantov. V prispevku bomo predstavili ali se je smiselno z antioksidanti zaščititi pred tistimi okoljskimi onesnažili, ki vplivajo na povečan oksidativni stres organizma.

Ključne besede: Reaktivne kisikove zvrsti, okoljska onesnažila, antioksidanti

ABSTRACT

Free radicals and other reactive oxygen species (ROS) are mainly formed endogenously during oxidative phosphorylation inside our cells. During this process, energy in the form of ATP is obtained from ingested food. Compounds from the food react with oxygen and carbon dioxide, water and energy are released. More precisely, each molecule of oxygen is reduced in 4 step reaction into water. However, the mentioned reaction is not 100 % efficient due to partial reduction of oxygen which leads to the formation of ROS. Due to their reactivity ROS molecules cause damage to the cell macromolecules. Unfortunately, there is little we can do regarding the formation of ROS from the endogenous source. The second source of ROS-causing damage to human cells originates from the environment we are living in. We are constantly exposed to diverse oxidizing products like: ozone, nitrogen oxides, ionizing and non-ionizing radiation (e.g., UV-radiation), various pesticides, alcohol, disinfection by-products, cigarette smoke, etc. In the case of exogenous ROS exposure we have partial influence:

Received: 2. 10. 2014

Accepted: 5. 11. 2014

Univerza v Ljubljani,
Zdravstvena fakulteta,
Oddelek za sanitarno inženirstvo,
Zdravstvena pot 5, 1000 Ljubljana,
Slovenija

* *Corresponding author*

mag. Gregor Jereb
Univerza v Ljubljani,
Zdravstvena fakulteta,
Oddelek za sanitarno inženirstvo,
Zdravstvena pot 5, 1000 Ljubljana,
Slovenija
gregor.jereb@zf.uni-lj.si

we can either move to the environment with less ROS-sources or we can protect ourselves with ingestion of antioxidants. In the article, data will be discussed, whether it is reasonable to increase our defense against environmentally-induced oxidative stress with antioxidants or not.

Key words: reactive oxygen species, environmental pollutants, antioxidants

UVOD

Ljudje smo neprestano izpostavljeni škodljivim vplivom iz okolja. Onesnažila najdemo tako v zraku, vodi in hrani, v našem okolju pa se pojavljajo bodisi kot naravne kemikalije iz okolja, večkrat pa kot posledica (namernih in nenamernih) izpustov v okolje in namenske rabe različnih spojin v tehnoloških procesih. V pitno vodo in hrano tako nemalokrat vnašamo različne kemikalije predvsem z namenom zadostiti tehnološkemu postopku in/ali varovanju opreme in naprav (nižanje stroškov pri vzdrževanju in obnovi naprav), ne pa tudi potencialnega tveganja za zdravje.

Zdravo okolje brez oksidantov in prostih radikalov je predpogoj za naše zdravje. Skoraj vsa okoljska onesnažila (ozon, dušikovi oksidi, žvepovi oksidi, pesticidi, klor, cigaretni dim itd.) so hkrati močni oksidanti [1]. V naše telo vstopajo z uživanjem hrane, z vdihavanjem in preko kože. V našem telesu sprožajo reakcije oksidacije, kar poškoduje naše celice in pospešuje procese staranja. Na področju zdravstvene ekologije se intenzivno preučuje vloga okoljskih onesnažil (npr., ozon, dušikovi oksidi, UV in radioaktivno sevanje, CCl₄, bromoform, benzen, smog, cigaretni dim, nekateri pesticidi), ki s povzročanjem oksidativnega stresa povzročajo škodo na celičnih komponentah v različnem obsegu, v odvisnosti od ekstrinzičnih in intrinzičnih faktorjev [2].

REAKTIVNE KISIŠKOVE ZVRSTI

Izraz reaktivne kisikove zvrsti zajema molekule kisika v različnih redukcijskih in/ali vzbujenih stanjih in spojine kisika z vodikom, klorom in dušikom [3]. Primarne reaktivne kisikove zvrsti, kamor sodijo superoksidni anion, vodikov peroksid, hidroksilni radiakal in singletni kisik, reagirajo s celičnimi makromolekulami (lipidi, proteini, DNK) in tako nastanejo sekundarne kisikove zvrsti (hidroperoksidi, alkoksilni in peroksilni radikali, epoksidi ali aldehidi), ki povzročijo še dodatne poškodbe celičnih organelov (mitohondriji, jedro), celičnih membran in encimov [3, 4].

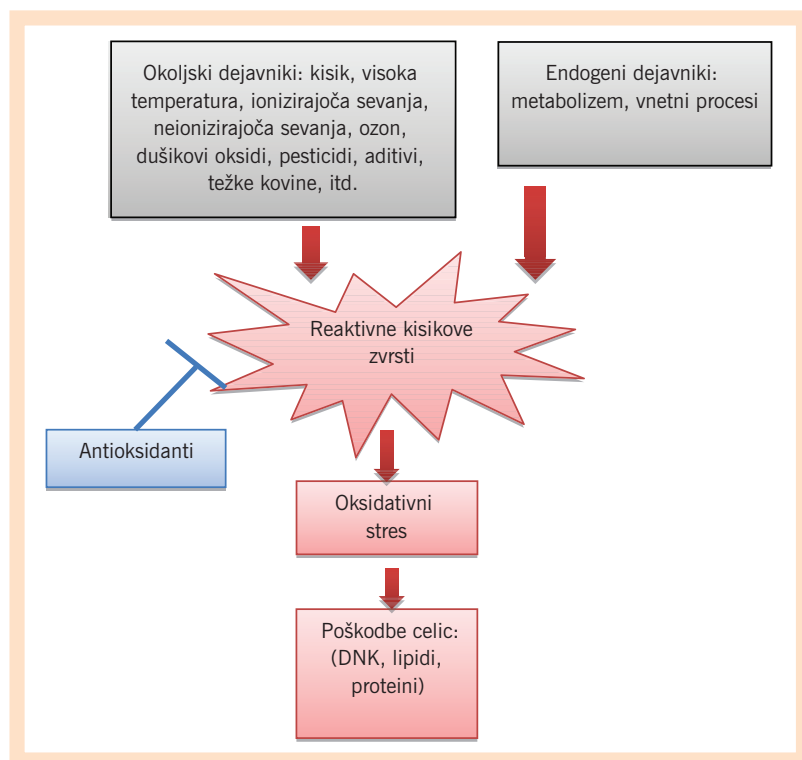
Tabela 1: Najpogostejši kisikovi radikali in njihova življenjska doba

| Prosti radikal | Ime | Življenjska doba (37°C) |
|------------------------------|-------------------------|-------------------------|
| HO [·] | Hidroksilni radikal | 1 nanosekunda |
| HO ₂ [·] | Hidroperoksilni radikal | nestabilen |
| RO [·] | Alkoksilni radikal | 1 mikrosekunda |
| ROO [·] | Peroksilni radikal | 7 sekund |
| NO [·] | Dušikov oksidni radikal | 1 ⁻¹⁰ sekund |
| ¹ O ₂ | Singletni kisik | 1 mikrosekunda |

Povzeto po Poljšak in sod. [2]

OKSIDATIVNI STRES

Ko reaktivnih kisikovih zvrsti (v nadaljevanju RKZ) nastane več, kot jih lahko antioksidanti nevtralizirajo, govorimo o stanju oksidativnega stresa, ki se kaže kot oksidativne poškodbe DNK, lipidov in proteinov v celicah (shema 1). Škoda, nastala v celicah zaradi delovanja RKZ se kopiči in z leti lahko privede do nastanka degenerativnih starostnih bolezni, kot so rak, bolezni srca in ožilja, upad imunskega sistema, disfunkcije možganov in staranje organizma. Biomedicinska literatura navaja številne korelacije med reaktivnimi kisikovimi zvrstmi in etiologijo preko 100 bolezenskih stanj [5].



Shema 1:

Nastanek RKZ, nastanek oksidativnih poškodb in potencialna obramba z antioksidanti

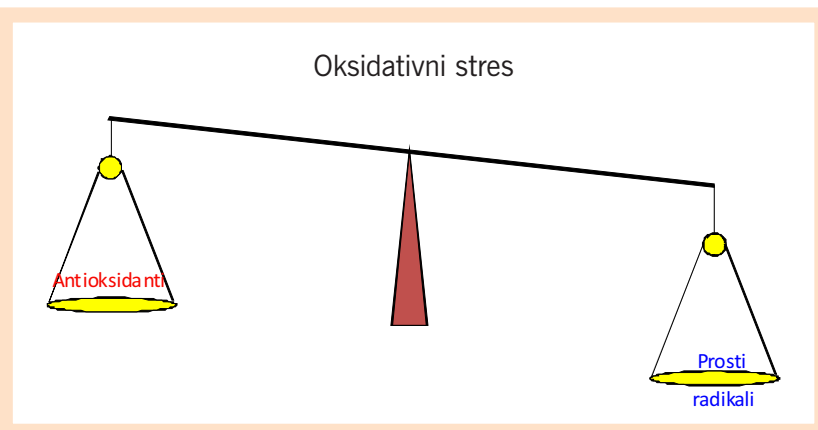
ANTIOKSIDATIVNI OBRAMBNI SISTEMI

Ljudje in ostali aerobni organizmi lahko živimo ob prisotnosti kisika, ker smo tekom evolucije razvili encimske in neencimske antioksidativne obrambne sisteme za nevtralizacijo RKZ. Antioksidant je vsaka snov, ki je sposobna že v nizki koncentraciji (v primerjavi s koncentracijo substrata, ki je tarča radikalov) zadržati ali zavreti oksidacijo substrata [5]. Antioksidanti zaščitijo celico pred RKZ na več načinov, kot so vezava kovinskih ionov, encimska odstranitev oksidantov ali pa sami neposredno reagirajo z RKZ [6]. Antioksidativne obrambne sisteme tako razdelimo na primarne in sekundarne. Primarni sistemi preprečijo iniciacijske in/ali propagacijske reakcije radikalov/oksidantov s celičnimi komponentami. Sem se uvrščajo tako encimski (katalaza, superoksid dismutaza, glutation peroksidaza, itd.) kot tudi neencimski (glutation, tioredoksin, itd.) obrambni sistemi. Ti obrambni sistemi so večinoma endogenega izvora in jih celice lahko sintetizirajo same. Eksogene antioksidante zaužijemo s hrano. Mednje sodijo tokoferoli in karotenoidi, ki ščitijo celične membrane, askorbinska kislina, ki ščiti citosol, in ostali.

RKZ v celicah igrajo tudi pozitivno vlogo. Sodelujejo pri signalnih poteh in v obrambi pred patogenimi mikroorganizmi. Ravnotežje med oksidanti in antioksidanti je pri normalnih pogojih v celicah nagnjeno v stran nastajanja RKZ, tako v celicah neprestano nastaja nizka raven škode. Ta ustvari potrebo po sekundarnih obrambnih sistemih, ki prevzamejo vlogo, ko raven oksidantov naraste do take mere, da primarni sistemi niso več zadostni in nastopijo poškodbe celičnih komponent. Med sekundarne obrambne sisteme štejemo lipolitične encime, proteolitične sisteme in popravljalne sisteme DNK [7].

Shema 2:

Porušeno ravnotežje med deležem antioksidantov in prostih radikalov v celici privede do oksidativnega stresa.



IZPOSTAVLJENOST OKOLJSKIM ONESNAŽILOM KOT VZROK ZA NASTANEK OKSIDATIVNEGA STRESA

Okoljska onesnažila povzročajo različne toksične učinke na celičnem nivoju. Oksidativni stres, ki vodi v oksidativne poškodbe celične DNK, lipidov in proteinov ter sproži endogeni antioksidativni obrambni celični mehanizem, je skupni imenovalec toksičnega delovanja velike skupine okoljskih onesnažil [8]. Večina onesnažil v zraku deluje škodljivo tako, da generira nastajanje prostih radikalov in s tem povečuje oksidativni stres [9, 10]. Naj naštejemo le nekaj najpogostejših: žveplovi oksidi, dušikovi oksidi, izpušni plini iz avtomobilov, prašni delci, ozon, cigaretni dim, pa tudi pesticidi (aldrin, dieldrin, organofosfati itd.) in sredstva, ki se uporabljajo pri dezinfekciji vode [11].

ONESNAŽILA V ZRAKU

Onesnažila, ki so prisotna v vdihanem zraku povzročajo številne neugodne vplive na zdravje, npr. draženje zgornjih in spodnjih dihal, pojav kroničnih respiratornih obolenj, pljučnega raka, povečajo incidenco srčno-žilnih obolenj, itd [11]. Številne študije povezujejo povečan oksidativni stres povzročen zaradi izpostavljenosti onesnažilom iz zraku in blagodejni učinek specifičnega antioksidanta [12, 13, 14, 15].

Kisik

Kisik je nedvomno nujno potrebna molekula za obstoj aerobnega življenja, vendar je tudi glavni "krivec" za nastanek reaktivnih kisikovih zvrsti, predvsem pri endogenem metabolizmu znotraj celice. Prosti radikali so stranski produkt oksidativne fosforilacije (elektronska transportna veri-

ga), kjer se energija iz hrane in kisik pretvarjata v ogljikov dioksid, vodo in energijo. Še prej se energija iz hrane pretvori v proste elektrone. Elektroni se v elektronski transportni verigi spajajo s kisikom, pri čemer nastaja voda. Vendar ta reakcija ne poteka 100 % učinkovito. Ocenjuje se, da se 97 % kisika reducira v vodo, 3 % pa sodelujejo v nastanku kisikovih prostih radikalov. Prenos elektronov iz hrane na kisik je pravzaprav glavni razlog, da kisik potrebujemo. Ob medsebojnem podajanju sproščenih elektronov jih nekaj redno ubeži kontroli; le-te ujamejo molekule kisika, ki so zelo dober oksidant ("jemalec" elektronov). Tako se molekula kisika (O_2), obogatena z dodatnim elektronom, spremeni v prosti radikal, imenovan superoksidni anion ali superoksidni radikal ($O_2^{\cdot-}$). To je, kot bi lahko rekli, izvirni prosti radikal, saj se iz njega običajno razvije množica drugih, mnogo bolj nevarnih. Aerobni organizmi se nenehno soočajo s toksičnimi stranskimi učinki molekularnega kisika, t.i. RKZ. Človeška celica metabolizira na uro v povprečju 10^{12} molekul kisika, pri tem proizvede 3×10^4 molekul vodikovega peroksida [16]. Nastanek vodikovega peroksida in njegovih metabolitov povzroči 2×10^4 oksidativnih poškodb na molekulah DNK [17]. RKZ lahko zaradi svoje reaktivnosti poškodujejo vse celične komponente (lipide, proteine in DNK).

Kajenje

Svetovna zdravstvena organizacija ocenjuje, da tobak povzroči kar šest milijonov smrti letno. Kajenje je v obdobju 20. stoletja povzročilo sto milijonov prezgodnjih smrti [18]. Znanstveniki ocenjujejo, da cigareta vsebuje kar 4.000 različnih snovi [5]. Večina teh je strupenih in povzroča poškodbe na naših celicah. Naštejmo samo nekaj teh snovi: nikotin, ogljikov monoksid, acetaldehid, aceton, akrolein, benzen, benzo(a)piren, amonijak, kadmij, krom, nikelj, formaldehid, vodikov cianid, svinec, dušikovi oksidi, stiren, toluen, polonij, vinilklorid, katran. Katran vsebuje številne strupene snovi (policiklični aromatski ogljikovodiki, aromatični amini, nitrozamini). V cigaretnem dimu je tudi veliko rakotvornih (kancerogenih) snovi. Cigaretni dim aktivira nevtrofilce (prve vnetne celice, ki potujejo v vnetišče), ki povzročajo ali pospešujejo vnetne procese, s čimer aktivirajo tudi nastajanje prostih radikalov [19]. Med kajenjem nastaja veliko število prostih radikalov, prisotni so v cigaretnem dimu in katranu. En sam vdih cigaretnega dima vsebuje kar 10^{15} lebdečih prostih radikalov; dodatnih 10^{14} prostih radikalov ob enem samem vdihu v telo vstopa še s katranom [5]. Ker nas antioksidanti varujejo pred prostimi radikali tako, da jih nevtralizirajo in se sami ob tem porabijo, kadilcem kronično primanjkuje vitaminov A, C in E. Poleg tega kadilci običajno zaužijejo tudi manj sadja in zelenjave [20], še posebej tistega, bogatega z vitaminom C in karotenom [21]. Kadilci imajo tako bistveno več oksidativnih poškodb v svojih (ne le pljučnih) celicah in zmanjšan nivo eksogenih antioksidantov [22, 23, 24]. Že ena sama pokajena cigareta zmanjša nivo vitamina C [25]. Že eno leto po prenehanju kajenja se vrednosti antioksidantov normalizirajo [24]. Številne študije tako nakazujejo na protektivno delovanje različnih antioksidantov kot lovilcev prostih radikalov, ki nastajajo v cigaretnem dimu [20, 22, 24, 25, 26, 27].

Dušikovi oksidi (NO_x)

V Evropi je kar 90 % mestnega prebivalstva izpostavljenega prekomernim vrednostim prašnih delcev, dušikovim oksidom (NO_x), ozonu (O₃) in benzenu v zunanjem zraku. Dušikovi oksidi so skupina onesnaževalcev zraka, ki nastajajo pri izgorevanju goriv in pri reakcijah v ozračju po izgorevanju. S skupnim imenom jih imenujemo NO_x. Onesnaženi mestni zrak je najbolj pomemben izvor dušikovih oksidov. Koncentracija v mestih običajno narašča v dopoldanskih urah, ko je količina avtomobilskih izpuhov največja, sončna svetloba pa omogoči fotokemične reakcije. Količine dušikovih oksidov so v mestnem zraku stokrat večje kakor v zraku na podeželju. Tudi onesnaženje v poslopih je pomemben izvor dušikovih oksidov. Poslopja brez prezračevalnih naprav, ki jih ogrevamo s pečmi na kurilno olje, imajo največje koncentracije NO_x. Zrak v poslopih je bolj onesnažen v zimskih kakor v poletnih mesecih, ker pozimi prostore ogrevamo in manj zračimo. Električne centrale, tovarne in prometna sredstva, ki delujejo na osnovi izgorevanja fosilnih goriv, so glavni viri dušikovih oksidov.

Številne študije dokazujejo protektivno delovanje antioksidantov pred oksidativnim stresom povzročenim zaradi izpostavljenosti NO_x [28, 29, 30].

Ozon

Tudi ozon je zelo reaktiven plin. Njegova molekula je zgrajena iz treh atomov kisika (O₃). Zaradi dodatnega atoma v primerjavi z najbolj pogostim dvoatomskim kisikom je manj stabilen in zato hitreje reagira z drugimi snovmi in jih oksidira. Ozon prizadene predvsem dihala, novejša raziskave pa so pokazale tudi njegovo škodljivo delovanje na obtočila (motnje srčnega ritma, pojav ateroskleroze), ki so posledica njegovih sistemskih učinkov [31, 32, 33]. Ozon akutno poveča obolevnost. Potrjena je tudi povezava med onesnaženostjo zraka z ozonom in umrljivostjo. V zraku se poleti poveča koncentracija ozona. Pri nas je najbolj onesnaženo območje Primorska, in sicer tudi zaradi vdora prekursorjev ozona iz Padske nižine. Sočasno vdihavanje ozona in kancerogenih izpustov iz dizelskih motorjev ali kajenje potencira učinek oksidativnega stresa [34, 35].

Prašni delci

Eden od mehanizmov kvarnega delovanja prašnih delcev PM₁₀, PM_{2,5} in UFP (ultrafinih delcev) predstavlja oksidativni stres, ki povzroča lokalno in sistemsko vnetje telesa [1]. Manjši delci namreč lažje prodirajo vse do alveol in skozi kapilare v krvni obtok [36] ter nemoteno potujejo po telesu, zato povzročajo nastanek vnetnih reakcij in oksidativni stres [37, 38] v posameznih organih in celicah.

Dolgotrajna izpostavljenost onesnaženemu zraku z ozonom, dušikovimi oksidi, delci in žveplovimi oksidi je povezana s povečano umrljivost zaradi srčno-žilnih obolenj. Ocenjuje se, da v Evropi za posledicami izpostavljenosti onesnaženemu zraku, katerega vzrok je promet, letno umre od 40.000 do 130.000 ljudi. Najboljši ukrep za znižanje izpostavljenosti onesnaževalom v zraku je izogibanje prometnim cestam in zapiranje

oken v poletnem času, ko je koncentracija ozona najvišja. Tudi prašni delci povečujejo oksidativni stres v organizmu in študije dokazujejo, da bi se ta lahko znižal tudi z uporabo antioksidantov [39].

SEVANJA

Ionizirna kot tudi neionizirna sevanja ob stiku z našimi celicami generirajo proste radikale in pospešujejo nastanek oksidativnega stresa [40, 41, 42, 43]. Sevanje je oblika energije, ki se kot elektromagnetno valovanje ali v obliki delcev širi skozi prostor in snov. Sevanje, ki ga določata frekvenca ter pripadajoča energija, je prisotno povsod v našem okolju ter človeka spremlja že ves čas njegovega razvoja [44]. Človek se danes ne more izogniti nizkofrekvenčnim elektromagnetnim poljem, saj so prisotna povsod, kjer po daljnovodu ali v električnih napravah teče izmenični tok. Električna magnetna polja vdirajo v telo in pri tem inducirajo drobne električne tokove ter v celicah povzročajo oksidativne spremembe. Nekatere epidemiološke raziskave nakazujejo, da je incidenca raka večja pri otrocih, ki živijo blizu daljnovodov z visoko napetostjo [1]. Najpogostejši izvori elektromagnetnih sevanj so električno omrežje (nizko-, srednje- in visokonapetostni vodi, povezani s transformatorji), električni motorji, gospodinjske naprave, industrijske naprave za obdelavo različnih materialov, računalniki, telekomunikacijske naprave, sistem mobilne telefonije, radijski in televizijski oddajniki, medicinske naprave in radarji [44]. Izsledki raziskav glede škodljivosti elektromagnetnih sevanj si nasprotujejo in v nekaterih primerih jih težko pojasnimo zaradi pomanjkljivosti raziskovalnih metod in statističnih obdelav. Zato mora vsakdo iz previdnostnega načela poskrbeti, da ni dalj časa izpostavljen elektromagnetnim valovanjem daljnovodov z visoko napetostjo, velikih motorjev, električnih blazin, da omeji uporabo mobilnih telefonov in izpostavljenost električnim gospodinjskim aparatom [44].

Prav tako se ne moremo v celoti izogniti radioaktivnemu ionizirajočemu sevanju. Le-to je lahko naravnega izvora (sevanje sonca, sevanje iz vesolja, radon v zemlji) ali iz umetnih virov (atomske bombe, medicinske naprave za diagnostiko, radioaktivni odpadki). Radioaktivnost je naravni pojav in je v našem okolju prisoten povsod. Živi organizmi so nenehno izpostavljeni ionizirnemu sevanju iz naravnih virov, kot so kozmični žarki in radionuklidi, prisotni v zraku in zemlji. Poizkusi z jedrskim orožjem so povzročili sprostitve skoraj 10^{18} bekerelov radioaktivnega cezija v ozračje [44]. Nesreča v Černobilu leta 1986 je povzročila približno 4×10^{16} becquerelov sevanja zaradi Cs^{137} in Cs^{134} [44]. Ionizirno sevanje ima, ne glede na svoj izvor, neposreden škodljiv vpliv na celice kot najmanjšo biološko enoto. Radioaktivno sevanje škodljivo deluje na naše celice zato, ker razbije molekulo vode na dva hidroksilna radikala. Vemo pa, da naše telo vsebuje kar 70 % vode. Sevanje lahko zaradi okvare genetskega materiala (DNK), ki ga vsebujejo telesne celice, povzroči raka in poškodbe na plodu [45].

Ionizirna sevanja dokazano povečujejo oksidativne poškodbe DNK, lipidov in proteinov [46, 47, 48]. Številni antioksidanti lahko ublažijo oksidativne poškodbe povzročene zaradi izpostavljenosti sevanjem: npr.,

ebsele, N-acetilcistein, kvercetin in ekstrakti zelenega čaja, kurkumina in številni drugi [11 ter reference iz tega članka]. Antioksidanti, kot so hormon melatonin, kofeinska kislina, Ginkgo biloba, vitamin C in E, ublažijo poškodbe celic, povzročene zaradi uporabe sevanj mobilnih telefonov [11 in reference iz tega članka].

VODA

Voda je vir življenja, nemalokrat jo opisujemo kot eliksir mladosti. Na žalost pa je voda, ki jo pijemo v razvitem svetu, navadno vse prej kot eliksir mladosti. Pitna voda je različne kakovosti, problem predstavlja tako kemijsko kot mikrobiološko onesnaženje. Omeniti je potrebno klor, ki ga človek v pitno vodo namenoma dodaja zaradi njegove sposobnosti uničevanja mikroorganizmov. Klor je močan oksidant, ki poveča oksidacijsko redukcijsko kapaciteto vode in uničuje njen antioksidativni potencial [1].

Dezinfekcija pitnih vod se izvaja za preprečevanje hidričnih infekcij. Kloriranje pitne vode pa zvišuje njen redukcijski potencial (znižuje njen antioksidativni potencial). Tako uporabniki take vode v svoje telo vnašajo manj antioksidativne zaščite in več oksidiranih produktov. Povečevanje koncentracij klora ali tudi ozona ob prisotnosti organskih snovi v vodi povzroči tudi tvorbo stranskih produktov dezinfekcije, ki so lahko tudi kancerogeni. Toda že sam klor kot močan oksidant lahko vpliva na nivo endogenih antioksidantov, ki telo ščitijo pred prostimi radikali. Kaj lahko storimo? Ponujata se dva pristopa: uporaba alternativnih tehnik dezinfekcije (npr. pri uporabi klorovega dioksida (ClO_2) nastaja manj trihalometanov kot pri dezinfekciji s plinskim klorom) in informiranje potrošnika, ki uporablja klorirano pitno vodo, da poveča vnos antioksidantov (s povečanim uživanjem svežega sadja in zelenjave vsaj pet obrokov dnevno). Sadje in zelenjava ter oreški in semena so najpomembnejši vir ekso-genih antioksidantov. Na ta način lahko uravnesimo oksidacijo, ki bi jo lahko v našem telesu povzročil prosti klor, ki ga vnašamo s pitno vodo. Številne študije navajajo, da antioksidanti, kot so melatonin, vitamin C in E, ekstrakti črnega in zelenega čaja, N-acetilcistein, kurkumina, lutein, itd., zagotavljajo zaščito pred oksidativnimi posledicami povzročenimi zaradi izpostavljanja stranskim produktom dezinfekcije vode s klorom in njegovimi preparati [11]. Je pa kljub temu potrebno izpostaviti, da je tveganje, ki ga predstavljajo stranski produkti dezinfekcije in sama oksidacija s klorom, še vedno manjše od tveganja, ki ga predstavljajo potencialne hidrične epidemije, do katerih bi lahko prišlo, če dezinfekcije pitne vode ne bi izvajali. Verjetnost, ki jo predstavlja uživanje klorirane pitne vode za nastanek raka, je zelo majhna. Opustitev kloriranja torej ne bi odtehtala nevarnosti, ki jo lahko mikrobiološko onesnažena voda predstavlja za zdravje prebivalcev.

FOSFOR V PITNI VODI

Poleg ostankov različnih koagulantov ali flokulantov, ki so posledica procesa priprave pitne vode na samem vodnem viru in dezinfekcijskih sredstev, v vodi lahko najdemo še mnoga druga onesnažila, ki so posledica

onesnaževanja okolja in s tem vodnega vira. Dodatno pa se kemikalije v pitno vodo dodaja tudi v internem, torej hišnem vodovodnem omrežju, z namenom zaščite naprav, grelcev in cevi (eden od razlogov je preprečevanje nabiranja kotlovcia). Upravljalci internih vodovodnih omrežij se nemalokrat poslužujejo kemičnega mehčanja z uporabo različnih pripravkov na bazi fosfatov. Kljub jasnim določilom zakonodaje [49], da se vodi v fazi njene priprave ne sme dodajati nobenih drugih snovi, razen snovi, ki so potrebne za njeno pripravo in za zagotavljanje skladnosti in zdravstvene ustreznosti (mehčanje vode v pravilniku ni opredeljeno). Ti pripravki žal niso pod zdravstvenim nadzorom in se jih ne nadzira. S kemičnim mehčanjem torej dodajamo v živilo (vodo) kemikalije, za katere ne spremljamo njihove koncentracije, zanje nimamo izdelane ocene tveganja in hkrati ne poznamo vseh morebitnih primesi (osnovnim substancam) in njihovega vpliva na zdravje. Prav tako tudi uporabniki v večini primerov ne vedo, da se njihova voda kemično mehča.

FOSFOR V ŽIVILIH

Fosfor je sicer kot aditiv v živilih dovoljen v številnih prehrabnih proizvodih. S strani skupine strokovnjakov je bil leta 1982 določen najvišji dopustni dnevni vnos (MTDI – maximum tolerable daily intake) 70 mg/kg telesne teže [50, 51, 52]. Kljub temu pa dnevno varnega odmerka (ADI – acceptable daily intake) ni bilo moč določiti saj je fosfor (predvsem v obliki fosfata) osnovno hranilo in neizogibna sestavina hrane. Na podlagi priporočenega dopustnega dnevnega vnosa so določene tudi omejitve za količino fosfatov v posameznih živilskih izdelkih [51]. Žal pa so te vrednosti za posamezne živilske izdelke precej visoke, saj ne vključujejo kumulativnega učinka dnevnega vnosa preko različnih izdelkov in živil.

V zadnjih nekaj desetletjih se je vnos fosfatov preko različnih živil zelo povečal, predvsem na račun uporabe fosfatov kot aditivov za živila v različnih prehrabnih izdelkih [53]. Povprečni dnevni vnos fosforja pri odraslih v evropskih državah se giblje med 1017 in 1422 mg [54], v ZDA pa med 1030 in 1727 mg [55], kar je znatno nad priporočljivim dnevnim vnosom, ki znaša do 700 mg [55, 56].

Številne znanstvene študije povezujejo povečan vnos fosfatov z različnimi zdravstvenimi težavami [57, 58], predvsem z vplivom na kalcifikacijo vaskularnega aparata [59, 60, 61], smrtnost zaradi srčno žilnih bolezni [60, 62] in vpliv na metabolizem glukoze in oksidativni stres in vivo in in vitro [63], kar vpliva na procese staranja celic in organizma.

Zaradi vsega naštetega je Evropska agencija za hrano (EFSA) kot eno izmed prioritet do leta 2018 izpostavila tudi ponovno oceno tveganja za fosfate, ki se uporabljajo v aditivih za živila [64].

PESTICIDI

Tudi pesticidi, kot so lindan, malation in permetrin, povzročajo oksidativni stres in pospešujejo oksidacijo naših celic [1]. Ocenjuje se, da v naše telo letno vnesemo nekaj kilogramov pesticidov. Naj izpostavimo samo herbicid parakvat, ki se uporablja za uničevanje plevela. Le-ta de-

luje tako, da reagira s kisikom v zraku in sproža nastanek prostih radikalov, ki uničujejo zelene dele rastlin [1]. V ZDA so leta 2005 analizirali prisotnost pesticidov v sadju in zelenjavi. Ugotovili so, da so pesticidi prisotni v kar 61 % vsega sadja in zelenjave [65]. Študije so dokazale, da lahko z antioksidanti, kot so N-acetil cistein, vitamin A, C, E, ekstrakti zelenega čaja, selen, glutation, melatonin, cink, resveratrol, kvercetin in drugimi vplivamo na blaženje škodljivih učinkov pesticidov [11].

SPLOŠNI UKREPI ZA ZMANJŠANJE OKSIDATIVNEGA STRESA

Ocenjuje se, da lahko z ustreznim življenjskim slogom in prehrano vplivamo na zmanjšanje oksidativnega stresa. Ukrepamo lahko na dveh nivojih: 1) ukrepi za zmanjšanje izpostavljenosti okoljskim onesnažilom. Kaj lahko storimo? Preselimo se lahko v manj obremenjeno okolje, šport in rekreacijo na prostem izvajamo izven mest, kjer je višja koncentracija onesnažil v zraku. Pred ozonom se obvarujemo tako, da stanovanja prezračimo zjutraj, nato pa okna zapremo, vse do večernih ur. Pomemben je tudi zdrav način prehranjevanja s čim manj predelanih in predpripravljenih jedi. Našteti je samo nekaj primerov preventive pred izpostavljenostjo okoljskim onesnažilom. 2) drugi učinkovit ukrep je povečan vnos antioksidantov. Veliko študij ugotavlja, da lahko povečan vnos antioksidantov štiti pred neželenimi učinki okoljskih onesnažil (tabela 2).

Tabela 2:

Prikaz zaščitnega delovanja različnih antioksidantov na oksidativni stres povzročen z okoljskimi onesnažili

| Antioksidant | Vir oksidativnega stresa | Raziskava |
|---|---|-----------------------------|
| Vitamin C, B, beta karoten | Ozon (O ₃) | [9, 66, 67, 68, 69, 70, 71] |
| Vitamin C, E | Dušikov dioksid (SO ₂) | [72, 73] |
| Vitamin C, kapusnice in zeleni čaj | Cigaretni dim | [74, 75, 76, 77] |
| Vitamin C, E, likopen | Dušikovi oksidi (NO _x) | [28, 29, 30, 78, 79] |
| Zeleni čaj | Azbest | [39] |
| Melatonin, vitamin E | Ionizirajoče sevanje | [80, 81] |
| Alfa tokoferol, Ginkgo biloba, Vitamin C, E | Ne ionizirajoče sevanje | [82, 83, 84] |
| Selen | Biperidinski pesticidi | [85, 86] |
| Vitamin A, C, E, Cink | Organofosforni insekticidi | [87, 88, 89] |
| N-acetil-L-cisteine | DDT | [90] |
| Vitamin C, E, Resveratrol | Dioksini in furani | [91, 92] |
| Melatonin, olje vrtnice | Formaldehid | [93, 94] |
| Vitamin E, ekstrakt robide, propolis, črni in zelen čaj | Ogljikov tetraklorid | [95, 96, 97, 98] |
| Zelen čaj, melatonin, vitamin C | Stranski produkti pri dezinfekciji vode | [99, 100, 101] |

SINTETIČNI ALI NARAVNI ANTIOKSIDANTI?

Rezultati bazičnih raziskav ugotavljajo pomembno vlogo vitaminov v patofiziologiji bolezni povezanih z oksidativnim stresom [102, 103] kot so ateroskleroza, hipertenzija, katarakta, revmatoidni artritis, maligna obolenja ter Parkinsonova in Alzheimerjeva bolezen [3, 4]. Vzporedno z bazičnimi raziskavami potekajo tudi epidemiološke raziskave, ki so ugotovile znižano pojavnost bolezni srca in ožilja ter raka pri osebah, ki so s

hrano zaužile večje količine vitaminov C, E in β -karotena. Pri teh osebah se je zvišala serumska raven omenjenih vitaminov [104, 105, 106]. Do sedaj je raziskovalcem uspelo dokazati znižano pojavnost raka ter bolezni srca in ožilja le pri ljudeh, ki zaužijejo dovolj veliko količino sadja in zelenjave, ne pa pri osebah, ki uživajo dopolnila vitaminov [107]. Raziskave potrjujejo, da je najbolje, če zaščitne snovi (antioksidanti in vitamini) izvirajo iz hrane [108]. Pozitivni učinki zaščitnih snovi, ki izvirajo iz hrane, so večji zaradi sinergističnega delovanja med posameznimi antioksidativnimi snovmi [108], prehransko vlaknino in sekundarnimi rastlinskimi snovmi v hrani, predvsem v zelenjavi in sadju. Uporaba sintetičnih vitaminskih dodatkov naj ne bo alternativa rednemu uživanju sadja in zelenjave. V sadju je več tisoč spojin, katerih vplivov na zdravje še ne poznamo. Zelo verjetno veliko antioksidantov še ni odkritih. Dosedanje študije tudi nakazujejo, da je kombinacija antioksidantov v sadju in zelenjavi praviloma boljše kot v prehranskih dodatkih, kar potencira njihovo obrambo pred prostimi radikali.

PRO-OKSIDATIVNO DELOVANJE ANTIOKSIDANTOV

Vloga redoks aktivnih kovinskih ionov

Mnogi kovinski ioni so nujno potrebni za normalne celične procese, v presežku pa imajo škodljiv učinek na celico. Bakrovi in železovi ioni, ki so esencialni za celico v številnih biokemijskih reakcijah so lahko tudi toksični v redoks reakcijah, kjer se tvorijo RKZ [2]. Začetni intermedii kisika (superoksidni anion, vodikov peroksid) so slabo reaktivni. Pretvorba manj reaktivnih intermediatov do visoko reaktivnih oblik potrebuje udeležbo kovinskih ionov. Oksidacijsko stanje in biorazpoložljivost redoks aktivnih kovinskih ionov sta ključni determinanti v njihovi sposobnosti udeležbe pri nastanku reaktivnih kisikovih zvrsti. Reducirane oblike redoks aktivnih kovinskih ionov sodelujejo v t.i. Fentonovi reakciji, kjer nastajajo hidroksilni radikali. Oksidirane oblike teh ionov pa reagirajo s superoksidnimi anioni (tudi z določenimi antioksidanti) v Haber-Weissovi reakciji, kjer nastanejo reducirane oblike kovinskih ionov, ki ponovno vstopajo v Fentonovo reakcijo [2].

Znano je, da se lahko antioksidativno delovanje antioksidantov (npr. vitamina C, E, β -karotena) ob prisotnosti redoks aktivnih kovinskih ionov spreobrne v pro-oksidativno delovanje [5] in lahko celo pospešuje proces staranja.

Fentonova reakcija:



Haber-Weissova reakcija:



Legenda:

AA – askorbinska kislina (vitamin C); AA $^\cdot$ – askorbilni radikal; GSH – reducirana oblika glutationa; GSSG – oksidirana oblika glutationa

Vsako povišanje v količini superoksidnega aniona, vodikovega peroksida ali redoks aktivnih kovinskih ionov vodi do nastanka hidroksilnih radikalov in posledično do celičnih poškodb in pospešenega procesa staranja.

RAZLAGA PRO-OKSIDATIVNEGA DELOVANJA ANTIOKSIDANTOV IN NASPROTUJOČIH SI REZULTATOV EPIDEMIOLOŠKIH ŠTUDIJ

Celice imajo lastne endogene antioksidativne obrambne sisteme (superoksid dizmutaza, katalaza, glutation, itd.), ki se inducirajo pri povečani produkciji reaktivnih kisikovih zvrsti. Jemanje dodatkov poveča redukcijski potencial v celicah, kar posledično prepreči indukcijo lastnih antioksidativnih sistemov, ki so zaradi lokalnega delovanja v celicah bolj učinkoviti. Umetno inducirani anti-oksidacijski celični potencial vpliva na signalne poti v celicah ter izzove povečano proliferacijo in prepreči apoptozo [107], kar lahko vpliva na promocijo in progresijo malignih bolezni. To bi lahko podkrepili s študijo o učinkih uživanja beta karotena [109], ki ugotavlja večjo pojavnost karcinoma pljuč pri osebah, ki so prejemale β -karoten v primerjavi z osebami, ki so prejemale placebo.

IZZIVI ZA PRIHODNOST

Številne študije navajajo, da bi lahko z uporabo antioksidantov preprečevali nastanek oksidativnega stresa. Vendar pa vse več raziskav dokazuje tudi nezaželene učinke antioksidantov, njihovo t.i. pro-oksidativno delovanje. Poleg tega multivitaminska dopolnila številne institucije, ki regulirajo to področje (npr. FDA-Food and Drug Administration, Urad za zdravila) klasificirajo kot nutrienste, zato niso deležni sistemskih bio-absorpcijskih in toksikoloških preizkusov pred široko uporabo na trgu, kot jih opravljajo na zdravilih. Evropska komisija ima skoraj desetletje v pripravi predlog regulative za področje vitaminskih in mineralnih dopolnil (VMD), ki niso regulirana s predpisi za področje zdravil, kar je s harmonizacijo zakonodaje prevzela tudi Slovenija. V Sloveniji področje vitaminskih in mineralnih dopolnil le delno ureja Pravilnik o razvrstitvi vitaminskih in mineralnih izdelkov za peroralno uporabo, ki so v farmacevtskih oblikah in so dostopni na tržišču kot zdravila. Vitaminska in mineralna dopolnila za peroralno uporabo, ki so v farmacevtskih oblikah, se štejejo za zdravila, če dnevni odmerki vitaminov, mineralov in oligoelementov, ki jih vsebujejo, presegajo določene vrednosti, navedene v tabelah pravilnika (Ur.l. RS, št. 83/2003). Neupoštevanje tega danes omogoča nekontrolirano uživanje tudi velikih odmerkov vitaminov in mineralov pri prebivalstvu. Naša raziskava o uporabi VMD [110] je pokazala, da se večina uporabnikov VMD pred zaužitjem ne posvetuje z zdravnikom ali farmacevtom. Največji izziv za znanost, ki se ukvarja s preučevanjem oksidativnega stresa, predstavljajo priporočene vrednosti za celokupen vnos antioksidantov. Te vrednosti trenutno še niso določene. Smiselno bi jih bilo določiti za različne skupine prebivalstva: moške, ženske, starejše, otroke, nosečnice, itd. Tudi metode, ki preučujejo oksidativni stres na ravni posameznika niso dovolj razvite. Načinov ugotavljanja oksidativnega stresa je veliko, vendar ima vsaka metoda svoje prednosti

in pomanjkljivosti. Pri nas v laboratoriju za preučevanje oksidativnega stresa lahko v kapljici krvi pomerimo celokupne antioksidante in proste radikale. Le obe meritvi nam pokažeta stanje oksidativnega stresa.

ZAKLJUČEK

Dejavnike, ki pripomorejo k nastanku oksidativnega stresa, lahko razdelimo na endogene (telesu lastne) in eksogene (dejavniki iz okolja). Med endogene spada predvsem tvorba prostih radikalov zaradi metabolizma, med eksogene pa pretirana izpostavljenost dejavnikom okolja: sončnemu sevanju, kajenje, prekomerno uživanje alkohola, prevelika izpostavljenost pesticidom in drugim onesnažilom. Najučinkovitejši ukrep za ohranitev zdravja in upočasnitev staranja bi bilo znižanje izpostavljenosti tem onesnažilom. Ker pa to vselej ni mogoče, še posebej ne v velikih mestih, lahko uporabljamo druge obrambne mehanizme, eden izmed njih je antioksidativna obramba. Številni antioksidanti lahko deloma pomagajo pri preprečevanju negativnih vplivov okoljskih onesnaževal na zdravje [11]. Tudi pristop k izdelavi ocene tveganja za posamezne kemikalije je potrebno revidirati in v okviru izdelave ocene tveganja za zdravje vključiti medsebojne vplive med različnimi polutanti kot tudi druge posredne učinke, možne interakcije (sinergija, antagonizem, multipliciranje), kot tudi kumulativni učinek dnevnih vnosov preko različnih virov. Tradicionalna ocena tveganja (in tudi toksikološki testi, na katerih ocena tveganja temelji), pa je narejena za čiste kemikalije, prezrti pa so zgoraj navedeni dejavniki.

Še nekaj nasvetov o tem, kaj lahko storimo, da zmanjšamo izpostavljenost škodljivim snovem iz okolja:

- Sadje in zelenjavo dobro umijte, zavržite zunanje liste solate, zelja.
- Ne kupujte sadja na stojnici ob prometni cesti.
- Bodite pozorni na izvor rib zaradi obremenjenosti s težkimi kovinami.
- Izogibajte se strupom, ki jih prostovoljno vnašate v telo: alkohol, cigaretni dim, kava, ...
- Kupujte čim manj živil v aluminijasti embalaži in ne uporabljajte aluminijastih loncev in posode.
- Poskrbite, da bo v vaši hrani dovolj Ca, Zn in vitamina C, ki so antagonisti težkih kovin.
- V stanovanju imejte čim manj pohištva iz umetnih snovi (vsebnost formaldehida) ter električnih naprav (proizvajajo neionizirno sevanje, prepojene so z zaviralci gorenja).
- Redno zračite stanovanje in iz njega odstranjujte prah, ker se veliko kemikalij kopiči ravno v njem.

ZAHVALA

Del prispevka (vpliv fosfatov) je nastal v okviru raziskave, podprte s strani Evropskega socialnega sklada (ESS) in Ministrstva za šolstvo, znanost in šport RS, za kar se jim zahvaljujemo.

LITERATURA

- [1] Poljšak B, Glavan U. Environmental pollutants - induced oxidative stress: a role for antioxidants in health promotion and aging prevention. New York: Nova Science. 2013; VIII, 352 str.
- [2] Poljšak B, Jamnik P, Schara MV, Raspor P. Določanje znotraj celične oksidacije z in vivo in in vitro metodami = Detection of intracellular oxidation with in vitro and in vivo methods. v: Glavič P (ur.), Brodnjak-Vončina D (ur.). Slovenski kemijski dnevi 2005, Maribor, 22. in 23. september 2005. Maribor: FKKT. 2005; 1-13.
- [3] Brown SE, Ferrante RJ, Flint Beal M. Oxidative stress in Huntington disease. *Brain Pathology*. 1999; 9: 147-63.
- [4] Love S in Jenner P. Oxidative stress in neurological disease. *Brain Pathology*. 1999; 9: 119-31.
- [5] Halliwell B in Gutteridge J. Free radicals in biology and medicine; 3rd edition, Oxford: Clarendon Press, 1999.
- [6] Singler K, Chaloupka J, Brozmanova J, Stadler N, Hofer M. Oxidative stress in microorganisms. *Folia Microbiol (Praha)*. 1999; 44: 587-624.
- [7] Davies KJA. *Journal of Free radicals in Biology and Medicine*. 1986; 2: 301-310.
- [8] Valavanidis A, Vlahogianni T, Dassenakis M, Scoullou M. Molecular biomarkers of oxidative stress in aquatic organisms in relation to toxic environmental pollutants. *Ecotoxicol Environ Saf*. 2006; 64(2): 178-89.
- [9] Romieu I, Meneses F, Ramirez M. Antioxidants supplementation and respiratory functions among workers exposed to high levels of ozone. *Am J Resp Crit Care Med*. 1998; 158: 226-232.
- [10] Kelly FJ. Vitamins and respiratory disease: antioxidant micronutrients in pulmonary health and disease. *Proc Nutr Soc*. 2005; 64(4): 510-26.
- [11] Poljšak B, Fink R. The protective role of antioxidants in the defence against ROS/RNS-mediated environmental pollution. *Oxid Med Cell Longev*. 2014. e671539.
- [12] Brunekreef B, Holgate ST. Air pollution and health. *Lancet*. 2002; 360: 1233-42.
- [13] Kelly FJ, Mudway IS. Protein oxidation at the air-lung interface. *Amino Acids*. 2003; 25: 375-96.
- [14] Nel A. Atmosphere. Air pollution-related illness: effects of particles. *Science*. 2005; 308: 804-6.
- [15] Schlesinger RB, Kunzli N, Hidy GM, Gotschi T, Jerrett M. The health relevance of ambient particulate matter characteristics: coherence of toxicological and epidemiological inferences. *Inhal Toxicol*. 2006; 18: 95-125.
- [16] Floyd RA. Measurement of oxidative stress in vivo. *Oxygen paradox*; Cleup University Press, Padova. 1995; 89-103.
- [17] Ames BN, Shigenaga M, Hagen MT. Oxidants, antioxidants, and the degenerative diseases of aging. *Proc. Natl. Acad. Sci. USA*. 1993; 17: 7915-22.
- [18] WHO. World Health Organisation (www.who.com). 2014.
- [19] Poljšak B. Kaj lahko naredim sam, da bi se staral počasneje? Samozaložba, Koper, 2013.
- [20] Midgette AS, Baron JA, Rohan TE. Do cigarette smokers have diets that increase their risks of coronary heart disease and cancer? *Am J Epidemiol*. 1993; 137(5): 521-9.
- [21] Preston AM. Cigarette smoking-nutritional implications. *Prog Food Nutr Sci*. 1991; 15(4): 183-217.
- [22] Banerjee KK, Marimuthu P, Sarkar A, Chaudhuri RN. Influence of cigarette smoking on Vitamin C, glutathione and lipid peroxidation status. *Indian J Public Health*. 1998; 42(1): 20-3.
- [23] Zhou J, Guo F, Qian Z. Effects of cigarette smoking on antioxidant vitamin and activities of antioxidant enzymes. 1997; 31(2):67-70.

- [24] Zhou JF, Yan XF, Guo FZ, Sun NY, Qian ZJ, Ding DY. Effects of cigarette smoking and smoking cessation on plasma constituents and enzyme activities related to oxidative stress. *Biomed Environ Sci.* 2000; 13(1): 44-55.
- [25] Tsuchiya M, Asada A, Kasahara E, Sato EF, Shindo M, Inoue M. Smoking a single cigarette rapidly reduces combined concentrations of nitrate and nitrite and concentrations of antioxidants in plasma. *Circulation.* 2002; 105(10): 1155-7.
- [26] Bloomer RJ. Decreased blood antioxidant capacity and increased lipid peroxidation in young cigarette smokers compared to nonsmokers: Impact of dietary intake. *Nutr J.* 2007; 8: 6:39.
- [27] Aycicek A, Erel O, Kocyigit A. Decreased total antioxidant capacity and increased oxidative stress in passive smoker infants and their mothers. *Pediatr Int.* 2005; 47(6): 635-9.
- [28] Guth DJ, Mavis RD. The effect of lung alpha-tocopherol content on the acute toxicity of nitrogen dioxide. *Toxicol Appl Pharmacol.* 1986; 84(2): 304-14.
- [29] Sevanian A, Elsayed N, Hacker AD. Effects of vitamin E deficiency and nitrogen dioxide exposure on lung lipid peroxidation: use of lipid epoxides and malonaldehyde as measures of peroxidation. *J Toxicol Environ Health.* 1982; 10(4-5): 743-56.
- [30] Böhm F, Edge R, Burke M, Truscott TG. Dietary uptake of lycopene protects human cells from singlet oxygen and nitrogen dioxide - ROS components from cigarette smoke. *J Photochem Photobiol B.* 2001; 64(2-3): 176-8.
- [31] Wentworth P Jr, Nieva J, Takeuchi C, Galve R, Wentworth AD, Dilley RB, DeLaria GA, Saven A, Babior BM, Janda KD, Eschenmoser A, Lerner RA. Evidence for ozone formation in human atherosclerotic arteries. *Science.* 2003; 302(5647): 1053-6.
- [32] Künzli N, Jerrett M, Mack WJ, Beckerman B, LaBree L, et al. Ambient air pollution and atherosclerosis in Los Angeles. *Environ Health Perspect.* 2005. 113: 201-6.
- [33] Künzli N. Air Pollution and Atherosclerosis: New Evidence to Support Air Quality Policies. *PLoS Med.* 2013. 10(4): e1001432.
- [34] Doelman CJ in Bast A. Pro- and anti-oxidant factors in rat lung cytosol. *Advances in Experimental Medicine and Biology.* 1990; 264: 455-461.
- [35] Rahman I in MacNee W. Oxidant/antioxidant imbalance in smokers and chronic obstructive pulmonary disease. *Thorax.* 1996; 51: 348-350.
- [36] Oberdörster G, Oberdörster E, Oberdörster J. Nanotoxicology: an emerging discipline evolving from studies of ultrafine particles. *Environ Health Perspect.* 2005; 113(2005): 823-839.
- [37] Andersen ZJ, Olsen TS, Andersen KK, Loft S, Ketzel M, Raaschou-Nielsen O. Association between short-term exposure to ultrafine particles and hospital admissions for stroke in Copenhagen, Denmark, *Eur Heart J.* 2010; 31: 2034-2040.
- [38] Saha D, Vijayaraghavan R in Kannana GM. Silica nanoparticle induces oxidative stress and provokes inflammation in human lung cells. *Journal of Experimental Nanoscience.* 2014.
- [39] Luo SQ, Liu XZ, Wang CJ. Inhibitory effect of green tea extract on the carcinogenesis induced by asbestos plus benzo(a)pyrene in rat. *Biomed Environ Sci.* 1995; 8(1): 54-8.
- [40] Riley PA. Free radicals in biology: oxidative stress and the effects of ionizing radiation. *Int J Radiat Biol.* 1994. 65(1): 27-33.
- [41] Azzam EI, Jay-Gerin JP, Pain D. Ionizing radiation-induced metabolic oxidative stress and prolonged cell injury. *Cancer Lett.* 2012. 327(1-2): 48-60.
- [42] Datta K, Suman S, Kallakury BV, Fornace AJ Jr. Exposure to heavy ion radiation induces persistent oxidative stress in mouse intestine. *PLoS One.* 2012. 7(8): e42224.

- [43] Simone NL, Soule BP, Ly D, Saleh AD, Savage JE, Degraff W, Cook J, Harris CC, Gius D, Mitchell JB. Ionizing radiation-induced oxidative stress alters miRNA expression. *PLoS One*. 2009. 4(7): e6377.
- [44] Eržen I, Gajšek P, Hlastan-Ribič C, Kukec A, Poljšak B, Zaletel-Kragelj L. *Zdravje in okolje: izbrana poglavja*. 1. izd. Maribor: Medicinska fakulteta. 2010: 216.
- [45] Cardis E, Vrijheid M, Blettner M, et al. Risk of cancer after low doses of ionising radiation: retrospective cohort study in 15 countries. *BMJ*. 2005. 331(7508): 77.
- [46] Weik M, Ravelli RB, Kryger G, McSweeney S, Raves ML, Harel M, Gros P, Silman I, Kroon J, Sussman JL. Specific chemical and structural damage to proteins produced by synchrotron radiation. *Proc Natl Acad Sci USA*. 2000. 97(2): 623-8.
- [47] Spothem-Maurizot M, Davidková M. Radiation damage to DNA in DNA-protein complexes. *Mutat Res*. 2011. 711(1-2): 41-8.
- [48] von Sonntag C. The chemistry of free-radical-mediated DNA damage. *Basic Life Sci*. 1991. 58:287-317; discussion 317-21.
- [48] Pravilnik o pitni vodi, 2004. Ur. L. RS št. 19 /2004 in spremembe: 35/2004, 26/2006, 92/2006, 25/2009.
- [50] JECFA (Joint FAO/WHO Expert Committee on Food Additives). Evaluation of certain food additives and contaminants (Twenty-sixth report of the Joint FAO/WHO Expert Committee on Food Additives). WHO Technical Report Series. 1982; No. 683.
- [51] JECFA (Joint FAO/WHO Expert Committee on Food Additives). Safety evaluation of certain food additives / prepared by the Seventy-sixth meeting of the Joint FAO/WHO Expert Committee on Food Additives (JECFA). WHO Food Additives Series. 2012.
- [52] SCF (Scientific Committee for Food): First series of food additives of various technological functions, 1991. Available online: http://ec.europa.eu/food/fs/sc/scf/reports/scf_reports_25.pdf
- [53] Calvo MS, Park YK. Changing phosphorus content of the US diet: potential for adverse effects on bone. *Journal of Nutrition*. 1996.
- [54] Elmadfa I. *European Nutrition and Health Report*. 2009.
- [55] Calvo MS, Uribarri J. Public health impact of dietary phosphorus excess on bone and cardiovascular health in the general population. *Am J Clin Nutr*. 2013.
- [56] IVZ. Referenčne vrednosti za vnos vitaminov in mineralov – tabelarična priporočila za otroke, mladostnike, odrasle in starejše. Ljubljana. 2013; 7.
- [57] McCarty MF, DiNicolantonio JJ. Bioavailable dietary phosphate, a mediator of cardiovascular disease, may be decreased with plant-based diets, phosphate binders, niacin, and avoidance of phosphate additives. *Nutrition*. 2014; 30(7-8): 739-747.
- [58] Ellam TJ, Chico TJA. Phosphate: The new cholesterol? The role of the phosphate axis in non-uremic vascular disease. *Atherosclerosis*. 2012; 220: 310-8.
- [59] Giachelli CM. The emerging role of phosphate in vascular calcification. *Kidney Int*. 2009; 75: 890-897.
- [60] Lau WL, Pai A, Moe SM, Giachelli CM. Direct effects of phosphate on vascular cell function. *Adv Chronic Kidney Dis*. 2011; 18: 105-112.
- [61] Linefsky JP, O'Brien KD, Katz R, De Boer IH, Barasch E, Jenny NS, in sod. Association of serum phosphate levels with aortic valve sclerosis and annular calcification: the cardiovascular health study. *J Am Coll Cardiol*. 2011; 58: 291-297.
- [62] Gutierrez OM. Increased serum phosphate and adverse clinical outcomes: unraveling mechanisms of disease. *Curr Opin Nephrol Hypertens*. 2011; 20: 224-228.
- [63] Kuro-o M. A potential link between phosphate and aging - lessons from Klotho-deficient mice. *Mechanisms of Ageing and Development*. 2010; 131: 270-5.

- [64] EFSA: Assessment of one published review on health risks associated with phosphate additives in food. *EFSA Journal*. 2013.
- [65] Pesticide data program. Annual Summary. US Department of Agriculture. 2006.
- [66] Grievink L, Zijlstra AG, Ke X, Brunekreef B. Acute effects of ozone on pulmonary function in antioxidant supplemented cyclists. *Eur Resp J*. 1997; 10(Suppl. 25): 229S.
- [67] Grievink L, Zijlstra AG, Ke X, Brunekreef B. Double-blind intervention trial on modulation of ozone effects on pulmonary function by antioxidant supplements. *Am J Epidemiol*. 1999; 149(4): 306-14.
- [68] Grievink L, Smit HA, Brunekreef B. Anti-oxidants and air pollution in relation to indicators of asthma and COPD: a review of the current evidence. *Clin Exp Allergy*. 2000; 30: 1344-1354.
- [69] Samet JM, Hatch GE, Horstman D, Steck-Scott S, Arab L, Bromberg PA, Levine M, McDonnell WF, Devlin RB. Effect of antioxidant supplementation on ozone-induced lung injury in human subjects. *Am J Respir Crit Care Med*. 2001; 164(5): 819-25.
- [70] Menzel DB. The toxicity of air pollution in experimental animals and humans: the role of oxidative stress. *Toxicol Lett*. 1994; 72(1-3): 269-77.
- [71] Romieu I, Sienra-Monge JJ, Ramírez-Aguilar M, Téllez-Rojo MM, Moreno-Macías H, Reyes-Ruiz NI, del Río-Navarro BE, Ruiz-Navarro MX, Hatch G, Slade R, Hernández-Avila M. Antioxidant supplementation and lung functions among children with asthma exposed to high levels of air pollutants. *Am J Respir Crit Care Med*. 2002; 166(5): 703-9.
- [72] Ergonul Z, Erdem A, Balkanci ZD, Kilinc K. Vitamin E protects against lipid peroxidation due to cold-SO₂ coexposure in mouse lung. *Inhal Toxicol*. 2007; 19(2): 161-8.
- [73] Zhao H, Xu X, Na J. Protective effects of salicylic acid and vitamin C on sulfur dioxide-induced lipid peroxidation in mice. *Inhalation Toxicology*. 2008; 20(9): 865-871.
- [74] Banerjee S, Chattopadhyay R, Ghosh A, Koley H, Panda K, Roy S, Chattopadhyay D, Chatterjee IB. Cellular and molecular mechanisms of cigarette smoke-induced lung damage and prevention by vitamin C. *J Inflamm (Lond)*. 2008; 11: 5:21.
- [75] Mayne ST in Cartmel B. Antioxidant vitamin supplementation and lipid peroxidation in smokers. *American Journal of Clinical Nutrition*. 1999; 69(6).
- [76] Chung FL, Morse MA, Eklind KI, Xu Y. Inhibition of tobacco-specific nitrosamine-induced lung tumorigenesis by compounds derived from cruciferous vegetables and green tea. *Ann N Y Acad Sci*. 1993; 686: 186-201.
- [77] Xu Y, Ho CT, Amin SG, Han C, Chung FL. Inhibition of tobacco-specific nitrosamine-induced lung tumorigenesis in A/J mice by green tea and its major polyphenol as antioxidants. *Cancer Res*. 1992; 52(14): 3875-9.
- [78] Rietjens IM, Poelen MC, Hempenius RA, Gijbels MJ, Alink GM. Toxicity of ozone and nitrogen dioxide to alveolar macrophages: comparative study revealing differences in their mechanism of toxic action. *J Toxicol Environ Health*. 1986; 19(4): 555-68.
- [79] Mohsenin V. Effect of vitamin C on NO₂-induced airway hyperresponsiveness in normal subjects. A randomized double-blind experiment. *Am Rev Respir Dis*. 1987; 136(6): 1408-11.
- [80] El-Missiry MA, Fayed TA, El-Sawy MR, El-Sayed AA. Ameliorative effect of melatonin against gamma-irradiation-induced oxidative stress and tissue injury. *Ecotoxicol Environ Saf*. 2007; 66(2): 278-86.
- [81] Karbownik M, Reiter RJ. Antioxidative effects of melatonin in protection against cellular damage caused by ionizing radiation. *Proc Soc Exp Biol Med*. 2000; 225(1): 9-22.
- [82] Wolf FI, Fasanella S, Tedesco B. Peripheral lymphocyte 8-OHdG levels correlate with age-associated increase of tissue oxidative DNA damage

- in Sprague-Dawley rats. Protective effects of caloric restriction. *Experimental Gerontology*. 2005; 40(3): 181-188.
- [83] İlhan A, Gurel A, Armutcu F, Kamisli S, Iraz M, Akyol O, Ozen S. Ginkgo biloba prevents mobile phone-induced oxidative stress in rat brain. *Clin Chim Acta*. 2004; 340(1-2): 153-62.
- [84] Guney M, Ozguner F, Oral B, Karahan N, Mungan T. 900 MHz radiofrequency-induced histopathologic changes and oxidative stress in rat endometrium: protection by vitamins E and C. *Toxicol Ind Health*. 2007; 23(7): 411-20.
- [85] Glass M, Sutherland MW, Forman HJ, in Fisher AB. Selenium deficiency potentiates paraquat-induced lipid peroxidation in isolated perfused rat lung. *Journal of Applied Physiology*. 1985; 59(2): 619-622.
- [86] Cheng WH, Ho YS, Valentine BA, Ross DA, Combs GF Jr, Lei XG. Cellular glutathione peroxidase is the mediator of body selenium to protect against paraquat lethality in transgenic mice. *J Nutr*. 1998; 128(7): 1070-6.
- [87] Radhey SV, Anugya M in Nalini S. In vivo chlorpyrifos induced oxidative stress: Attenuation by antioxidant vitamins. *Pesticide Biochemistry and Physiology*. 2007; 88(2): 191-196.
- [88] Akturk O, Demirin H, Sutcu R, Yilmaz N, Koylu H, Altuntas I. The effects of diazinon on lipid peroxidation and antioxidant enzymes in rat heart and ameliorating role of vitamin E and vitamin C. *Cell Biol Toxicol*. 2006; 22(6): 455-61.
- [89] Goel VD in Dhawan DK. Protective effects of zinc on lipid peroxidation, antioxidant enzymes and hepatic histoarchitecture in chlorpyrifos-induced toxicity. *Chemico- Biological Interactions*. 2005; 156(2-3): 131-140.
- [90] Pérez-Maldonado IN, Herrera C, Batres LE, González-Amaro R, Díaz-Barriga F, Yáñez L. DDT-induced oxidative damage in human blood mononuclear cells. *Environ Res*. 2005; 98(2): 177-84.
- [91] Alsharif NZ, Hassoun EA. Protective effects of vitamin A and vitamin E succinate against 2,3,7,8-tetrachlorodibenzo-p-dioxin (TCDD)-induced body wasting, hepatomegaly, thymic atrophy, production of reactive oxygen species and DNA damage in C57BL/6J mice. *Basic Clin Pharmacol Toxicol*. 2004; 95(3): 131-8.
- [92] Ishida T, Takeda T, Koga T, Yahata M, Ike A, Kuramoto C, Taketoh J, Hashiguchi I, Akamine A, Ishii Y, Yamada H. Attenuation of 2,3,7,8-tetrachlorodibenzo-p-dioxin toxicity by resveratrol: a comparative study with different routes of administration. *Biol Pharm Bull*. 2009; 32(5): 876-81.
- [93] Köse E, Sarsilmaz M, Taş U, Kavakli A, Türk G, Ozlem Dabak D, Sapmaz H, Ogetürk M. Rose oil inhalation protects against formaldehyde-induced testicular damage in rats. *Andrologia*. 2011.
- [94] Zararsiz I, Sarsilmaz M, Tas U, Kus I, Meydan S, Ozan E. Protective effect of melatonin against formaldehyde-induced kidney damage in rats. *Toxicol Ind Health*. 2007; 23(10): 573-9.
- [95] Adaramoye OA. Comparative effects of vitamin E and kolaviron (a biflavonoid from *Garcinia kola*) on carbon tetrachloride-induced renal oxidative damage in mice. *Pak J Biol Sci*. 2009; 12(16): 1146-51.
- [96] Cho BO, Ryu HW, Jin CH, Choi DS, Kang SY, Kim DS, Jeong IY. Blackberry extract attenuates oxidative stress through up-regulation of Nrf2-dependent antioxidant enzymes in carbon tetrachloride-treated rats. *J Agric Food Chem*. 2011.
- [97] Bhadauria M. Propolis prevents hepatorenal injury induced by chronic exposure to carbon tetrachloride. *Evid Based Complement Alternat Med*. 2012.
- [98] Almurshed KS. Protective effect of black and green tea against carbon tetrachloride-induced oxidative stress in rats. *Saudi Med J*. 2006; 27(12): 1804-9.

- [99] Kawai Y, Matsui Y, Kondo H, Morinaga H, Uchida K, Miyoshi N, Nakamura Y, Osawa T. Galloylated catechins as potent inhibitors of hypochlorous acid-induced DNA damage. *Chem Res Toxicol*. 2008; 21(7): 1407-14.
- [100] Tan DX, Manchester LC, Reiter RJ, Qi WB, Karbownik M, Calvo JR. Significance of melatonin in antioxidative defense system: reactions and products. *Biol Signals Recept*. 2000; 9(3-4): 137-59.
- [101] Carr AC, Tijerina T, Frei B. Vitamin C protects against and reverses specific hypochlorous acid- and chloramine-dependent modifications of low-density lipoprotein. *Biochem J*. 2000; 346(2): 491-9.
- [102] Abbey M, Nestel PJ, Bahurst PA. Antioxidant vitamins and low-density-lipoprotein oxidation. *The American journal of clinical nutrition*. 1993; 58: 525-32.
- [103] Emmert DK, Kirchner JT. The role of vitamin E in the prevention of heart disease. *Archives of family medicine*. 1999; 8: 537-42.
- [104] Carr AC, Frei B. Toward a new recommended dietary allowance for vitamin C based on antioxidant and death in humans. *The American journal of clinical nutrition*. 1999; 69: 1086-107.
- [105] Gey KF, Puska P. Plasma vitamins E and A inversely correlated to mortality from ischemic heart disease in cross-cultural epidemiology. *Annals of the New York Academy of Sciences*. 1989; 570: 268-82.
- [106] Gey KF. Prospects for the prevention of free radical disease, regarding cancer and cardiovascular disease. *British medical bulletin*. 1993; 49: 679-99.
- [107] Halliwell B. The antioxidant paradox. *Lancet*. 2000; 355: 1179-80.
- [108] Rietjens I, Boersma M, de Haan L. The pro-oxidant chemistry of the natural antioxidants vitamin C, vitamin E, carotenoids and flavonoids. *Environmental Toxicology and Pharmacology*. 2001; 11: 321-33.
- [109] The alpha tocopherol, beta carotene cancer prevention study group. The effect of vitamin E and beta carotene on the incidence of lung cancer and other cancers in male smokers. *The New England journal of medicine*. 1994; 330: 1029-1035.
- [110] Poljšak B, Erjavec M, Likar K, Pandel Mikuš R. Uporaba vitaminskih dodatkov v prehrani. *Obzornik zdravstvene nege*. 2006; 40: 43-52.

Modeliranje kakovosti zunanjega zraka kot preventivni ukrep pri zagotavljanju zdravega življenjskega okolja

Ambient air quality modelling as a preventive measure in ensuring a healthy living environment

Damjan **KOVAČIČ***, Matic **IVANČIČ**, Rudi **VONČINA**

POVZETEK

V zadnjih 20-ih letih je bil na področju zmanjševanja emisij snovi v zrak storjen velik napredek. Le ta izhaja iz mednarodno sprejete konvencije CLRTAP in njej pripadajočih protokolov, ki urejajo zmanjševanje emisij različnih onesnaževal v zrak. Pri tem ne gre prezreti z Evropsko unijo usklajene okoljske zakonodaje, ki narekuje zelo stroge pogoje obratovanja ob uporabi najboljše razpoložljive tehnologije. Poleg tega se je pri nekaterih projektih, ki lahko povzročijo vplive na okolje oz. predstavljajo dejavnosti in naprave, ki lahko povzročajo onesnaževanje okolja večjega obsega, dodobra uveljavil preventivni pristop, v katerem se v zgodnjih fazah projektiranja preverijo okoljski vplivi posameznega projekta. Pri tem se med drugim uporabljajo uveljavljena in preizkušena računalniška orodja med katera sodijo tudi modeli za izračunavanje širjenja onesnaženja zraka iz različnih virov emisij snovi v zrak. Za namen umeščanja plinsko parne elektrarne na območju lokacije TE Trbovlje smo z uporabo Lagrangeevega modela CALPUFF izračunali širjenje onesnaženja v zunanjem zraku pri največji obremenitvi. Cilj naloge je bil določiti okoljsko sprejemljivo višino odvodnika odpadnih dimnih plinov, ki bo zagotovil zdravo življenjsko okolje za ljudi.

Ključne besede: kakovost zunanjega zraka, emisije snovi v zrak, širjenje onesnaževal v zunanjem zraku, presoja vplivov na okolje, okoljska sprejemljivost

ABSTRACT

In last 20 years significant progress has been made in reducing air emissions. This arises from the internationally accepted Convention on Long-Range Transboundary Air Pollutions and its related protocols which regulate the reduction of emissions of different air pollutants. In this does not constitute to ignore the harmonized environmental legislation with the European Union, which

Received: 8. 10. 2014

Accepted: 6. 11. 2014

Elektroinštitut Milan Vidmar,
Hajdrihova 2, 1000 Ljubljana, Slovenija

* *Corresponding author*

Damjan Kovačič
Elektroinštitut Milan Vidmar,
Hajdrihova 2, 1000 Ljubljana, Slovenija
damjan.kovacic@eimv.si

dictates very stringent operational conditions using the best available technology. Moreover, for certain projects which are likely to have significant environmental impacts or activities and installations that can cause large-scale environmental pollution, preventive approach was well established in which environmental effects in the early stages of design are reviewed. In doing so, implemented and tested computer tools which also include models for calculating the spread of air pollution from various sources of emissions into the air are used. In order to verify the acceptability of placing combined cycle gas turbine in the area of thermo power plant Trbovlje, we calculated the dispersion of pollution in ambient air at maximum load, using the Lagrangian model CALPUFF. The aim of the assignment was to determine environmentally acceptable height of the flue gases stack which will provide the healthy living environment for people.

Key words: air quality, air pollutions emission, dispersion of pollutants in the ambient air, environmental impact assessment, environmental acceptability

UVOD

Ustava Republike Slovenije v svojem 72. členu določa, da ima vsakdo v skladu z zakonom pravico do zdravega življenjskega okolja, pri čemer mora za zdravo življenjsko okolje skrbeti država z ustreznimi zakonodajami in njeno implementacijo.

Zrak je tako kot voda bistvenega pomena za življenje. Človek vsak dan vdihne od 10.000 do 20.000 litrov zraka, odvisno od njegove aktivnosti [1], zaradi česar je ustrezna kakovost zraka še kako pomembna.

Dvig standarda in kakovosti življenja, predvsem pa porast potrošnje materialnih dobrin, so pospešili razvoj znanosti in tehnike ter z njima povezano povečanje proizvodnih zmogljivosti. Pri tem se je v začetku sledilo zgolj kratkoročnim ciljem. Prezrlo pa se je stranske učinke, ki so se kazali tako v pretiranem izčrpanju naravnih virov kot v nenadzorovanem onesnaževanju okolja. Degradacija življenjskega prostora in z njo povezana ogroženost preživetja sta narekovali nov način razmišljanja in delovanja.

Zavest o nujnosti z okoljem usklajenega delovanja je dobila še pomembnejše mesto pri načrtovanju ekonomskega razvoja. Okoljska problematika je s tem postala ena od izhodišč, na osnovi katerih se sprejemajo lokalne, državne in globalne gospodarske strategije. V njenem okviru je ohranjanje kakovosti zraka eden od najpomembnejših elementov varovanja okolja. Že dolgo je namreč znano, da snovi, ki se emitirajo v zrak, povzročajo:

- degradacijo kakovosti zraka,
- povečanje obolevnosti ljudi, ki se odraža v porastu akutnih in kroničnih bolezni ter povečani smrtnosti,
- tanjšanje ozonske plasti,
- klimatske spremembe (segrevanje ozračja),
- zakisovanje tal,
- poškodbe na zgradbah in drugih objektih,
- zmanjšanje kmetijske proizvodnje ter
- propad ali vsaj ogroženost niza rastlinskih in živalskih vrst.

Prvi korak so na področju ugotavljanja posledic onesnaževanja okolja naredili skandinavski znanstveniki. Vodilno vlogo je imel Svante Odén, ki je v svojih delih izpostavil spremembe v njihovih jezerih in rekah [2, 3]. Sestava vodne flore in favne se je začela hitro spreminjati, veliko živalskih in rastlinskih vrst pa je izginilo. Najhujše škodljive posledice so bile v južni Skandinaviji. Kmalu so odkrili tudi razlog za omenjene spremembe – kisli dež in zakisovanje tal. Gospodarska škoda zaradi tega pojava je hitro naraščala.

Kar nekaj časa in energije so znanstveniki vložili v ugotovitve, da je poglaviti vzrok za kisli dež veliko onesnaževanje zraka v zahodni in srednji Evropi ter ravno tako tudi v Severni Ameriki. Škodljive snovi lahko potujejo z zračnimi tokovi več tisoč kilometrov in nato padejo na tla ter povzročijo škodo v okolju daleč stran od virov onesnaževanja. Zaradi kompleksnosti problema, ki se je pokazal, ga je možno učinkovito reševati le na osnovi tesnejšega mednarodnega sodelovanja. Pravne temelje za mednarodno ukrepanje za zmanjšanje onesnaževanja je postavila prva konferenca OZN o okolju, ki je bila leta 1972 v Stockholmu. Sprejeto je bilo načelo, da morajo države poskrbeti, da s svojo dejavnostjo ne povzročajo okoljske škode zunaj svojih meja. Konec leta 1979 je bila v Ženevi podpisana prva okoljska konvencija z naslovom Konvencija o onesnaževanju zraka preko meja na velike razdalje (v nadaljevanju CLRTAP), ki je stopila v veljavo leta 1983 [4]. Od leta 1984 pa do leta 1999 so na podlagi CLRTAP sprejeli osem protokolov [5, 6, 7, 8, 9, 10, 11, 12]. Vsi so že stopili v veljavo oz. je bil rok za doseg ciljev že dosežen. Sprejeti protokoli so med drugim tudi smernice pri sprejemanju zakonskih predpisov posamezne države. Hkrati lahko služijo kot vodilo pri oblikovanju državne strategije, katere končni cilj je doseči predpisano zgornjo mejo emisij posameznega onesnaževala. Le na ta način je mogoče zadovoljiti skupne interese po zdravem in kvalitetnejšem življenju in življenjskem okolju.

Zadnji sprejeti protokol je Protokol o zmanjševanju zakisljevanja, evtrofikacije in prizemnega ozona h Konvenciji iz leta 1979 o onesnaževanju zraka na velike razdalje preko meja in je bil sklenjen novembra 1999 [12]. Republika Slovenija je Protokol podpisala decembra 1999 in maja 2004 tudi ratificirala [13]. Protokol postavlja zgornje nacionalne meje emisij za leto 2010, in sicer za žveplove okside, dušikove okside, hlapne organske spojine in amoniak. Njihov glavni vir je človekova dejavnost in lahko zaradi zakisljevanja, evtrofikacije in prizemnega ozona, ki so posledica čezmejnega prenosa po ozračju na velike razdalje, škodljivo vplivajo na zdravje ljudi, naravne ekosisteme, materiale in pridelke. Za ob-

Tabela 1:

Zgornje meje emisij snovi v zrak v letu 2010 in stanje emisij snovi v zrak v letu 2012 [14]

| | SO ₂ | NO _x | NH ₃ | NMVOC |
|---|-----------------|-----------------|-----------------|--------|
| Emisije v referenčnem letu 1990 (kt/leto) | 198,7 | 61,0 | 22,3 | 69,3 |
| Znižanje emisij v letu 2010 (%) glede na izhodiščno leto 1990 | 86,4 % | 26,2 % | 10,3 % | 42,3 % |
| Zg. meja emisij (kt/leto) | 27 | 45 | 20 | 40 |
| Emisije v letu 2012 (kt/leto) | 10,2 | 45,4 | 17,5 | 39,5 |

dobje po letu 2010 je sklenjeno, da se dosežene meje ne presega. Zgornje nacionalne meje emisij in zmanjšanje emisij za posamezna onesnaževala, ki jih mora glede na referenčno leto 1990 doseči Slovenija, so prikazane v tabeli 1. Poleg tega so v tabeli podane tudi emisije obravnavanih onesnaževal v zrak za leto 2012, ki jih mora RS vsako leto poročati Sekretariatu konvencije CLRTAP [14].

Zadnji razpoložljivi podatki o nacionalnih letnih emisijah obravnavanih onesnaževal v zrak izkazujejo, da so emisije SO₂ bistveno pod predpisano zgornjo mejo. Rahlo pod predpisano zgornjo mejo so tudi emisije NH₃ in NMVOC. Le emisije NO_x trenutno izkazujejo preseganje zgornje meje emisij. Pri tem je treba poudariti, da več kot 50 % delež prispeva sektor cestnega prometa, zaradi česar bo v naslednjih letih pod pritiski ukrepov, s katerimi se bo zagotovilo določeno zmanjšanje emisij NO_x.

S sprejetjem Zakona o varstvu okolja v letu 1993 [15] in spremembami v letu 2004 [16] je bil vzpostavljen pravni red za spodbujanje in usmerjanje takega družbenega razvoja, ki omogoča dolgoročne pogoje za kakovostno in zdravo življenjsko okolja človeka. Med cilji Zakona [15] so tudi preprečitev in zmanjšanje obremenjevanja okolja in ohranjanje ter izboljševanje kakovosti okolja.

Na podlagi omenjenega Zakona [15] je bila sprejeta vrsta uredb in pravilnikov, ki urejajo področje kakovosti zunanjega zraka, emisij snovi v zrak iz različnih virov onesnaževanj ter upravni postopki, katerih rezultat je za posamezni poseg izdano okoljevarstveno soglasje in/ali okoljevarstveno dovoljenje. Za določene vrste posegov v okolje je zaradi njihove velikosti, obsega, lokacije ali drugih značilnosti, ki lahko vplivajo na okolje, presoja vplivov na okolje in pridobitev okoljevarstvenega soglasja (v nadaljevanju OVS) obvezna in jih opredeljuje Uredba o posegih v okolje, za katere je treba izvesti presojo vplivov na okolje [17].

Ravno tako je na področju pridobivanja okoljevarstvenega dovoljenja (v nadaljevanju OVD), kjer je z Uredbo o vrsti in dejavnosti naprav, ki lahko povzročajo onesnaževanje okolja večjega obsega [18] opredeljeno, kateri posegi oz. naprave morajo pridobiti integralno okoljevarstveno dovoljenje oz. bolj znano kot IPPC dovoljenja (ang. Integrated Pollution, Prevention and Control).

Presoja vplivov na okolje

Presoje vplivov na okolje so se pričele izvajati v ZDA s sprejetjem Zakona o politiki v okolju [19] leta 1969, nakar so se razširile v Evropo in seveda tudi v RS. Presoje so tako postale pomembno, če ne že kar ključno orodje pri varovanju okolja in zagotavljanju človekovega zdravja v primeru načrtovanja projektov, katerih poseg in obratovanje imajo za posledico vplive na okolje. Na podlagi Zakona o varstvu okolja [15, 16] so bili sprejeti podzakonski akti, ki določajo posege oz. plane, ki lahko pomembno vplivajo na okolje [17]. V začetni fazi umeščanja projekta v prostor se izvede celovita presoja vplivov na okolje, za katero se izdela okoljsko poročilo. To mora biti skladno z Uredbo o okoljskem poročilu in podrobnejšem postopkom celovite presoje vplivov izvedbe planov na okolje [20]. Po izboru prostora nastopi naslednja faza presoje vplivov na

okolje, ki se izvede za konkretno tehnološko rešitev. Uredba o posegih v okolje, za katere je treba izvesti presojo vplivov na okolje [17], po novem uvaja predhodni postopek, v katerem se ugotovi, ali je treba za posamezen poseg izvesti presojo vplivov na okolje in pridobiti okoljevarstveno soglasje ali ne. Postopek opravi Agencija RS za varstvo okolja in na podlagi izvedene presoje vplivov na okolje izda OVS.

Pri presoji vplivov na okolje zaradi izvedbe projekta je treba skladno z zakonskimi zahtevami proučiti vse segmente okolja, kot npr. rabo naravnih virov, vrste in količine stranskih proizvodov ter odpadkov, ekosisteme, rastlinstvo in živalstvo ter njihove habitate na območju, vplive emisij snovi na kakovost zunanjega zraka, klimatske razmere, človekovo nepremičninsko premoženje itd.

Umeščanje novega vira onesnaževanja v določen prostor je mogoče le, če okolje to dopušča. To pomeni, da obstoječe stanje določene okoljske sestavine (npr. kakovost zunanjega zraka) ne sme izkazovati čezmerne onesnaženosti in s tem preseganja predpisanih mejnih vrednosti oz. kumulativni vplivi obstoječih virov in novega vira ne presegajo predpisanih mejnih vrednosti. Razen, če je novi vir del sanacijskega ukrepa, s katerim se stari vir zamenja z novim sodobnejšim virom, ki ustreza strogim zakonskim določilom oz. najboljši razpoložljivi tehniki.

Kakovost zunanjega zraka

Uredba, ki je v RS urejala področje kakovosti zunanjega zraka, je bila Uredba o mejnih, opozorilnih in kritičnih imisijskih vrednostih snovi v zraku [21]. Ta uredba je določala normative za vrednotenje stanja onesnaženosti zraka v spodnji plasti zunanje atmosfere. Nato so bile v letih 2002 in 2003 na tem področju sprejete nove uredbe [22, 23, 24, 25, 26, 27]. Z vstopom RS v EU je bilo treba harmonizirati celotno zakonodajno področje, med drugim tudi zunanji zrak. Trenutno je v veljavi Uredba o kakovosti zunanjega zraka [28].

Uredba o emisiji snovi v zrak iz nepremičnih virov onesnaževanja [29] določa ukrepe in postopke za preprečevanje ali zmanjševanje onesnaženosti zraka iz naprav, ukrepe v zvezi z varovanjem zdravja ljudi v okolici naprav, ki kot nepremični viri onesnaževanja zaradi svojega obratovanja povzročajo onesnaževanje zunanjega zraka ter ukrepe v zvezi z zagotavljanjem varstva ljudi in okolja pred škodljivimi učinki onesnaževanja zunanjega zraka zaradi emisije snovi v zrak iz teh naprav. Poleg naštetega je za področje zunanjega zraka predpisan postopek ocenjevanja kakovosti zunanjega zraka na območju vrednotenja obremenitve zunanjega zraka.

V skladu z omenjeno uredbo je treba oceniti obremenitev zunanjega zraka kot:

- obstoječo obremenitev, ki je definirana kot onesnaženost zunanjega zraka na območju vrednotenja obremenitve zunanjega zraka brez vpliva emisije snovi v zrak iz naprave,
- dodatno obremenitev, ki je definirana kot onesnaženost zunanjega zraka na območju vrednotenja obremenitve zunanjega zraka in je posledica le emisije snovi v zrak iz naprave, ki se jo ocenjuje in

- celotno obremenitev, ki je definirana kot vsota obstoječe in dodatne obremenitve.

Poleg tega je treba določiti tudi območje vrednotenja, ki je definirano kot območje v okolici naprave, opredeljeno z zunanjo mejo in s prostorsko opredeljenimi merilnimi mesti, na katerih se ugotavlja celotna obremenitev.

V nadaljevanju prispevka je predstavljen primer modeliranja kakovosti zunanjega zraka na območju TE Trbovlje, ki je bilo v svoji zgodovini eno najbolj onesnaženih območij v RS zaradi emisij žveplovega dioksida. Pri tem želimo izpostaviti, da je treba pred umestitvijo novega velikega vira emisij snovi v zrak zagotoviti, da je trenutno stanje okolja zmožno sprejeti dodaten vir oz. je treba dokazati, da se z novim virom stanje ne bo poslabšalo in bo skladno z veljavno zakonodajo. To ne velja le za SO₂, ampak tudi za vsa reprezentativna onesnaževala določenega tehnološkega procesa, kot je npr. proizvodnja električne energije z uporabo zemeljskega plina.

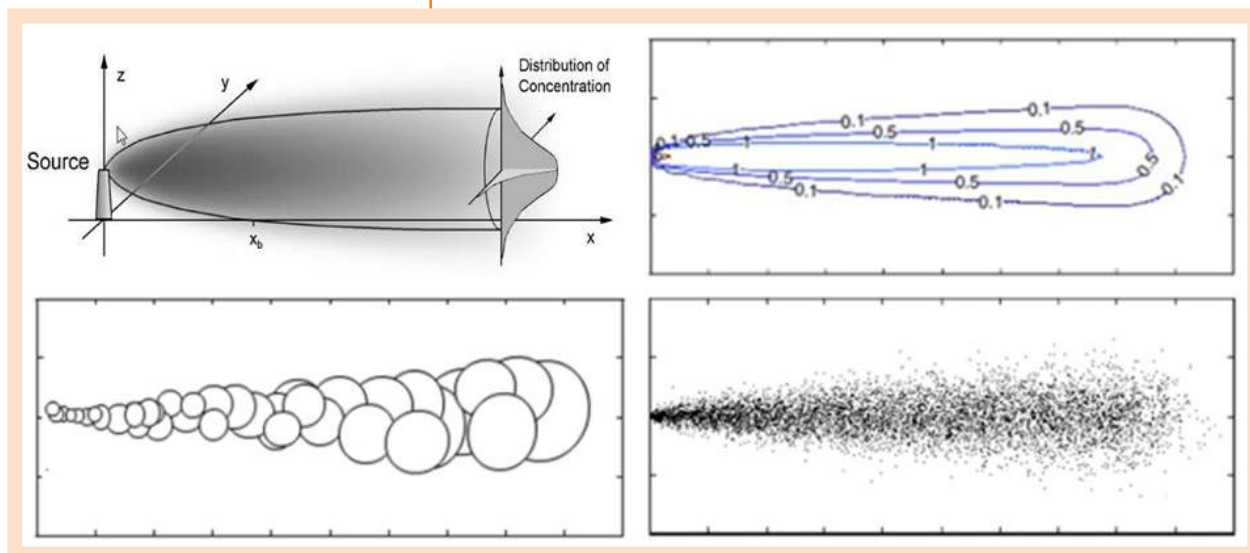
NOVI TRENDI NA PODROČJU MONITORINGA KAKOVOSTI ZUNANJEGA ZRAKA

Kot je bilo že ugotovljeno, je zrak ena ključnih okoljskih sestavin, ki so tako na globalnem kot tudi na nacionalnem nivoju dosegle velik napredek pri zmanjševanju onesnaževanja. Vsaka država EU je prevzela tudi obveznost, da bo oblikovala čim boljše politiko in strategijo, ki bo zajemala sisteme nadzora nad kakovostjo zraka in v tem okvirju nadzorstvene ukrepe, ki bodo omogočali uravnotežen razvoj, zlasti z uporabo najboljše razpoložljive tehnike (v nadaljevanju NRT). Le ta mora biti z ekonomskega vidika sprejemljiva, čista in z malo odpadki. Tako so veliki viri onesnaževanja v RS pridobili integralna okoljevarstvena dovoljenja in so sedaj pod strogim nadzorom.

Modelski izračuni širjenja onesnaženja v zunanjem zraku predstavljajo dopolnitev emisijskim meritvam in meritvam kakovosti zunanjega zraka pri izvajanju nadzora onesnaženja. Z njimi je mogoče pripraviti prostorsko sliko oz. prostorsko razporeditev onesnaženja ter oceniti prispevek oz. dodatno obremenitev posameznega vira onesnaževanja zraka. Prav tako je z modelskimi izračuni mogoče ovrednotiti prispevek različnih virov k skupnemu onesnaženju ter na podlagi pridobljenih rezultatov pripraviti ustrezne ukrepe in politike za izboljšanje stanja v prihodnosti [30]. Ti morajo slediti postavljenim okoljskim ciljem, ki jih predpisuje zakonodaja. Ravno tako se lahko skozi postopek presoje vplivov na okolje z modelskim izračunom preveri doprinos posameznega posega na kakovost zunanjega zraka na območju vrednotenja.

Samo širjenje onesnaženja v zunanjem zraku se v osnovi lahko opiše z dvema fizikalnima pojavoma, in sicer advekcijo onesnaženja v smeri vetra in disperzijo onesnaženja prečno na smer vetra. Pri tem je prvi pojav povezan s tridimenzionalnimi vetrovnimi polji, drugi pa s stabilnostjo atmosfere. Modelski opis širjenja onesnaženja je mogoče pripraviti na različne načine, kot opisujeta v svojem prispevku Žabkar in Rakovec [31]. V gro-

Slika 1:
Različni pristopi k modeliranju – zgoraj Gaussov in Eulerjev modelski pristop, spodaj pa Lagrangeev paketni in Lagrangeev delčni model [32, 33].

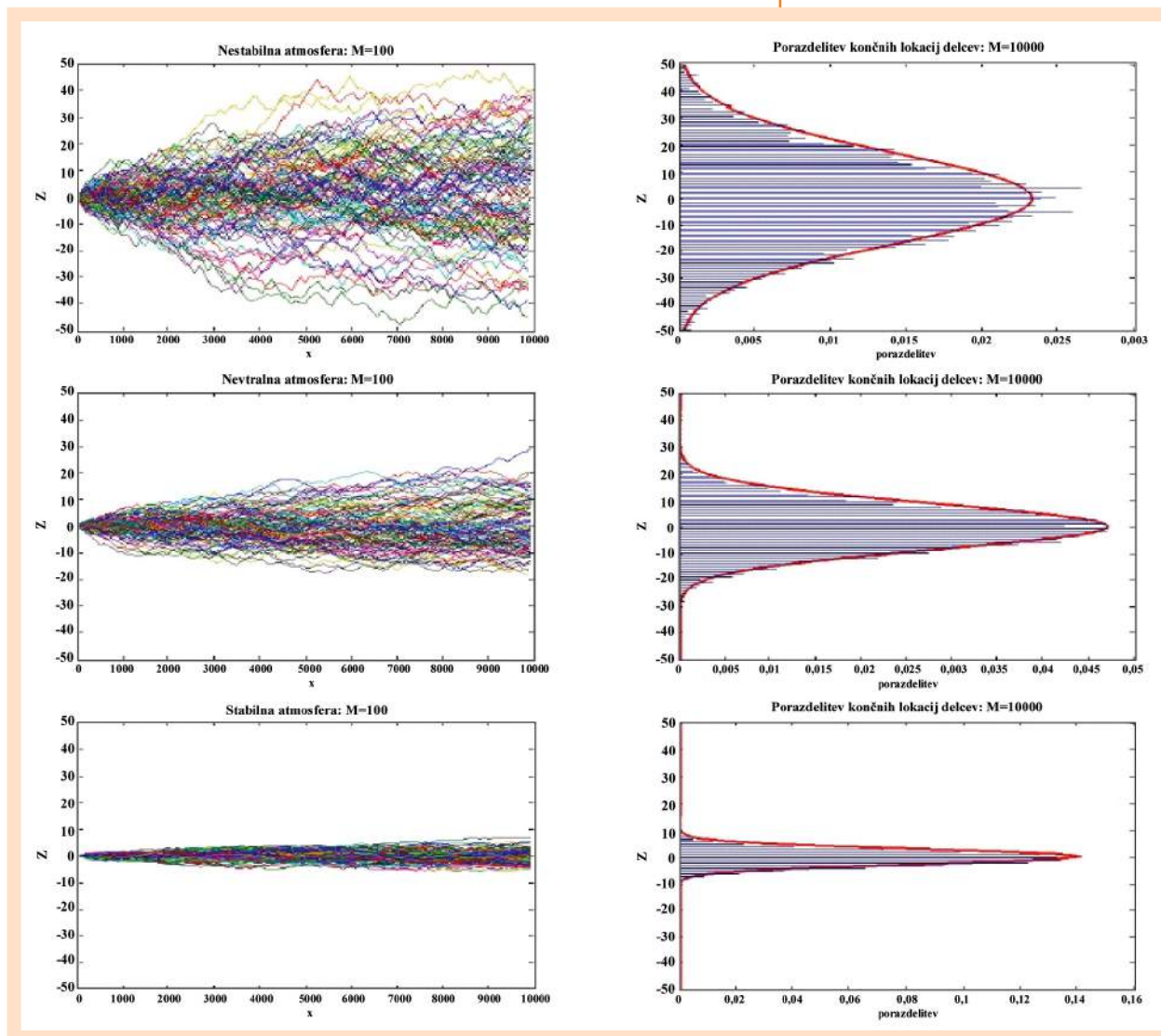


bem se loči glavne 3 tipe modelov, in sicer Gaussovi modeli, Eulerjevi modeli in Lagrangejevi modeli (Slika 11). Eulerjevi in Lagrangejevi modeli lahko v izračunih širjenja onesnaženja upoštevajo nehomogena vetrovna polja, zato so primerni za izdelavo simulacij nad razgibanim terenom, medtem ko Gaussovi modeli lahko upoštevajo le homogena vetrovna polja in niso primerni za kompleksen teren, kot je npr. slovenska pokrajina.

V opravljeni primerjavi disperznih modelov je Ivančič [34] ugotovil, da bolj kot tip modela na kakovost modelskih rezultatov vpliva količina vhodnih meteoroloških podatkov, ki jih je model sposoben obravnavati. GRAL in AUSTAL2000 sta Lagrangejeva delčna modela, ki lahko v izračun potrebnih meteoroloških polj vključita podatke iz samo ene meteorološke postaje. Več meteoroloških postaj ter vertikalne profile za izračun meteoroloških polj je mogoče vključiti v Lagrangeev paketni model imenovan CALPUFF.

Meteorološka polja na lokalni skali je mogoče pripraviti na različne načine. Prvi je uporaba mezoskalnih modelov na bolj fini prostorski resoluciji. Ker so taki izračuni časovno zahtevni, je pri simulacijah letnih analiz smiselno razmišljati o kategorizaciji podobnih situacij, ki se najpogosteje pojavljajo med letom, kot sta to predstavila Žabkar in Ivančič [35]. Drugi način je uporaba diagnostičnih modelov, njihova sklopitev z napovedmi mezoskalnih modelov [36] in priprava meteoroloških polj za vsako urno situacijo v letu. Diagnostični modeli omogočajo prilagajanje vetrovnih polj kompleksnemu terenu na lokalni prostorski skali, v izračun pa je mogoče vključiti tudi meritve iz več različnih meteoroloških postaj. Slabost takih modelov je, da pri izdelavi vetrovnih polj ne upoštevajo vseh fizikalnih zakonitosti ozračja, po drugi strani pa trajanje samih izračunov predstavlja pomembno prednost.

Pri širjenju onesnaženja prečno na smer vetra ima stabilnost ozračja pomembno vlogo. Stabilnost ozračja je lastnost, ki pove, koliko je ozračje dovzetno za vertikalna gibanja in je povezana z vertikalnim gradientom temperature v okolici (Slika 2). Najbolj neugodne razmere za redčenje onesnaženja se pojavljajo v času temperaturnih inverzij, zato morajo biti modeli zmožni obravnavati tudi take situacije.



V vseh naših modelskih izračunih širjenja onesnaženja emisij v zunanjem zraku uporabljamo CALPUFF/CALMET programsko opremo, ki je prosto dostopna na svetovnem spletu. Kot je bilo že opisano, je CALMET diagnostičen vetrovni model, CALPUFF pa Lagrangeev paketni model širjenja delcev. Uporabo modelskega sistema CALPUFF je priporočila ameriška okoljska agencija za obravnavo kompleksnih situacij širjenja onesnaženja na lokalni prostorski skali, kot so kompleksen teren, brezvetrje, obalni vetrovi in situacije s temperaturno inverzijo ter tudi za izdelavo simulacij širjenja onesnaženja na večjih prostorskih skalah. Model omogoča tudi poenostavljeno simulacijo kemijskih procesov, kot je npr. pretvorba NO_x v NO_2 [34].

MODELSKA OCENA KAKOVOSTI ZUNANJEGA ZRAKA ZA PLINSKO PARNO ELEKTRARNO TRBOVLJE

Z uporabo modelskih izračunov lahko simuliramo bodoče stanje v okolju zaradi obratovanja novega vira emisij snovi v zrak, kar se vedno več uporablja tudi pri prostorskem načrtovanju. S temi orodji lahko že v zelo zgodni fazi nastajanja projekta preverimo ključne omejitvene dejavnike

Slika 2:

Širjenje onesnaženja prečno na smer vetra je povezano s stabilnostjo atmosfere. Prikazana je disperzija v labilnem ozračju (zgoraj), v nevtralnem ozračju (na sredini) in v stabilnem ozračju (spodaj) [34].

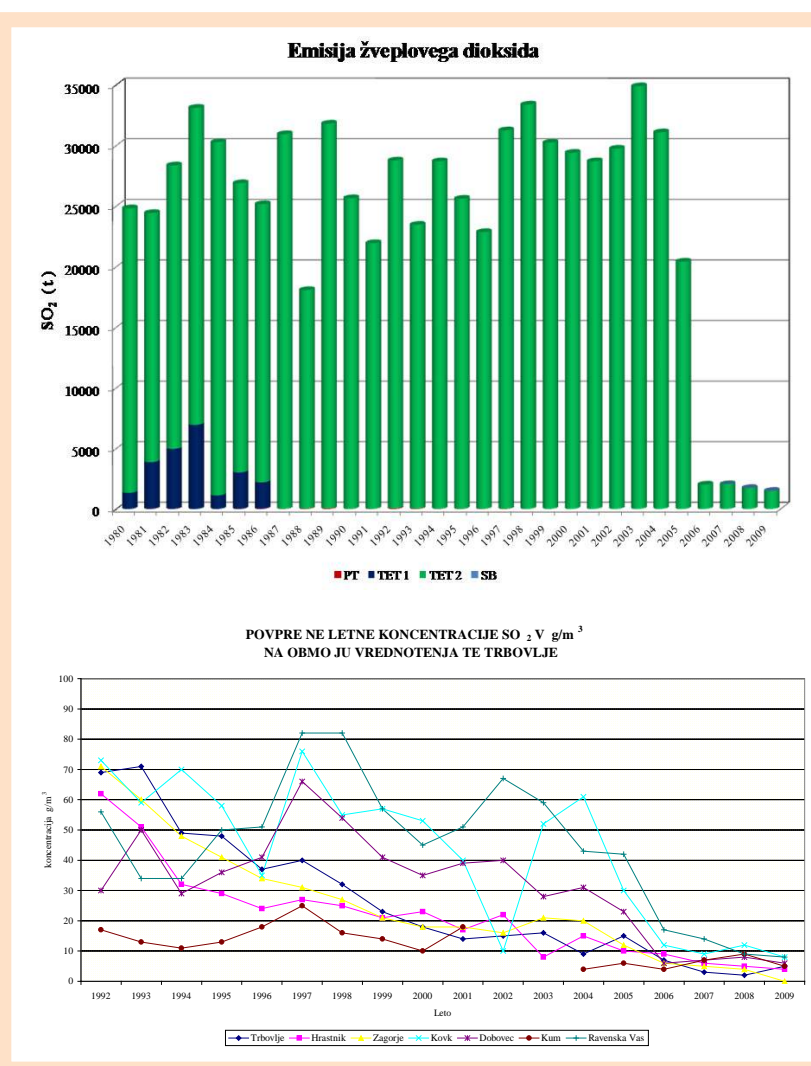
kot npr. kakovost zunanega zraka na širšem območju projektiranja. V danem primeru bomo predstavili primer uporabe modelskega izračuna širjenja onesnaženja v zunanjem zraku iz točkovnega vira emisij snovi v zrak. Pri tem smo se osredotočili na emisijo NO_x , ki predstavlja v zadnjem času, poleg PM_{10} , enega glavnih onesnaževal zunanega zraka. Za razliko od emisij SO_2 , ki so znatno pod ciljnim vrednostmi na nacionalnem nivoju, so emisije NO_x nad predpisano mejo. Posledično je sprejemljiv le projekt, pri katerem tako dodatna obremenitev kot skupna obremenitev zunanega zraka ne bosta presegli na območju vrednotenja zakonsko predpisanih mejnih vrednosti.

Primer se navezuje na pripravo državnega prostorskega načrta za plinsko parno elektrarno v TE Trbovlje. Zanj se je v okviru priprave okoljskega poročila [37] izvedlo tudi modeliranje kakovosti zunanega zraka [38]. Cilja modeliranja sta bila določilo optimalne višine novega odvodnika odpadnih dimnih plinov iz PPE ter preveritev, ali je prostor v Zasavju primeren za tovrstno tehnologijo oz. katere omilitvene ukrepe bi bilo morda treba izvesti, da bi bila izbrana tehnologija okoljsko sprejemljiva.

Pri tem se je bilo treba zavedati, da posegamo v območje, ki je bilo v svoji dolgi zgodovini izpostavljeno intenzivnemu onesnaževanju iz priso-

Slika 3:

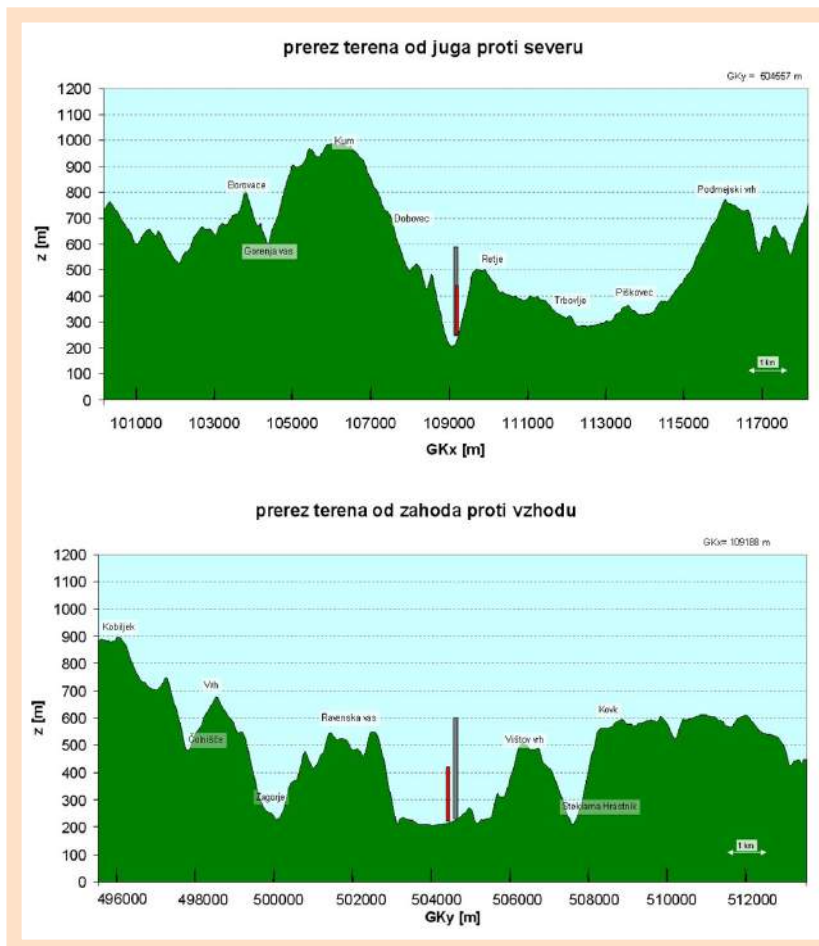
Emisije žveplovega dioksida iz TE Trbovlje od leta 1980 do 2009 (gore) in povprečne letne koncentracije SO_2 v zunanjem zraku na območju vrednotenja TE Trbovlje (dole) [37].



tnih industrijskih objektov. Mednje sodi tudi TE Trbovlje, kjer se je kot energent uporabljal rjavi premog z visoko vrednostjo žvepla (>2 %) in pepela (>30 %). V TE Trbovlje se do leta 2005 emisije SO₂ iz dimnih plinov ni čistilo. Edini ukrep do takrat je bila izgradnja 360 m visokega dimnika, ki je zagotovil višje dimne dvige in boljše redčenje dimnih plinov na širšem območju nad kotlino. V letu 2005 se je prigradila naprave za razžveplanje dimnih plinov. Z delovanjem te naprave so se emisijske koncentracije SO₂ zmanjšale pod zakonsko dovoljene in tako omogočile delovanje elektrarne tudi v pogojih zaostrene okoljevarstvene zakonodaje. Emisije SO₂ so se zmanjšale za več kot 94 %, kar se je odražalo tudi na širšem območju okoli TE Trbovlje, kjer se izvajajo meritve kakovosti zunanjega zraka. Omenjeno stanje prikazujeta naslednji sliki, iz katerih je mogoče razbrati, da se občutno zmanjšanje emisij SO₂ odraža tudi v zniževanju koncentracij SO₂ v zunanjem zraku pod zakonsko predpisane mejne vrednosti. Emisijske koncentracije NO_x, CO, skupnega prahu so ves čas skladne z veljavno zakonodajo.

Zasavje je znano po zelo ozkih kotlinah, zato ima ustrezna višina odvodnika še toliko večji pomen pri zagotavljanju zdravega življenjskega okolja ljudi, ki prebivajo tako v kotlinskem kot hribovitem predelu Zasavja, kar ponazarja slika 4.

Pri ugotavljanju potencialnega onesnaževanja zunanjega zraka iz novih virov oz. njihovega doprinosa k dodatni obremenitvi, si je treba pomagati s sodobnimi računalniškimi postopki oz. t. i. modelskimi izračuni širje-



Slika 4:

Prezrez terena v smeri od juga proti severu (levo) in od zahoda proti vzhodu (desno) ter umestitev načrtovanega novega odvodnika (rdeče barve) v obravnavani prostor [38].

nja onesnaževal v zunanjem zraku. Plinsko-parna elektrarna je sestavljena iz plinske turbine, kotla na odpadno toploto in parne turbine, pri čemer so možne variante izvedbe z eno ali več plinskimi turbinami.

Največja izbrana moč je 291 MW_{el} in naj bi stala na lokaciji kompleksa TE Trbovlje. Ta lokacija že sedaj slovi po 360 m visokem dimniku, ki je namenjen izpustu dimnih plinov iz termoelektrarne. PPE bo uporabljala kot primarno gorivo zemeljski plin in krajše obdobje, dokler ne bo zgrajeno plinovodno omrežje, tudi ekstra lahko kurilno olje (ELKO). Ne glede na izvedbo celotnega postroja, je treba slediti zahtevam, ki jih za PPE predpisuje Uredba o mejnih vrednostih emisij snovi v zrak iz velikih kurilnih naprav [39] in Referenčni dokument o najboljših razpoložljivih tehnikah za velike kurilne naprave [40]. V slednjem so opisane najboljše razpoložljive in trenutno dosegljive tehnike na področju termoeenergetike v odvisnosti od energenta ter tudi tehnike, ki se razvijajo in bodo predstavljale tehnične rešitve naslednjih generacij termoelektrarn.

Za obe vrsti goriva velja za NO_x enaka mejna emisijska vrednost, in sicer 50 mg/m³. Emisije onesnaževal SO₂ in PM₁₀ iz zemeljskega plina ni oz. je zanemarljivo majhna, zato se ju v študiji tudi zaradi navedb iz direktive v zvezi s PPE ni obravnavalo. Podobno velja tudi, če bi nova naprava delovala na ELKO, saj so zaradi izredno nizkih vrednosti SO₂ in PM₁₀ emisije zanemarljivo majhne in v danem primeru ne predstavljajo omejitvenega faktorja, zato se je v modelnem izračunu analizirala predvsem problematika NO_x.

Ocena je bila izdelana na podlagi meritev kakovosti zunanjega zraka in modelskih izračunov. Kot izhodišče se je vzelo, da delovanje nove naprave v kombinaciji z obratovanjem obstoječih naprav ne sme ogroziti zdravja ljudi v svoji okolici in ne sme povzročati čezmerne obremenitve okolja oz. narave. Pri modeliranju širjenja onesnaženja iz načrtovanih novih naprav PPE se je pregledalo več različnih možnosti. Izvedlo se je modeliranje za dve različni emisijski koncentraciji NO_x, in sicer z uporabo naprave za odstranjevanje NO_x iz dimnih plinov oz. t. i. DeNO_x naprave (20 mg/m³) in brez uporabe naprave DeNO_x (50 mg/m³).

Modeliranje se je izvedlo za več različnih višin načrtovanega novega odvodnika dimnih plinov, in sicer 150 m, 200 m in 250 m. Ker je treba v modelu oceniti najslabši scenarij, se je obravnavalo, kot da bo PPE obratovala vse dni v letu oz. 8760 ur s konstantno emisijo. Trenutne projekcije režima obratovanja predvidevajo 12 ur delovanja preko dneva in le med delavnikom. To skupaj nanese 2820 ur obratovanja preko cellega leta. Posledično je količina emisij, ki so vključene v modelske izračune, precejšena.

V načrtovanih scenarijih je bilo treba upoštevati tudi kumulativni vpliv skupaj z obstoječim objektom TET2. Za obstoječo napravo so se v modelskem izračunu upoštevale naslednje vrednosti:

- srednji urni volumski pretok = 370.000 m³/h,
- povprečna letna temperatura dimnih plinov na izhodu iz odvodnika = 102°C,
- povprečna letna koncentracija NO_x = 200 (461) mg/Nm³,

- povprečna letna koncentracija $\text{SO}_2 = 200$ (596) mg/Nm^3 ,
- povprečna letna koncentracija $\text{PM}_{10} = 20$ (20) mg/Nm^3 .

V oklepaju so zapisane povprečne letne koncentracije, ki so bile izmerjene v letu 2009, pred oklepajem pa nove mejne emisijske vrednosti, ki bodo začele veljati v letu 2016.

V študiji [37, 38] so se zaradi kumulativnega vpliva ocenjevale koncentracije NO_2 , SO_2 in PM_{10} v zunanjem zraku. Skladno s predpisanimi mejnimi vrednostmi posameznih onesnaževal, ki jih predpisuje Uredba o kakovosti zunanjega zraka [28], se je ocenilo letno povprečje (NO_2 , NO_x , PM_{10} in SO_2), maksimalne urne vrednosti in št. prekoračitev mejne urne vrednosti (NO_2 in SO_2), alarmna vrednost in št. prekoračitev mejne alarmne vrednosti (NO_2 in SO_2), maksimalna dnevna vrednost in št. prekoračitev mejne dnevne vrednosti (SO_2 in PM_{10}). Glede na dejstvo, da so pri PPE emisije NO_x ključne pri onesnaževanju zunanjega zraka, so v nadaljevanju predstavljeni izračuni le za NO_x . Rezultati so podani tabelarično in slikovno.

Tabela 2:

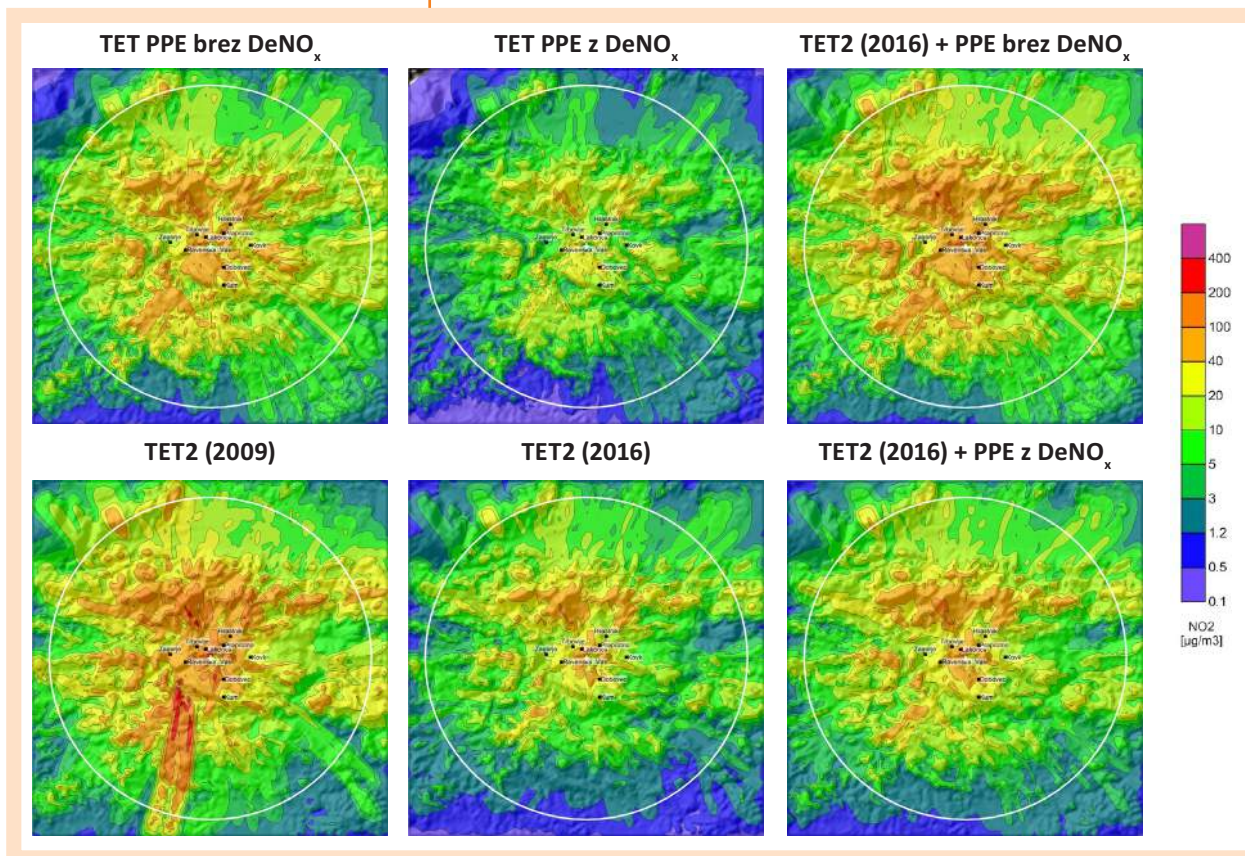
Primerjava rezultatov skupne obremenitve okolja po obnovi obstoječe naprave leta 2016 in nove PPE brez uporabe DeNO_x [3].

| Opis parametra | Enota | TET2 (2016) + PPE H = 150 m | TET2 (2016) + PPE H = 200 m | TET2 (2016) + PPE H = 250 m |
|--|----------------------------|--------------------------------|--------------------------------|--------------------------------|
| NO_2 – letno povprečje | $[\mu\text{g}/\text{m}^3]$ | 3.3 | 2.6 | 2.0 |
| NO_2 – maksimalna urna vrednost | $[\mu\text{g}/\text{m}^3]$ | 250.9 | 218.6 | 212.3 |
| NO_2 – št. prekoračitev mejne urne vrednosti | | 4 | 1 | 1 |
| NO_2 – alarmna vrednost | $[\mu\text{g}/\text{m}^3]$ | 146.3 | 126.2 | 110.5 |
| NO_2 – št. prekoračitev mejne alarmne vrednosti | | 0 | 0 | 0 |
| NO_x – letno povprečje | $[\mu\text{g}/\text{m}^3]$ | 4.0 | 3.1 | 2.5 |

Tabela 3:

Primerjava rezultatov skupne obremenitve okolja po obnovi obstoječe naprave leta 2016 in nove PPE z uporabo DeNO_x [38].

| Opis parametra | Enota | TET2 (2016) + PPE H = 150 m | TET2 (2016) + PPE H = 200 m | TET2 (2016) + PPE H = 250 m |
|--|----------------------------|--------------------------------|--------------------------------|--------------------------------|
| NO_2 – letno povprečje | $[\mu\text{g}/\text{m}^3]$ | 1.7 | 1.5 | 1.3 |
| NO_2 – maksimalna urna vrednost | $[\mu\text{g}/\text{m}^3]$ | 157.1 | 141.8 | 142.8 |
| NO_2 – št. prekoračitev mejne urne vrednosti | | 0 | 0 | 0 |
| NO_2 – alarmna vrednost | $[\mu\text{g}/\text{m}^3]$ | 89.1 | 78.4 | 75.8 |
| NO_2 – št. prekoračitev mejne alarmne vrednosti | | 0 | 0 | 0 |
| NO_x – letno povprečje | $[\mu\text{g}/\text{m}^3]$ | 2.1 | 1.8 | 1.6 |



Slika 5: Primerjava prostorske porazdelitve maksimalne urne vrednosti NO_2 iz nove PPE z in brez DeNO_x ter z višino odvodnika 200 m, obstoječega bloka TET2 po letu 2016 ter skupne obremenitve okolja [38].

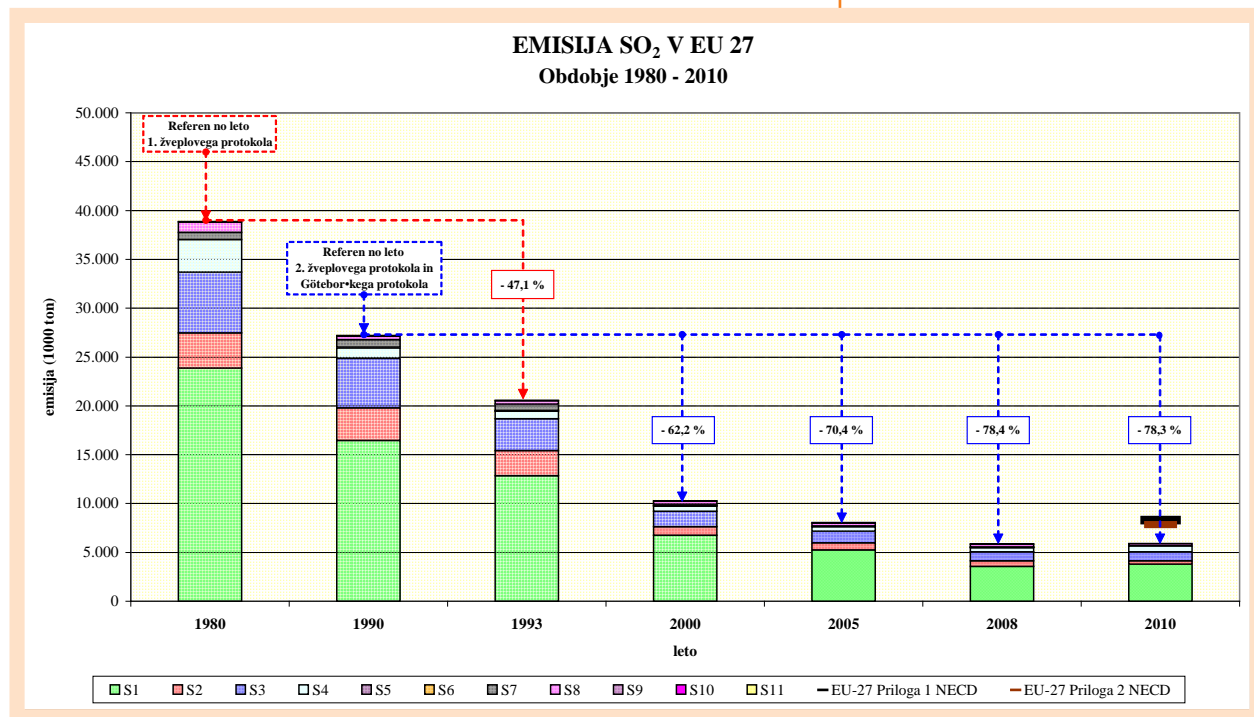
Na podlagi rezultatov modelskih izračunov, ki so podani v tabelah 2 in 3 lahko ugotovimo, da zakonskim določilom iz Uredbe o kakovosti zunanjega zraka [28] zadostujejo vse preverjene višine odvodnikov brez DeNO_x in tudi z DeNO_x . Ker pa je pri ocenah onesnaženja treba upoštevati skupno obremenitev, je dolgoročno smiselna uporaba DeNO_x naprave. S tem se bo zagotovilo, da skupna obremenitev po obnovi obstoječe naprave in izgradnji načrtovane nove naprave PPE ne bo presegala nobene mejne vrednosti kateregakoli onesnaževala. Poleg tega bo zagotovljena uporaba najboljše razpoložljive tehnike z najnižjimi tehnično dosegljivimi emisijami.

Pri oceni minimalne višine novega odvodnika, ki bo zadostil zakonskim določilom, je treba upoštevati tudi reliefne razmere v njeni neposredni okolici. Pri tem smo si pomagali s prerezom terena in umestitvijo novega odvodnika, kar prikazuje slika 4. Izračunali smo tudi dimni dvig in ugotovili, da potrebuje PPE odvodnik, visok vsaj 200 m. S tem se bodo odpadni dimni plini dvignili čez najbližje vzpetine in se ne bodo širili direktno proti bližnjim naseljem [38].

Na podlagi modelskih izračunov, podanih ocen vplivov projekta na kakovost zunanjega zraka ter ob dejstvu, da se je v projektu preverjala PPE, katere nazivna električna moč je do 291 MW (omejitev je toplotna obremenitev reke Save), se bo o dokončni višini odločalo v fazi izdelave poročila o vplivih na okolje ter pridobivanju OVS in OVD. Takrat bo treba podati točne podatke o velikosti postroja in tudi o predvidenih urah obratovanja. Na podlagi takrat definiranih vhodnih parametrov se bo ocenila in podala točna in dokončna višina odvodnika dimnih plinov, ki bo zagotovil okoljsko skladno obratovanje ter zdravo življenjsko okolje ljudi.

IZZIVI ZA PRIHODNOST NA PODROČJU ZAGOTAVLJANJA USTREZNE KAKOVOSTI ZUNANJEGA ZRAKA

V zadnjih 20 letih je bilo na področju zmanjševanja emisij snovi v zrak na globalnem nivoju postorjenega veliko, kar izkazujejo mednarodna [41] in tudi nacionalna poročila [14].



Zmanjšanje emisij SO₂ je v večini odraz sanacije velikih termoelektrarn (S1), ki kot gorivo uporabljajo premog. Ti viri predstavljajo velike točkovne vire, ki jih je “dokaj” enostavno urejati, saj je število velikih onesnaževalcev malo. Pri tem so največji delež prispevale čistilne naprave, ki iz dimnih plinov odstranjujejo emisije SO₂, NO_x in prašne delce.

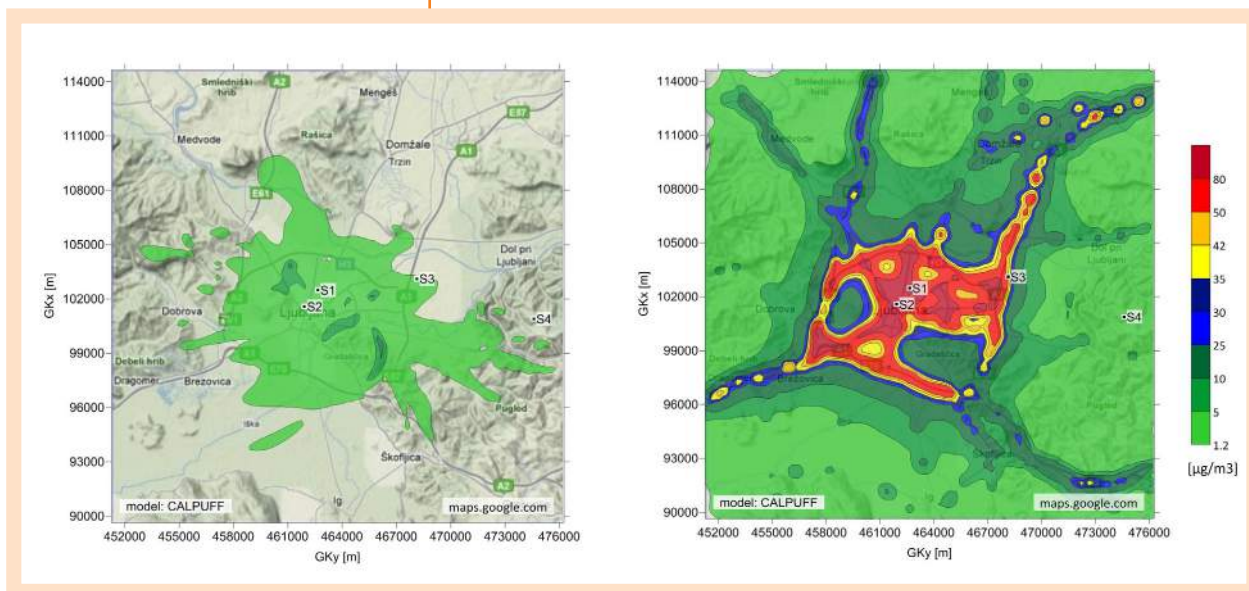
Glede na trenutno stanje se kot problem na področju kakovosti zunanjega zraka izkazujejo koncentracije prašnih delcev PM₁₀, PM_{2,5} ter praznega ozona, predvsem v urbanih in gosto naseljenih področjih. Omenjena problematika je izražena tako v slovenskem [14] kot tudi v evropskem prostoru in tudi širše [42].

V danem primeru predstavlja cestni promet enega ključnih virov onesnaževanja, ki mu bo treba v naslednjih letih posvetiti veliko pozornosti. Njegovo reševanje bo vsekakor težavno in dolgotrajno, saj bo treba za zagotovitev zdravega življenjskega okolja sprejeti ukrepe, ki bodo v praksi izvedljivi, učinkoviti in katerih cena bo sprejemljiva. Virov emisij v prometu je ogromno, poleg tega se naključno premikajo po prostoru.

V Ljubljanski kotlini so se že opravila prva ocenjevanja onesnaženosti zraka s prašnimi delci PM₁₀, s katerimi se je želelo ugotoviti doprinos posameznih virov onesnaževanja k onesnaženosti zunanjega zraka [43]. Izkazalo se je, da so emisije, ki nastanejo kot posledica cestnega prometa prepoznane kot najpomembnejši lokalni vir emisij prašnih delcev. Z uporabo Lagrangeevega modela CALPUFF/CALMET se je pripravil izračun onesnaženosti zunanjega zraka, ki nastane kot posledica bodisi

Slika 6: Emisije žveplovega dioksida v državah EU-27 v obdobju 1980–2010 [41].

obratovanja industrije in energetike bodisi prispevek cestnega prometa. Pri tem je treba izpostaviti, da je redčenje onesnaženja iz visokih odvodnikov dosti bolj intenzivno kot v primeru emisij iz prometa, saj se slednje emitirajo pri tleh brez dimnega dviga, kar je razvidno tudi v priloženi sliki prostorske razporeditve onesnaženja.



Slika 7: Primerjava izračunane najvišje dnevne koncentracije delcev PM_{10} v letu 2011. Levo je prikazano onesnaženje, ki ga povzročata sektorja industrija in energetika, desno pa onesnaženje, ki nastane v sektorju prometa.

Z modelskimi izračuni pridobljeni rezultati so lahko vodilo pri snovanju prometnih politik, katerih cilj je izboljšanje kakovosti zunanega zraka na lokalni ravni oz. v določenih urbanih območjih. Pred njihovo realizacijo je mogoče preveriti njihov učinek in jih po potrebi ustrezno prilagoditi ter tako prispevati k izboljšanju kakovosti zunanega zraka in zdravega življenjskega okolja, da se dosežejo največji učinki.

ZAKLJUČEK

Ustrezna kakovost zunanega zraka je pomemben kazalec okoljske zvesti tako politike, ki sprejema zakonodajo, kot tudi prebivalstva, ki se mora sprejetim zakonskim določilom prilagajati. Pri tem je zelo pomembno, da so sprejete sektorske politike tudi realno izvedljive in dosegljive, kar pa je treba predhodno strokovno presoditi s presojami vplivov na okolje in po potrebi prilagoditi določenim specifikam posameznega primera ali okolja, kjer se bo ta realizirala.

Z umeščanjem novih virov onesnaževanja zunanega zraka v prostor je treba ravnati preudarno in že v začetni fazi projektiranja preveriti vse ključne omejitvene dejavnike v okolju, ki bi lahko potencialno predstavljali težavo v času obratovanja. Zaradi izrazito razgibanega terena v RS, je treba na področju modeliranja širjenja onesnaževal v zunanjem zraku uporabiti preverjene modele, ki so sposobni upoštevati kompleksne terene in zahtevne meteorološke situacije. Le tako bo mogoče z majhno negotovostjo in veliko verjetnostjo verjeti podanim zaključkom, ki predstavljajo vodilo pri nadaljnjem projektiranju.

Vsekakor se bo v naslednjih letih veliko truda vložilo v reševanje oz. zmanjševanje onesnaževanja zunanega zraka s PM_{10} in $PM_{2,5}$ zaradi ce-

stnega prometa, saj je veliko prebivalcev EU izpostavljenih povečanim koncentracijam omenjenih onesnaževal.

Prav vsi pa imamo pravico do zdravega življenjskega okolja.

LITERATURA

- [1] EEA. Air and Health – Local authorities, health and environment, Copenhagen 1999; <http://www.eea.europa.eu/publications/2599XXX> (29. 8. 2014).
- [2] Odén, S. The acidification of air and precipitation and its consequences on the natural environment. Swedish Nat. Sci. Res. Council, Ecology Committee, 1968; 1: 68.
- [3] Odén, S. The acidity problem – an outline of concepts. In: Dochinger, L. S.; Seliga, T. A., eds. Proceedings of the first international symposium on acid precipitation and the forest ecosystem; Gen. Tech. Rep. NE-23. Upper Darby, PA: U.S. Department of Agriculture, Forest Service, Northeastern Forest Experiment Station. 1976; 1-36.
- [4] Convention on long-range transboundary air pollution; 1979; <http://www.unece.org/env/lrtap/full%20text/1979.CLRTAP.e.pdf> (30. 8. 2014).
- [5] Protokol o dolgoročnem financiranju Programa sodelovanja za spremljanje in oceno onesnaževanja zraka na velike razdalje v Evropi; http://www.unece.org/env/lrtap/emep_h1.html (30. 8. 2014).
- [6] Protokol o zmanjševanju emisij žvepla ali njihovih prekomejnih tokov; http://www.unece.org/env/lrtap/sulf_h1.html (30. 8. 2014).
- [7] Protokol o kontroli emisij dušikovih oksidov ali njihovih prekomejnih tokov; http://www.unece.org/env/lrtap/nitr_h1.html (30. 8. 2014).
- [8] Protokol o kontroli emisij lahko hlapnih ogljikovodikih ali njihovih prekomejnih tokov; http://www.unece.org/env/lrtap/vola_h1.html (30. 8. 2014).
- [9] Protokol o nadaljnjem zmanjševanju emisij žvepla; http://www.unece.org/env/lrtap/fsulf_h1.html (30. 8. 2014).
- [10] Protokol o težkih kovinah; http://www.unece.org/env/lrtap/hm_h1.html (30. 8. 2014).
- [11] Protokol o težko razgradljivih organskih snoveh; http://www.unece.org/env/lrtap/pops_h1.html (30. 8. 2014).
- [12] Protokol o zmanjševanju zakisovanja, evtrofikacije in prizemnega ozona; http://www.unece.org/env/lrtap/multi_h1.html (30. 8. 2014).
- [13] Zakon o ratifikaciji Protokola o zmanjševanju zakisljevanja, evtrofikacije in prizemnega ozona h Konvenciji iz leta 1979 o onesnaževanju zraka na velike razdalje preko meja (Ur. l. RS-MP, št. 9/2004).
- [14] Informative inventory report 2014 for Slovenia; Submission under the UNECE Convention on Longe-Range Transboundary Air Pollution, Slovenian Environment Agency, Ljubljana, marec 2014.
- [15] Zakon o varstvu okolja (Ur. l. RS št. 32/1993).
- [16] Zakon o varstvu okolja (Ur. l. RS, št. 39/06, 70/2008, 108/2009, 48/2012, 57/2012, 92/2013).
- [17] Uredba o posegih v okolje, za katere je treba izvesti presojo vplivov na okolje (Ur. l. RS, št. 51/14).
- [18] Uredba o vrsti in dejavnosti naprav, ki lahko povzročajo onesnaževanje okolja večjega obsega (Ur. l. RS, št. 97/2004, 71/2007, 122/2007, 68/2012).
- [19] National Environmental Policy Act, 42 U.S.C. 4321 et seq.
- [20] Uredba o okoljskem poročilu in podrobnejšem postopku celovite presoje vplivov izvedbe planov na okolje (Ur. l. RS, št. 73/2005).
- [21] Uredba o mejnih, opozorilnih in kritičnih emisijskih vrednostih snovi v zraku (Ur. l. RS, št. 73/1994).

- [22] Uredba o ukrepih za ohranjanje in izboljšanje kakovosti zunanega zraka (Ur.l. RS, št. 52/2002).
- [23] Uredba o žveplovem dioksidu, dušikovih oksidih, delcih in svincu v zunanem zraku (Ur. l. RS, št. 52/2002, 121/2006).
- [24] Uredba o ozonu v zunanem zraku (Ur. l. RS, št. 8/2003).
- [25] Uredba o benzenu in ogljikovem monoksidu v zunanem zraku (Ur.l. RS, št. 52/2002).
- [26] Uredba o arzeniu, kadmiju, živem srebru, niklju in policikličnih aromatskih ogljikovodikih v zunanem zraku (Ur.l. RS, št. 56/2006).
- [27] Pravilnik o monitoringu kakovosti zunanega zraka (Ur. l. RS, št. 36/2007).
- [28] Uredba o kakovosti zunanega zraka (Ur. l. RS, št. 9/2011).
- [29] Uredba o emisiji snovi v zrak iz nepremičnih virov onesnaževanja (Ur. l. RS št. 31/2007,70/2008, 61/2009, 50/2013).
- [30] Ivančič M. Modelski izračuni širjenja prašnih delcev PM10 na območju Šaleške doline. EIMV, ref. št. 2239, Ljubljana, 2014.
- [31] Žabkar R in Rakovec J. Modeliranje razširjanja primesi v ozračju / Modeling the dispersion of pollutants in the atmosphere. V: Zrak v Sloveniji, Celje, Slovenija. 2012; 104-14.
- [32] Israelsson PH. Studies of Lagrangian modeling techniques with applications to deep ocean carbon sequestration. Phd Thesis, Massachusetts Institute of Technology. 2008; <http://dspace.mit.edu/handle/1721.1/52766> (5. 9. 2014).
- [33] Boeker P, Wallenfang O, Wittkowski M, Schulze Lammers P, in Diekmann B. Odour dispersion and fluctuation modelling with a non-stationary lagrangian model. 7th Int. Conf. on Harmonisation within Atmospheric Dispersion Modelling for Regulatory Purposes, May 2001, Belgirate, Italy. 2001.
- [34] Ivančič M. Primerjava disperzijskih modelov / Comparison of results of different dispersion models. Diplomsko delo, Fakulteta za matematiko in fiziko Univerze v Ljubljani, 2010.
- [35] Žabkar R in Ivančič M. Assessing the local scale annual air quality impact of industrial source from characteristic days. Int. J. Environ. Pollut. 2012; 50(1): 209-23.
- [36] Ivančič M, Žabkar R, Rakovec J, Vončina R, in Pristov N. Influence of three different wind field initializations in CALMET model on dispersion modelling in complex terrain. 14th Int. Conf. on Harmonisation within Atmospheric Dispersion Modelling for Regulatory Purposes, 2–6 oktober 2011, Kos, Greece. 2011.
- [37] Kovačič D in sod. Okoljsko poročilo za plinsko parno elektrarno v TE Trbovlje, EIMV, Ref. št.: 2020, Ljubljana, december 2011.
- [38] Ivančič M, Kovačič D. Modelna ocena kakovosti zunanega zraka za plinsko parno elektrarno Trbovlje, Študija št.: 2083. Elektroinštitut Milan Vidmar, Ljubljana, februar 2011.
- [39] Uredba o mejnih vrednostih emisij snovi v zrak iz velikih kurilnih naprav (Ur. l. RS, št. 73/2005, 92/2007, 68/2012).
- [40] Referenčni dokument o najboljših razpoložljivih tehnologijah za velike kurilne naprave, julij 2006; <http://eippcb.jrc.ec.europa.eu/reference/lcp.html> (30. 8. 2014).
- [41] Centre on Emission Inventories and Projections; <http://www.ceip.at/ceip/> (6. 9. 2014)
- [42] EEA, "Air quality in Europe – 2013 report. European Environment Agency." 2013; <http://www.eea.europa.eu/publications/air-quality-in-europe-2013> (10. 9. 2014).
- [43] Ivančič M in Vončina R. Determinating the influence of different PM10 sources on air quality in Ljubljana basin with CALPUFF dispersion model. Int. J. Environment and Pollution, 2014; 54(2/3/4): 251-61.

Izzivi komunalne higijene – primer zagotavljanja zdravstveno neoporečne pitne vode

Challenges of municipal hygiene – the case of safe drinking water supply

Irena **SUŠELJ ŠAJN**¹, Stanko **TOMŠIČ**², Polonca **TREBŠE**³,
Nevenka **FERFILA**^{3*}

Received: 14. 10. 2014

Accepted: 6. 11. 2014

¹ Javno podjetje Kovod Postojna, vodovod, kanalizacija, d.o.o., Jeršice 3, 6230 Postojna, Slovenija

² Komunala Trebnje d.o.o., Goliev trg 9, 8210 Trebnje, Slovenija

³ Univerza v Ljubljani, Zdravstvena Fakulteta, Oddelek za sanitarno inženirstvo, Zdravstvena pot 5, 1000 Ljubljana, Slovenija

* *Corresponding author*
mag. Nevenka Ferfila
Univerza v Ljubljani,
Zdravstvena Fakulteta,
Oddelek za sanitarno inženirstvo,
Zdravstvena pot 5, 1000 Ljubljana,
Slovenija
nevenka.ferfila@zf.uni-lj.si

POVZETEK

V članku so na primeru zagotavljanja kakovostne oskrbe z zdravstveno ustrezno pitno vodo prikazani izzivi, ki jih pred sanitarne strokovnjake, ob odločanju o naložbah v komunalno infrastrukturo, postavlja povezava lokalne politike, lobijev, finančnih in zakonodajnih vplivov ter stališč stroke. Lastnica komunalne infrastrukture je običajno občina, upravljavec pa je tisti, ki mora zadostiti zahtevam glede skladnosti in zdravstvene ustreznosti pitne vode. Predstavljene so značilnosti vodovodnega sistema Postojna-Pivka, stanje sistema pred sanacijo, rezultati mikrobioloških preskušanj v obdobju med leti 2009 in 2014 ter uporabljene tehnološke rešitve ob sanaciji v letu 2012. Na osnovi zgoraj naštetega ter znanstvenih in strokovnih ugotovitev o posameznih dosegljivih tehnologijah, so predstavljeni izzivi stroke ob odločanju za izbor najustreznejše tehnologije ob predvideni investiciji v komunalno infrastrukturo.

Ključne besede: komunalna higijena, komunalna infrastruktura, investicije, vodovod Postojna-Pivka

ABSTRACT

In the paper the case of the provision of safe drinking water supply is used to highlight the challenges put on sanitary experts in the decision-making process of investments in the municipal infrastructure, taking into consideration the links between local policy, lobbyists, financial and regulatory impact and professional decisions. The owner of the municipal infrastructure is usually the municipality, but the operator is the one who must ensure compliance of safe drinking water to meet the criteria. The characteristics of the water supply system Postojna-Pivka, system status before remediation, the microbiological tests results in the period between years 2009 and 2014, and applied technology solutions during remediation process in 2012, are presented. On

the basis of the above mentioned facts, as well as scientific and technical findings on achievable technologies, the challenges for experts, when deciding on the selection of optimal available technology for prospective investment in a municipal infrastructure, are presented.

Key words: municipal hygiene, municipal infrastructure, investments, water supply system Postojna-Pivka

UVOD

Sanitarnim strokovnjakom, ki delujejo na področju komunalnih dejavnosti, predstavljajo ostrejšše zahteve evropske okoljske in zdravstvene zakonodaje vedno nove izzive. Zaostrena finančna situacija v državi in dejstvo, da je večina teh dejavnosti v domeni lokalne skupnosti, dodatno oteži procese odločanja o naložbah v komunalno infrastrukturo. Prepletanje interesov lokalne politike, lobijev, finančnih in zakonodajnih vplivov ter stališč stroke, želimo prikazati na primeru zagotavljanja kakovostne oskrbe z zdravstveno ustrezno pitno vodo.

Dokazi o načinih priprave ustrezne pitne vode segajo daleč v zgodovino in čeprav danes poznamo zanesljive tehnologije za zagotavljanje neoporečne in zdravstveno ustrezne pitne vode, se v Sloveniji še vedno pojavljajo določene težave povezane z mikrobiološko neustreznostjo pitne vode [1].

Pravilnik o pitni vodi [2], izdan na podlagi Zakona o zdravstveni ustreznosti živil in izdelkov ter snovi, ki prihajajo v stik z živili, določa zahteve, ki jih mora izpolnjevati pitna voda, z namenom varovanja zdravja ljudi pred škodljivimi učinki zaradi kakršnegakoli onesnaženja pitne vode. Voda je zdravstveno ustrezna, kadar ne vsebuje:

- mikroorganizmov, parazitov in njihovih razvojnih oblik v številu, ki lahko predstavlja nevarnost za zdravje ljudi,
- snovi v koncentracijah, ki same ali skupaj z drugimi snovmi lahko predstavljajo nevarnost za zdravje ljudi [2].

Zaradi možnih tveganj za zdravje, ki so povezana s fekalno onesnaženo vodo, je obvladovanje mikroorganizmov v pitni vodi zelo pomemben preventivni javnozdravstveni ukrep [3]. Mikrobiološka onesnaženost surove vode in neustrezna tehnologija priprave pitne vode sta problema, ki se kažeta na področju javne oskrbe s pitno vodo, predvsem zaradi visokih investicijskih stroškov ter dotrajanosti obstoječih sistemov priprave pitne vode na območju celotne Slovenije [4].

Upravljavec komunalne infrastrukture pa je tisti, ki mora zagotavljati skladnost in zdravstveno ustreznost pitne vode na pipah oziroma mestih, kjer se voda uporablja kot pitna voda [2].

ODLOČITVE O VLAGANJIH V IZGRADNJO KOMUNALNE INFRASTRUKTURE

Za razumevanje koncepta izvajanja posameznih javnih služb varstva okolja je nujno poznati razmerja med lastnikom infrastrukture, ki je obi-

čajno občina ter izvajalcem javne službe, ki nastopa v vlogi upravljavca infrastrukture. Občina ali država sta, v skladu z Zakonom o gospodarskih javnih službah (Zakon), zadolženi za izvajanje gospodarskih javnih služb [5]. Država oziroma lokalna skupnost lahko zagotavlja gospodarske javne službe v naslednjih oblikah:

- režijski obrat, če je neekonomično ali neracionalno ustanoviti javno podjetje ali podeliti koncesijo,
- javni gospodarski zavod, če gre za opravljanje gospodarskih javnih služb, ki jih ni mogoče opravljati kot profitne oziroma če to ni njihov cilj,
- javno podjetje, če gre za opravljanje gospodarskih javnih služb večjega obsega ali kadar to narekuje narava monopolne dejavnosti, ki je določena kot gospodarska javna služba, gre pa za dejavnost, ki jo je mogoče opravljati kot profitno,
- podelitev koncesij osebam zasebnega prava,
- vlaganje javnega kapitala v dejavnost oseb zasebnega prava, kadar je takšna oblika primernejša od drugih oblik [5].

Občine omenjene gospodarske javne službe varstva okolja običajno zagotavljajo preko režijskega obrata, javnega podjetja ali s podelitvijo koncesije. V vseh primerih gre načeloma za enak koncept – lastnik infrastrukture, ki je običajno občina, zgradi posamezno infrastrukturo in zagotovi njeno upravljanje na enega izmed zgoraj opisanih načinov.

Gre za zagotavljanje javnih dobrin, ki so sicer v skladu z zakonom ali odlokom občine pod določenimi pogoji dostopne vsakomur. Uporaba javnih dobrin, ki se zagotavljajo z obveznimi gospodarskimi javnimi službami, je celo obvezna, če zakon ali na njegovi podlagi izdan predpis za posamezne primere ne določa drugače.

Zakon tudi določa, da se gospodarske javne službe financirajo s ceno javnih dobrin, iz proračunskih sredstev in iz drugih virov, določenih z zakonom ali odlokom občine [5]. Kljub temu, da gre za javne dobrine, ki morajo biti vsem uporabnikom na voljo pod enakimi pogoji, to ne pomeni, da so uporabnikom na voljo brezplačno, temveč morajo uporabniki plačati stroške zagotavljanja teh dobrin.

Način oblikovanja cene je določen v Uredbi o metodologiji za oblikovanje cen storitev obveznih občinskih gospodarskih javnih služb varstva okolja (Uredba) [6]. Cena storitve posamezne javne službe za območje občine predlaga izvajalec javne službe z elaboratom o oblikovanju cene izvajanja storitev javne službe in jo predloži pristojnemu občinskemu organu v potrditev [6].

Cena je sestavljena iz cene storitve in omrežnine. Cena storitve je običajno variabilni del vezan na količino opravljene storitve in predstavlja plačilo izvajalcu javne službe za njegove stroške. Omrežnina je fiksni del in je sestavljen predvsem iz stroškov števnine, vzdrževanja priključkov, zavarovanja in najemnine za javno infrastrukturo.

Občina namreč za opravljanje javne službe izvajalcem obračunava najemnino za vso javno infrastrukturo, najmanj v višini obračunane amorti-

zacije za vso infrastrukturo, ki je potrebna za opravljanje posamezne javne službe. Če se ob potrditvi cene pristojni občinski organ odloči, da potrjena cena storitve javne službe ne pokriva celotne najemnine, mora za razliko občina oblikovati subvencijo iz proračuna občine.

Iz navedenega izhaja, da lastnik gospodarske javne infrastrukture varstva okolja predaja upravljavcu svojo infrastrukturo v upravljanje. Upravljavec mora celotno amortizacijo za infrastrukturo vključiti v ceno storitve in najmanj v višini amortizacije plačati lastniku najemnino. Kljub temu, da občina sicer lahko zagotavlja subvencije za najemnino, dejansko vrednost infrastrukture pomembno vpliva na ceno storitve posamezne gospodarske javne službe.

ISKANJE EKONOMSKO NAJBOLJ UČINKOVITE REŠITVE ZA INVESTICIJE V KOMUNALNO INFRASTRUKTURO

Pogosto so odločitve pristojnih glede izvedbe posameznih investicij v komunalno infrastrukturo precej nerazumljive za laično javnost, včasih pa so tovrstne odločitve nerazumljive tudi za strokovno javnost. Velikokrat javnost ne more razumeti, za kakšne namene se določena infrastruktura gradi in zakaj se gradi na izbrani način. Razlage takšnih odločitev so lahko zelo kompleksne in včasih odstopajo tudi od strokovnih rešitev in razlag posameznega popolnoma strokovnega vprašanja.

Za vsaj načelno razumevanje posameznih odločitev glede investicij v komunalno infrastrukturo, je potrebno poznati nekatere ključne okoliščine, ki običajno vplivajo na odločitve o izvedbi posameznih projektov. Kdor želi vsaj načelno razumeti posamezno odločitev glede določene investicije v komunalno infrastrukturo, mora poznati vsaj zgoraj navedena razmerja med lastnikom infrastrukture in izvajalcem posamezne javne službe, oziroma upravljavcem infrastrukture.

Kot izhaja iz zgoraj opisanega, sama vrednost infrastrukture pomembno vpliva na izračun cene storitve posamezne javne službe. Pogosto prav zato ni možno izvesti optimalno učinkovite rešitve, ki jo predlaga stroka, temveč je potrebno poiskati tudi ekonomsko najbolj učinkovito rešitev. Gre torej za iskanje rešitev, ki zagotavljajo ustrezno kakovost opravljene storitve, ob upoštevanju zahtev veljavne zakonodaje in so hkrati še vedno cenovno sprejemljive. Mnenje izvajalca javne službe oziroma strokovnjakov glede optimalne rešitve, tako za novogradnje kot tudi za obnove že zgrajene infrastrukture, je le eden izmed elementov, ki dejansko vpliva na končno odločitev o izbrani investiciji.

Poleg iskanja ekonomsko najučinkovitejše rešitve se, prav zaradi razmerij med lastniki komunalne infrastrukture in izvajalci javne službe, pogosto pojavijo tudi drugi nestrokovni vplivi, ki pa so lahko zelo pomembni za proces izbora tehnoloških rešitev in dokončno odločitev o izvedbi načrtovane investicije. Občina mora tako pri odločanju upoštevati tudi dejanska razpoložljiva sredstva v proračunu, možnost pridobitve političnega soglasja pristojnih za odločanje o izvedbi investicije ter številne druge deležnike, ki lahko vplivajo na izvedbo same investicije.

PREDSTAVITEV IZZIVA ODLOČANJA O INVESTICIJAH V KOMUNALNO INFRASTRUKTURO – PRIMER VODOVODNEGA SISTEMA POSTOJNA-PIVKA

Vodovodni sistem Postojna-Pivka, z vodnim virom Malni, oskrbuje 22.000 porabnikov pitne vode. Vodni vir Malni je kraškega značaja, s širokim zaledjem in vplivnim področjem. Poglavitni lastnosti kraških virov sta mikrobiološka onesnaženost ter povečana motnost po večjih padavinah, saj kraški viri pitne vode zaradi narave kraških tal nimajo samoočiščevalne sposobnosti, kot jo sicer ima podtalnica. Sama narava vodnega vira Malni torej predstavlja dejavnik tveganja, ki pa ga lahko obvladujemo le z doslednim upoštevanjem higiensko-tehničnega režima na vodovarstvenih območjih, učinkovito pripravo vode ter ostalimi načeli nadzora na osnovah HACCP sistema.

Ob pregledu arhiva poročil preskušanj [7], smo ugotovili, da se je nadzor prisotnosti oocist *Cryptosporidium* spp. in ciste *Giardia* spp. začel

Tabela 1:

Prisotnost *Cryptosporidium* spp. in *Giardia* spp. v letih od 2009 do leta 2012.

| Leto | Datum | Vrsta parazita | |
|------|---------|--|----------------------------------|
| | | <i>Cryptosporidium</i> spp. (št./100 l)* | <i>Giardia</i> spp. (št./100 l)* |
| 2009 | 18.5 | 1 | 3 |
| 2010 | 17.5 | 8 | 2 |
| | 7.6 | 0 | 0 |
| 2011 | 24.5 | 3 | 1 |
| | 13.9 | 0 | 0 |
| | 20.12 | 3 | 6 |
| | 22.12 | 5 | 1 |
| | 28.12 | 7 | 10 |
| | 30.12 | 0 | 0 |
| | 30.12** | 0 | 0 |
| 2012 | 3.1 | 5 | 4 |
| | 10.1 | 13 | 18 |
| | 12.1 | niso našli (št. /10 l)*** | niso našli (št. /10 l)*** |
| | 17.1 | 2 | 4 |
| | 18.1 | niso našli (št. /10 l)*** | niso našli (št. /10 l)*** |
| | 18.1** | niso našli (št. /10 l)*** | niso našli (št. /10 l)*** |
| | 19.1** | 2 | 3 |
| | 24.1 | 0 | 4 |
| | 31.1 | 0 | 0 |
| | 2.2.** | 0 | 0 |
| | 2.2.** | 0 | 0 |
| | 5.11 | 0 | 0 |

*normativ: < 1 oocista/100 litrov vode če hočemo doseči nizko tveganje za infekcijo (priporočilo Nacionalnega inštituta za javno zdravje RS);

odvzem na omrežju, ostali vzorci so bili odvzeti na vodarni Malni v bazenu čiste vode po pripravi; *preskušanja v 10 l je izvajal Nacionalni laboratorij za zdravje, okolje in hrano, Oddelek za mikrobiološke analize živil, vod in drugih vzorcev okolja Novo mesto.

Po vključitvi novih tehnologij v pripravo pitne vode v letu 2012.

Vir: Kovod Postojna d.o.o. Arhiv poročil laboratorijskega preskušanja vzorcev pitne vode.

izvajati leta 2009. Nadzor je bil nato izveden še v letih 2010 in 2011. Oba parazita sta bila v pitni vodi vedno potrjena. Vrednosti so predstavljene v tabeli 1. Poleg oociste *Cryptosporidium* spp. in ciste *Giardie* spp., je bila večkrat ugotovljena tudi prisotnost *Clostridium perfringens* (vključno s spori) in presežena mejna vrednost skupnega števila kolidiformnih bakterij [7].

Na osnovi navedenega lahko zagotovo trdimo, da takratna razpoložljiva tehnologija priprave pitne vode: usedanje, filtracija s hitrimi peščenimi filtri ter dezinfekcija s plinskim klorom, ni bila zadostna glede na kakovost surove vode iz vodnega vira Malni. Zato so bile kot začasne rešitve izbrane naslednje tehnologije: uvedba koagulacije v črpališču Malni, prejšnja v vodarni Malni, sanacija peščenih filtrov z zamenjavo granulacije peska in velikosti prepustnosti čistilnih šob ter UV dezinfekcija. Kasneje se je s spremljanjem rezultatov preskušanj izkazalo, da bi lahko to bila tudi trajna rešitev za zagotavljanje zdravstveno ustrezne pitne vode.

Ciste oz. oociste parazitov lahko v pitni vodi preživijo zelo dolgo (oociste *Cryptosporidium* spp. npr. preživijo v sladki vodi tudi več mesecev) [3]. Najpogostejša posledica okužbe s paraziti je driska, ki je lahko akutna ali kronična. Poizkusi na prostovoljcih so pokazali, da za infekcijo zadošča manj kot 10 oocist, teoretični izračuni pa kažejo, da že zaužitje ene oociste lahko že povzroči infekcijo [3]. Med skupino parazitov, ki se lahko prenašajo z vodo je *Cryptosporidium* spp. najbolj obstojen v okolju, najbolj odporen na kemijsko dezinfekcijo in najmanjši, torej ga je najtežje odstraniti s filtracijo. Zato glede na prisotnost *Cryptosporidium* spp. v vzorcu pitne vode lahko sklepamo kakšna je kakovost pitne vode glede vsebnosti drugih parazitov v vodovodni vodi [3].

Proces odpravljanja pomanjkljivosti

Na podlagi rednega inšpekcijskega pregleda, je bila v januarju 2012 izdana ureditvena odločba za vodovodni sistem Postojna-Pivka. Glavne zahteve so bile naslednje:

- vzpostavitev učinkovitega notranjega nadzora tako, da bo uporabnikom, ki so vezani na vodovodni sistem Postojna-Pivka zagotovljena oskrba z zdravstveno ustrezno pitno vodo ter
- izdelava ocene tveganja za zdravje ljudi – porabnikov, ki so vezani na vodovodni sistem Postojna-Pivka, zaradi prisotnosti razvojnih oblik parazitov v pitni vodi, ki jo mora pripraviti strokovna ustanova [8].

V vodarni Malni je bila tehnologija priprave pitne vode v začetku leta 2012 dopolnjena z dodajanjem koagulant (polihidroksi aluminijev klorid – Kemclar 200) že v črpališču Malni. Koagulant se začne dozirati avtomatsko v primeru vhodne motnosti nad 2 nefelometrični turbidimetrični enoti (NTU). Doziranje se prilagaja stopnji motnosti. Meritve koncentracije aluminija v vodi se meri ročno v rednih časovnih intervalih v vodarni Malni. Postopek dodajanja koagulant (aluminijev sulfat) v sedimentacijske bazene v vodarni Malni se je namreč izkazal kot nezadosten, saj se flocule niso tvorile zaradi tega, ker se voda v bazenih ni mešala. Zato se koagulant v sedimentacijske bazene ne dodaja več. V primeru motnosti višje

od 5 NTU, pa se pred vtokom na sedimentacijske bazene dodaja še flokulant (anionski poliakrilamid – Superfloc A 120 PWG). Vhodna motnost se meri pred dodajanjem flokulanta v vodarni Malni. Proces čiščenja vode je nadalje nadgrajen še z UV dezinfekcijo.

Februarja 2012 je bila izvedena temeljita sanacija filtrirnih polj, pri čemer je bil filtrirni pesek zamenjan s peskom finejše granulacije ter dodane šobe za čiščenje. Filtracija vode sedaj poteka preko peščenih filtrov s kvarčnim pesekom treh različnih granulacij: 1,5–2 mm, 0,7–1,2 mm in 0,4–0,7 mm. Pod peskom so šobe za čiščenje velikosti 0,20 mm. Voda pronica skozi pesek in šobe, kjer se odstranijo flokule, ki so posledica flokulacije in sedimentacije. Filtrirana voda se zbira v betonskih bazenih – rezervoarjih čiste vode. V vmesni povezavi med bazeni se izvede primarna dezinfekcija vode z uporabo UV dezinfektorja, ki je bila nameščena v mesecu februarju 2012.

Dezinfekcijski mehanizem UV svetlobe se razlikuje od mehanizmov drugih dezinfekcijskih sredstev. Med tem, ko dezinfekcijske kemikalije mikroorganizme inaktivirajo s poškodovanjem zgradbe celic, z vmešavanjem v metabolične procese oziroma zaviranjem biosinteze in rasti, UV svetloba poškoduje nukleinske kisline oziroma zavira razmnoževanje, s tem mikroorganizmi izgubijo virulentnost. Kot posledica absorpcije svetlobe se v DNK-ju modificirajo vezi med nekaterimi baznimi pari. Iz stališča dezinfekcije je najpomembnejša dimerizacija nukleotidov. Pod vplivom UV svetlobe je to najpogostejša okvara DNK, ki onemogoči razmnoževanje. Nastali timinski dimeri namreč onemogočijo branje verige DNK, s tem se ustavi replikacija DNK in celična delitev [9]. Raziskave kažejo, da se lahko omenjeni vpliv doseže z UV svetlobo s spektrom 263-275 nm valovne dolžine. Porazdelitev najučinkovitejših valovnih dolžin v spektru je odvisna od ciljnega organizma [9].

UV dezinfekcija je zelo uporaben tehnološki postopek za dezinfekcijo vode. Največ bakterij in virusov inaktivirajo že žarki nizke intenzitete, medtem ko so za inaktivacijo parazitov in praživali (*Giardia* spp., *Cryptosporidium* spp.) potrebne višje intenzitete. Na intenziteto, potrebno za inaktivacijo, poleg tega vplivajo še druge lastnosti vode (npr. vsebnost železa, motnost, barva). Dezinfekcija je učinkovita, če lahko UV svetloba prodre do vseh mikroorganizmov. Pri motni, ali obarvani vodi, svetloba ne prodre .po celem volumnu, zato je lahko dezinfekcija neuspešna [9]. Zakonodaja pogojev, potrebnih za UV dezinfekcijo, ne opredeljuje. V primeru uporabe UV svetlobe za dezinfekcijo pitne vode je priporočeno, da upravljevec za zagotovitev skladnosti rezultatov preskusov pitne vode, upošteva zahteve iz avstrijskega standarda ÖNORM M 5873 – 1, ki zahteva doziranje najmanj 400J/m² oz. 40mJ/cm² pri valovni dolžini 253,7 nm. [10]. Dezinfekcija vode z UV sevanjem je dokazano zelo učinkovita tehnologija za odstranjevanje oocist *Cryptosporidium* spp in cist *Giardia* spp. v procesu priprave zdravstveno ustrezne pitne vode [11].

Po UV dezinfekciji se izvaja še sekundarno dezinfekcijo s plinskim klorom, z namenom ohranjanja kakovosti pitne vode v omrežju vse do mesta uporabnika. Na dotoku v bazen je nameščen analizator prostega klora v vodi, ki uravnava doziranje.

NADALJNI IZZIVI ZA VODOVODNI SISTEM POSTOJNA-PIVKA

Konec leta 2012 je Nacionalni inštitut za javno zdravje RS, namesto ocene tveganja, izdal strokovno mnenje [12], v katerem je za vodni vir Malni, kot najbolj varen in dolgoročno ustrezen način priprave pitne vode, predlagana tehnologija ultrafiltracije. Oktobra 2013 je zdravstveni inšpektorat izdal sklep o dovolitvi izvršbe izdane odločbe, glede vzpostavitve učinkovitega notranjega nadzora ter zagotovitve zdravstveno ustrezne pitne vode, na podlagi strokovnega mnenja Nacionalnega inštituta za javno zdravje RS.

Ultrafiltracija je zelo učinkovita tehnologija pri odstranjevanju organskih spojin. Z uporabo koagulanta pa je ultrafiltracija še učinkovitejša predvsem takrat, ko je voda zelo motna [13]. Delovanje membrane je odvisno od materiala, iz katerega je le-ta izdelana in njegovih kemijskih in fizikalnih značilnosti. Idealna membrana se ne maši in ima dolgo obratovalno dobo, je kemijsko stabilna in neobčutljiva na kemikalije, nerazgradljiva in cenovno ugodna [14]. Pri obdelavi surove vode z zelo visoko motnostjo in visoko koncentracijo organskih spojin se lahko pojavi hitro obraščanje membrane in rast biofilma. V takem primeru so hidravlična in s tem tudi kemijska pranja pogostejša, kar tudi skrajša življenjsko dobo membrane [15]. Z ustrezno predpripravo surove vode, s katero zmanjšamo motnost, se tem težavam lahko v dobršni meri izognemo. V raziskavi, v kateri so uporabili kot surovo vodo zelo motno površinsko vodo, so pred filtracijo dodali še postopek koagulacije. Izkazalo se je, da je koagulant povečal pretok in pričakovano zmanjšal prepustnost delcev skozi membrano. Izmerjena motnost po filtraciji je bila vedno pod 0,2 NTU. Filtrat je bil, ne glede na spreminjanje motnosti in koncentracije delcev v surovi vodi, konstantne kakovosti. [16].

V letu 2013 smo z opazovanjem rezultatov meritev fizikalno-kemijskih parametrov spremljali značilnosti vodnega vira glede na spremenljive vremenske razmere. Iskali smo povezavo med slabimi vremenskimi razmerami (obilno deževje) in motnostjo (NTU) načrpane surove vode ter posledično zagotavljanjem zdravstveno ustrezne pitne vode z razpoložljivimi tehnologijami v pripravi pitne vode. Načrpana surova voda je imela v normalnih vremenskih razmerah motnost od 0,40 – 0,80 NTU. V deževnih obdobjih motnost vodnega vira zelo niha, od 2 - 5 NTU. Še večjo težavo pa pomenijo dolga sušna obdobja, ki jim sledijo močne padavine, ko lahko surova voda doseže motnost tudi do 9,0 NTU. Z uporabo koagulanta in flokulanta je po filtraciji mogoče doseči motnost vode pod 1 NTU. Vendar pa je posledica uporabe teh dveh kemikalij pogostejše mašenje peščenih filtrov ter nastajanje odpadnega blata. Pri nižjih motnostih surove vode do 2 oz. 3 NTU, je potrebno peščene filtre prati na 8 ur pri motnosti okrog 5 NTU na 4–6 ur. Pri višjih motnostih surove vode, kot je npr. 8 in več NTU pa tudi na 2 uri. Vsak peščeni filter se spira približno 20 minut. To pomeni, da je v primeru nižjih motnosti surove vode mogoče zagotavljati zadostne količine vode za spiranje filtrov. V primeru motnosti nad 8 NTU pa se lahko zgodi, da bi prišlo med filtracijo do preliva vode. Kar lahko posledično pomeni ali nezadostne količine vode v omrežju ali pa izpust vode v omrežje z višjo motnostjo in

morebitno vsebnostjo kemikalij, ki jih dodajamo v procesu priprave pitne vode. V tem primeru je edina rešitev ukrep prekuhavanja vode, ki pa v primeru kemijskega onesnaženja nima učinka. Najpogosteje uporabljene koagulant aluminijev sulfat se v normalnih razmerah v procesu filtracije dokazano odstrani iz pitne vode. V izrednih razmerah pa lahko ostane v vodi, ki oskrbuje vodovodno omrežje. Tveganje za zdravje pomeni namreč nevrotoksičnost aluminija in domneva, da lahko aluminij v pitni vodi predstavlja tveganje za Alzheimerjevo bolezen. Vzročna povezava sicer še ni dokazana, vendar se v zadnjem času vse pogosteje kot zamenjava koagulanta uporablja železove soli [17, 13].

Po vključitvi novih tehnoloških postopkov v proces priprave pitne vode (koagulacija, flokulacija in UV dezinfekcija) lahko na osnovi rezultatov laboratorijskih preskušanj ugotovimo, da v vodi od leta 2012 ni več prisotnih *Escherichia coli*, enterokokov, *Clostridium perfringens* (vključno s sporami), preseženega skupnega števila koliformnih bakterij, oocist *Cryptosporidium* spp. in cist *Giardia* spp. [7].

Tabela 2:

Prisotnost *Cryptosporidium* spp. in *Giardia* spp. v letu 2013 in 2014

| Vrsta parazita | 2013 | | 2014 | | | | Predvideno redno vzorčenje v mesecu novembru |
|---|------|-------|------|------|------|-------|--|
| | 28.5 | 16.10 | 7.2 | 7.2* | 7.2* | 24.2* | |
| <i>Cryptosporidium</i> spp. (št./100 l) | 0 | 0 | 0 | 1 | 0 | 0 | |
| <i>Giardia</i> spp. (št./100 l) | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | |

*odvzem na omrežju, ostali vzorci so bili odvzeti na vodarni Malni v bazenu čiste vode po pripravi.

Vir: Kovod Postojna d.o.o.. Arhiv poročil laboratorijskega preskušanja vzorcev pitne vode.

Iz tabele 2 je razvidno, da je trenutno razpoložljiva tehnologija uspešna pri odstranjevanju prisotnih parazitov *Cryptosporidium* spp. in *Giardia* spp.. V letu 2014 smo vzorce na prisotnost parazitov odvzeli v času ukrepa prekuhavanja, z namenom ocene obvladovanja razpoložljive tehnologije v vodarni Malni. Ukrep prekuhavanja je bil uveden zaradi izpada električne energije v času žledoloma, posledično pomanjkanja vode v glavnih rezervoarjih in znižanja tlaka v cevovodu. Izpad smo nadomestili z agregatom, vendar je ostalo vprašanje stabilnosti električnega napajanja potrebnega za vse stopnje obdelave vode na vodarni. Nadomestno napajanje ni zagotavljalo potrebne moči in s tem posledično zadostne količine načrpane vode, ki bi jo v času visoke motnosti potrebovali, v kolikor bi morali uporabiti koagulant in flokulant. Ker ju nismo uporabljali, smo imeli po filtraciji motnost na zgornji meji 0,90 – 1,0 NTU. To je vrednost, ki je v naši oceni tveganja opredeljena kot nesprejemljiva, saj je glede na strokovna dognanja mogoče zaključiti, da uspešnost delovanja UV dezinfekcije z naraščanjem motnosti (nad 1 NTU) upada. Razloge za prisotnost *Cryptosporidium* spp., dne 7.2.2014, na koncu omrežja vodovodnega sistema, povezujemo s takratnimi razmerami na sistemu (žledolom), ko je bilo ustavljeno potrebno črpanje vode s pretokom 120 l/s. Zato sklepamo, da je zaradi slabih cevovodov in nizkega tlaka v ceveh prišlo do udara nečistoč od zunaj in s tem posledično pozitivnih rezultatov. Ne glede na to, da je bila oskrba z električno energijo nestabilna, rezultati preskušanj na prisotnost parazitov ter vseh ostalih

mikrobioloških analiz kažejo na to, da je razpoložljiva tehnologija za pravo pitne vode z veliko truda zaposlenih vseeno uspešno delovala.

Kljub temu, da od nadgradnje tehnologij priprave pitne vode v letu 2012 pa do danes ni bilo več neskladnih vzorcev, še vedno ostaja vprašanje ali je sedanji način priprave pitne vode zadosten in na drugi strani ali bo načrtovana in z odločbo zahtevana ureditev priprave pitne vode z ultrafiltracijo to zagotovila.

Občini Postojna in Pivka, kot lastnici javnega podjetja Kovod Postojna d.o.o., sta se v letu 2011 vključili v projekt črpanja finančnih virov kohezijskih sredstev EU "Dograditev in rekonstrukcija vodovodnih sistemov na povodju zgornje in srednje Ljubljane" [18]. Vodovodnemu sistemu Postojna-Pivka naj bi realizacija tega projekta doprinesla veliko pridobitev pri oskrbi z zdravstveno ustrezno pitno vodo. Projekt bi moral biti zaključen z vsemi izvedenimi deli do konca leta 2015. Finančne perspektive 2010-2014 država ni potrdila, zato je vprašljiva tudi realizacije projekta.

V primeru realizacije projekta je torej predvidena rekonstrukcija vodarne z vgraditvijo dveh novih tehnoloških postopkov v proces priprave pitne vode z ultrafiltracijo ter filtri z aktivnim ogljem in opustitvijo peščenih filtrov [18]. Glede na rezultate laboratorijskih preskušanj po nadgradnji tehnologije priprave pitne vode, je sistem učinkovit. Do odstopanj lahko pride le v primeru izrednih razmer, ki imajo za posledico močno povečano motnost. Ob tem se postavlja vprašanje smotnosti visoke naložbe v sistem ultrafiltracije, saj tudi ta tehnologija v primeru močno povečane motnosti vode zahteva uporabo koagulantov, flokulantov in pogosto izpiranje membran s kemikalijami. Rešitev dilem, ki se porajajo ob izbiri ustrezne in finančno vzdržne tehnologije, bi bila postavitve pilotne naprave, s katero bi preverili učinkovitost v projektu predlagane tehnologije za vodni vir Malni, ki je zaradi svoje kraške narave v mnogih ozirih specifičen.

ZAKLJUČEK

Priplaniranju oziroma izvedbah investicij v komunalno infrastrukturo prihaja do različnih mnenj, ki jih zagovarjajo stroka, izvajalci javne službe, strokovna javnost, laična javnost in občina kot investitor. Med navedenimi pogledi mora običajno občina v sodelovanju z izvajalcem javne službe najti modro rešitev, ki je sprejemljiva za vse deležnike in tudi realno izvedljiva. Pri tem mora ključno vlogo odigrati izvajalec javne službe, ki najbolj podrobno pozna lastnosti posameznih infrastrukturnih objektov in tudi funkcioniranje infrastrukture kot celote. V obravnavanem primeru imamo na eni strani optimalno tehnološko rešitev v uvedbi tehnologije ultrafiltracije ter na drugi strani manj varno, vendar z laboratorijskimi preskušnji potrjeno še sprejemljivo rešitev z vključitvijo novih tehnoloških postopkov v proces priprave pitne vode (koagulacija, flokulacija in UV dezinfekcija). Po mnenju stroke bi ultrafiltracija predstavljala najboljšo rešitev za obravnavani primer priprave pitne vode, hkrati pa bi bila ta rešitev zelo draga, zato je težko najti vire za izvedbo take rešitve. Izvajalec javne službe je z manjšimi investicijskimi stroški in pove-

čanim nadzorom nad delovanjem sistema v kritični situaciji dopolnil postopke priprave pitne vode do take mere, da je obdelana voda zdravstveno ustrezna. Gre za dober primer odgovornega ravnanja izvajalca javne službe, ki je v dani situaciji našel ustrezno ekonomsko učinkovito rešitev za zagotavljanje zdravstveno ustrezne pitne vode ob tem, da je nase prevzel tudi del odgovornosti.

Potreben je visok nivo zaupanja med izvajalcem javnih služb in ostalimi deležniki, saj je izvajalec javne službe tisti, ki najbolje pozna postopke priprave pitne vode in je hkrati tudi neposredno odgovoren za kakovost in zdravstveno ustreznost pitne vode. Potrebno je vedeti, da si tudi izvajalci javne službe želijo optimalnih oziroma takih rešitev, ki zagotavljajo kar najbolj varno vodooskrbo, hkrati pa morajo upoštevati še številne druge elemente oziroma dejavnike, ki na izvedbo posameznih projektov vplivajo. Tu pa bi ponovno lahko prešli na odnos lastnik – upravljavec infrastrukture ter na široko razpravo o zagotavljanju sredstev tako za redno kot tudi investicijsko vzdrževanje javne komunalne infrastrukture.

LITERATURA

- [1] Ravnjak M, Vrtovšek J. Čiščenje pitne vode nekoč, danes, jutri. Vodni dnevi 2012, Zbornik referatov. Ljubljana: Slovensko društvo za zaščito voda, 2012. http://www.sdzv-drustvo.si/si/vodni_dnevi/2012/predavanja/09_ravnjak.pdf (5. 12. 2013).
- [2] Pravilnik o pitni vodi, Uradni list RS, št. 19/2004, 35/2004, 26/2006, 92/2006, 25/2009.
- [3] Inštitut za varovanje zdravja z območnimi zavodi za zdravstveno varstvo. Opisi mikrobioloških parametrov, ki jih najdemo v pitni vodi, 2006. http://www.ivz.si/Mp.aspx?ni=115&pi=5&_5_FileName=456.pdf&_5_MediaId=456&_5_AutoResize=false&pl=115-5.3 (31.12.2013).
- [4] Zavod za zdravstveno varstvo Maribor. Letno poročilo o kakovosti pitne vode v letu 2012. <http://www.zzv-mb.si/images/monitoring-pitnih-vod/2012-monitoringletnoporocilo.pdf> (31.12.2013).
- [5] Zakon o gospodarskih javnih službah, Uradni list RS, št. 32/93, 30/98-ZZLPP0, 127/06-ZJZP, 38/10-ZUKN, 57/11-ORZGJS40.
- [6] Uredba o metodologiji za oblikovanje cen storitev obveznih občinskih gospodarskih javnih služb varstva okolja, Uradni list RS, št. 87/1, 109/12.
- [7] Kovod Postojna d.o.o.. Arhiv poročil laboratorijskega preskušanja vzorcev pitne vode.
- [8] Ministrstvo za zdravje; Zdravstveni inšpektorat Republike Slovenije, OE Koper. Odločba številka: O6102-691/2011 10709-13, 2012.
- [9] Smodiš Š, Hac B, Pangyanszky A, Drev D. UV dezinfekcija – uporaba novih tehnologij. Vodni dnevi 2010. Zbornik referatov. Ljubljana: Slovensko društvo za zaščito voda, 2010. <http://www.sdzv-drustvo.si/si/vodnidnevi/2010/referati/13-Stefan-Smodis.pdf> (31.12.2013).
- [10] Sommer R, Cabaj A, Haider T, Hirschmann G. UV Drinking Water Disinfection –Requirements, Testing and Surveillance: Exemplified by the Austrian National Standards M 5873-1 and M 5873-2. IUVA News. 2004; 6(4): 27-35.
- [11] Hijnen WAM, Beerendonk EF, Medema GJ. Inactivation credit of UV radiation for viruses, bacteria and protozoan (oo)cysts in water: A review. Water Res. 2006; 40(1): 3-22.
- [12] Inštitut za varovanje zdravja. Izdelava ocene tveganja, številka dopisa 182-3/12-3/339. Ljubljana. 2012.
- [13] Matilainen A, Vepsäläinen M, Sillanpää M. Natural organic matter removal by coagulation during drinking water treatment: A review. Adv Colloid Interfac. 2010; 159(2): 189-197.

- [14] Prošek E. Testiranje membranskega modula za ultrafiltracijo. Diplomsko delo. Ljubljana: Fakulteta za gradbeništvo in geodezijo, 2011.
- [15] Nakatsuka S, Nakate I, Miyano T. Drinking water treatment by using ultrafiltration hollow fiber membranes. *Desalination* 1995; 106: 55-61.
- [16] Xia S, Xing L, Ruiping L, Guibai L. Pilot study of drinking water production with ultrafiltration of water from the Songhuajiang River (China). *Desalination* 2005; 179: 369-374.
- [17] Flaten TP. Aluminium as a risk factor in Alzheimer's disease, with emphasis on drinking water. *Brain Res Bull.* 2001; 55: 187-196.
- [18] Projekt d.d. Nova Gorica, Hidroinženiring d.o.o., Hidrosvet d.o.o.. Projekt št. 1891-1, Oskrba pitne vode v porečju Ljubljanice, sklop 1,2 – Zajetje in vodarna Malni, 7 tehnološki načrt zajetje in vodarna Malni. Nova Gorica. 2013.

Green infrastructure in settlements and cities of the future – two case studies; green roof and treatment wetland

Zelena infrastruktura naselij in mest prihodnosti – dva primera; zelena streha in rastlinska čistilna naprava

Tjaša **GRIESSLER BULC**^{1*}, Iztok **AMERŠEK**², Mateja **DOVJAK**³

Received: 14. 10. 2014

Accepted: 6. 11. 2014

¹ Univerza v Ljubljani,
Zdravstvena Fakulteta,
Oddelek za sanitarno inženirstvo
Zdravstvena pot 5, 1000 Ljubljana,
Slovenija

² Liviplant Ltd.,
Pečovnik 24, 3000 Celje, Slovenia

³ Univerza v Ljubljani,
Fakulteta za gradbeništvo in geodezijo,
Katedra za stavbne in konstrukcijske
elemente
Jamova cesta 2, 1000 Ljubljana,
Slovenija

* *Corresponding author*
dr. Tjaša Griessler Bulc
Univerza v Ljubljani,
Zdravstvena Fakulteta,
Oddelek za sanitarno inženirstvo
Zdravstvena pot 5, 1000 Ljubljana,
Slovenija
tjasa.bulc@zf.uni-lj.si

ABSTRACT

The aim of this paper is to present green infrastructure in the context of climate resilience of settlements and cities of the future by two examples; green roofs and treatment wetlands in order to understand more fully their technical operation and to evaluate their efficiency from the perspective of decrease of heat island intensity and reduction of wastewater pollution. The performance of green infrastructure was evaluated on the basis of systematic literature review as well as with project-field measures. The results showed that the introduction of green roofs in future settlements and cities may result in decreased heat island intensity. The temperature decrease depends on climatic characteristics, amount of vegetation and urban geometry. The promising results regarding treatment wetlands performance will be helpful in preparing guidelines for treatment wetlands with practical information about operational and legislation requirements, and performance efficiency to meet new legislation for settlements below 2000 inhabitants, which will enter in force in 2015.

Key words: green infrastructure, green roofs, treatment wetlands

POVZETEK

Članek je namenjen predstavitvi zelene infrastrukture in njenega pomena pri zagotavljanju odpornosti naselij in mest prihodnosti na podnebne spremembe s pomočjo dveh primerov; zelene strehe in rastlinske čistilne naprave. Pri obeh tehnologijah smo želeli bolje razumeti njihovo delovanje ter hkrati ovrednotiti njihovo uspešnost pri zmanjševanju učinka vročinskih otokov in onesnaženja vode. Učinkovitost delovanja zelene infrastrukture smo ovrednotili, tako na osnovi sistematičnega pregleda literature, kot na osnovi terenskih meritev. Rezultati so pokazali, da zelena infrastruktura lahko pripomore k zmanjšanju učin-

ka vročinskih otokov v naseljih in mestih prihodnosti., pri čemer temperatura pada v odvisnosti od podnebnih značilnosti, biomase vegetacije in geometrije urbane površine. Vzpodbudni rezultati delovanja rastlinskih čistilnih naprav bodo tudi v pomoč pri pripravi smernic za rastlinske čistilne naprave s praktični informacijami glede delovanja, učinkovitosti in doseganju zakonodajnih zahtev pri čiščenju odpadne vode iz naselij pod 2000 prebivalci, ki se bodo začele izvajati leta 2015.

Ključne besede: zelena infrastruktura, zelene strehe, rastlinske čistilne naprave

INTRODUCTION

Growing urbanization and increasing resource consumption combined with climate extremes (droughts, extreme heat, and extreme rain events and floods) calls for resilient planning of our settlements and cities. This requires a certain level of decentralization of the urban infrastructure, leading to the application of green infrastructure, innovative green technologies or combination of technologies for integrated management of water, food and energy within the settlements and cities. Re-use of water resources results in “closing material flows” and recycling, which consequently leads to the sustainable management, i.e. sustainable development. There is no other better solution in the long run. Integrated water resource management in urban areas, including rainwater harvesting, recycling of wastewater, as well as a recovery of nutrients and a processing of organic waste holds a great potential for a positive shift to a new paradigm [1-3] that maximizes ecosystem services, minimizes environmental footprint and increases the cities’ adaptive capacity to changing climate, demographic and socio-economic conditions. The aim of this new paradigm is also to enhance the synergy of urban blue (water) and green (vegetation, energy efficiency) systems and to provide effective urban adaptation to future climatic changes.

Engineering and ecological resilience

Holling defined engineering resilience as the ability of a system to return to an equilibrium or steady-state after a disturbance [4-6], which could be either a natural disaster, such as flooding or earthquakes, or a social upheaval, such as banking crises, wars or revolutions. In this perspective, the resistance to disturbance and the speed by which the system returns to equilibrium is the measure of resilience. The faster the system bounces back, the more resilient it is. Ecological resilience, however, was defined as “the magnitude of the disturbance that can be absorbed before the system changes its structure” [7]. Here, resilience is defined not just according to how long it takes for the system to bounce back after a shock, but also how much disturbance it can take and remain within critical thresholds. Ecological resilience focuses on “the ability to persist and the ability to adapt” [8]. Researchers, planners and decision-makers lately often discuss about resilience of the cities, however they rarely clarify at the outset how their system of concern is being defined, what its boundaries are, and how it interacts with other systems beyond these boundaries [9].

Urbanisation and its problems

Increased industrialization and urbanization in recent years have affected dramatically the number of urban buildings with major effects on the climate of urban spaces and the energy consumption in building sector [10]. The fact is that the building sector labels the 40 % rule on world-wide scale, which means that world's building industry uses 3 million tons of materials per year, 40 % of the total world' materials and raw materials; buildings use 40 % of the total required energy and natural resources in the world during their construction and use; after closed production-consumption circle building wastes presents on average 40 % of the total wastes in the world [11].

With the Industrial Revolution, urban spaces expanded dramatically, much faster and with much more significant changes than in their previous evolutionary periods. The large areas modern settlements and cities occupy, their structure, materials and the general lack of vegetation cannot but have altered the climatic characteristics of urban spaces. These changes have a direct effect on the local climate of urban spaces, specially the central parts of the settlement and/or city, causing a significant rise of the urban temperature and other alterations, known as the urban heat island effect (Fig. 1). The term "heat island" refers to urban air and surface temperatures that are higher than nearby rural areas.

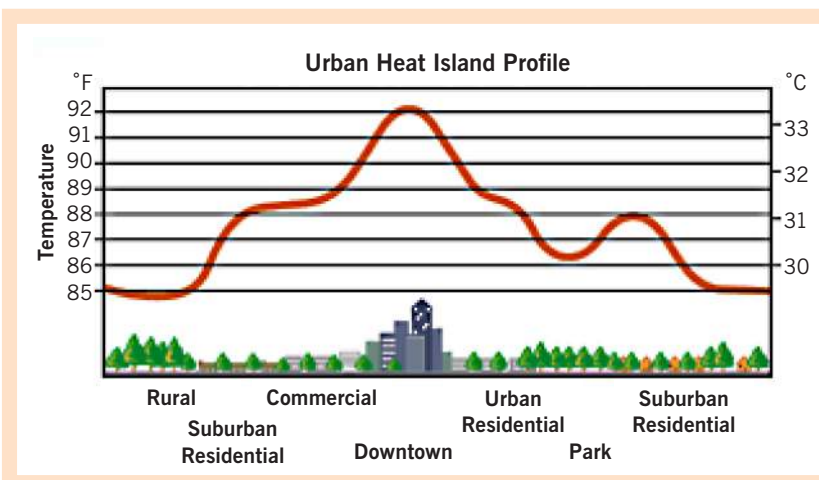


Figure 1:

Sketch of a typical heat-island urban profile [12].

The 'heat island' phenomenon is a reflection of the microclimatic changes brought about by man-made alterations of the urban surface [13] (Table 1). This may cause serious local climatic unpleasant conditions and even imperil human health, especially for cities in climates with a distinctively hot season [14]. In this context the introduction of green infrastructure can play an important role to minimise urban heat island effect, improve microclimate conditions, reduce air and water pollution, increase biodiversity and aesthetic and as such enable conditions supporting wellbeing environment.

The heat island phenomenon may occur during the day or the night period, during winter or summer season. The intensity of the heat island is mainly determined by the thermal balance of the urban region and can result in up to 10 degrees of temperature difference, particularly in

summer, during clear and still-air night [15]. Intergovernmental Panel on Climate Change (IPCC) has completed data from various cities, where temperature increase due to the heat island varies between 1.1 °C and 15 °C [16-18] (Table 1).

Table 1:
Heat-island intensity in some cities [16-18].

| City | Heat island intensity ¹ [°C] |
|--------------|---|
| 30 US cities | 1.1 |
| New York | 2.9 |
| Moscow | 3.0 – 3.5 |
| Tokyo | 3.0 |
| Shanghai | 6.5 |
| Athens | 6.0 – 15.0 |
| London | 8 |
| Ljubljana | 1.0 – 3.0 |

¹ The maximum temperature difference between the city and the surrounding area.

Green building systems have been gaining popularity over the last years as a solution to the environmental problems that modern cities face. But “Does green system contribute to solving the problems of heat island effect?”

GREEN INFRASTRUCTURE

In the context of urbanization and all consequences (e.g. heat island effects) and increasing resource consumption on one side and in the context of resilience and its ecological function on the other side the application of green infrastructure solutions including treatment wetlands, buffer zones, waste stabilisation ponds, sludge red beds, vegetated ditches, flood bypasses, green roof, green walls and green building envelope, and urban gardens that mimic natural ecosystems could become vital. The green building systems, such as green roof, green walls and green building envelope, are passive techniques that can be used to solve the problems of modern cities and in such manner contribute to sustainable development of the urban environment [19]. Some of these systems also aim to remediate and revitalize degradation areas, close the loop and e.g. return resources back to the source through the understanding of human-environmental relations in the context of integrated comprehension of the nature's self-cleaning mechanisms and knowledge, upgrading them by the latest scientific developments in reducing environmental degradation and increasing the flexibility, as well as through existing relations that are not necessarily ecologically problematic but may, on the contrary, have beneficent effect on ecosystems.

Green infrastructure systems and technologies are often called natural, nature-near or naturally-based technologies due to the fact that these treatment systems use natural processes (such as biological, physical or solar elements or else) to achieve a desired level of wellbeing goals.

Green systems can be also low cost systems and are often also defined as:

- Achieving acceptable levels of treatment;
- Requiring low capital investment;
- Requiring low on-going operation and maintenance costs;
- Requiring less-skilled operator knowledge than many conventional technologies;
- Potentially having longer life-cycles than conventional electro-mechanical technology;
- Minimally relying on civil works and mechanical and electrical equipment;
- Providing robust, reliable, and long-term efficient treatment/conversion technologies/processes;
- Offering plainness of operation and maintenance;
- Achieving self-sufficiency in many respects;
- Providing maximal recovery and re-use of treated water and by-products obtained from the pollution substances;
- Providing simplicity and universality of design at any scale from very small to very big.

Green roofs

There are two major types of rooftop greenery, extensive system and intensive green roofs. Extensive green roofs are not designed for public use and are mainly developed for aesthetic and ecological benefits. An extensive green roof has between 50 and 150 mm of growing medium to support plant life. This limits the size not plants that can be used on the roof, thus limiting the weight of the green roof on the building structure. They are distinguished by being low cost and lightweight (50–150 kg/m²). Minimal maintenance is required and inspection is performed 1–2 times per year. Plants selected tend to be of the low maintenance and self-generative type. Intensive green roofs are usually called 'roof gardens' that generally have from 150 to 1200 mm of growing medium, for supporting larger plant life. They involve a greater load of more than 150 kg/m² [14]. They are developed so as to be accessible to people and are used as parks or building amenities [14]. The added weight, higher capital cost, intensive planting and higher maintenance requirements characterize intensive green roofs [19].

The green system advantages

Studies showed that green systems have important advantages from environmental, health, social and economic point of view and in such manner contribute to sustainable development (Table 2).

**Table 2:**

Issue of sustainable development with green system advantages [14, 15, 20-25].

| Issue of sustainable development | Viewpoint | The green system advantages |
|----------------------------------|---|---|
| Environmental | Allocation of rainwater | <ul style="list-style-type: none"> – Holding 15 to 90 % of rainwater (av. 50–60 %), depending on rainfall intensity and substrate thickness. – 8 cm of vegetative layer holds 35 mm of rain water [20]. |
| | Purification of rainwater | <ul style="list-style-type: none"> – Elimination of more than 95 % of cadmium, copper and lead and 16 % zinc. – Decrease of contained nitrogen compounds (greater amount of humus (15 %) causes decreased amount of nitrogen compounds in run-off) [20]. |
| | Air quality | <ul style="list-style-type: none"> – Elimination of 0.2kg particulate matter per m² of vegetation per year. – Absorption of gasses and toxins (medium-sized tree could purify 10m³ of air per day) – 10–32 % increase in canopy layer could reduce ozone concentrations by about 4 ppb [21]. – Production of oxygen, cooling and humidifying the surrounding air. |
| | Sound isolation | <ul style="list-style-type: none"> – Sound absorption. – 12 cm layer of soil substrate reduces noise in indoor spaces by 40 db [22]. |
| | Reduction of urban heat island effect | <ul style="list-style-type: none"> – Direct and indirect thermal benefit (mentioned in results) [15]. |
| | Energy efficiency: global, regional, local | <ul style="list-style-type: none"> – Direct and indirect thermal impacts (78 less gain, 60 % decrease of thermal fluxes [23, 24] – Over 75 % of the total building energy savings were from direct effects of cool roofs and shade trees [24]. – Reducing the consumption of non-renewable energy sources – In US filled all urban tree spaces, covered rooftops and parking lots with lighter colours reduce electricity consumption by 50 billion kWh/year and reduced amount of CO₂ by 35 million tons/year [26]. |
| | Green roofs as a substitute for lost areas of landscape | <ul style="list-style-type: none"> – A substitute for sacrificed landscaped areas. – Prescribed in the development plan [20]. |
| | Natural habitat for animals and plants | <ul style="list-style-type: none"> – Reducing the quantity of sealed surfaces. – Encourage limited wildlife development [20]. – The Toronto City Hall Demonstration Project features a black oak prairie ecosystem and native plant butterfly plot [27]. |
| Health | Decrease of Sick Building Syndrome (SBS) | <ul style="list-style-type: none"> – Positive effect on the interior climate, increase thermal comfort, and users' productivity [20]. |
| Economical | Reduced renovation costs | <ul style="list-style-type: none"> – Increased waterproof life span (up to 40 years) with protection from UV-rays, hail and extreme temperature differences [28]. |
| | Reduced energy costs | <ul style="list-style-type: none"> – Thermal insulating green roof build-ups with official property-values are allowed to be added to the conventional thermal insulation. – Effect of shading and evapotranspiration: one tree per house causes 12 % to 24 % cooling energy savings three trees per house reduce the cooling load between 17 % and 57 % [14, 25] – Direct effects of shading: 10–35 % of the total cooling energy savings. |
| | Reduced sewer costs / Storm water-management | <ul style="list-style-type: none"> – 30–80 % reduced the water run-off. The remaining water flows off with a time difference. – Rainwater remains in the natural water cycle thereby reducing sewer costs [20]. |
| | Use of space | <ul style="list-style-type: none"> – Additional space for leisure activities, without spending money on new and expensive building grounds [20]. |

Decreasing heat island effect

The heat island phenomenon is due to many factors, the more important of which are summarized by Oke et al. [29]:

- Canyon Radiative Geometry contributes to decrease the long wave radiation loss from within street canyon due to the complex exchange between buildings and the screening of the skyline.
- Thermal properties of materials that may increase storage of sensible heat in the fabric of the city (Table 3).
- Anthropogenic heat released from combustion of fuels and animal metabolism.
- Urban greenhouse, that contributes to increase the incoming long wave radiation from the polluted and warmer urban atmosphere.
- Canyon radiative geometry decreasing the effective albedo of the system because of the multiple reflection of short wave radiation between the canyon surfaces.
- Reduction of evaporating surfaces in the city putting more energy into sensible and less into latent heat.
- Reduced turbulent transfer of heat from within streets.

Table 3:

Hydrothermal properties of plants, soil, building materials (concrete) and street materials [14]

| Characteristic | Concrete | Asphalt | Soil | Plants |
|--|----------|---------|-------|--------|
| Specific thermal capacity (MJ/m ³ K) | 1.60 | 2.00 | 1.15 | 2.60 |
| Thermal conductivity (W/mK) | 1.70 | 1.30 | — | — |
| Vapour diffusivity (10 ⁻⁶ m ² /s) | 0.55 | 1.58 | — | — |
| Ratio of vapour diffusion coefficient to total moisture diffusion coefficient | 0.20 | 0.10 | — | — |
| Emissivity | 0.94 | 0.81 | 0.94 | 0.94 |
| Albedo | 0.23 | 0.10 | 0.23 | 0.30 |
| Hydraulic conductivity (10 ⁻⁴ m/s) | — | — | 0.01 | — |
| Moisture potential, when soil is saturated (cm) | — | — | -49.0 | — |
| Maximum volumetric water content (m ³ /m ³) | — | — | 0.492 | — |
| Coefficient b | — | — | 10.40 | — |
| Convective heat resistance (s/m) | — | — | — | 200 |
| Resistance expressing the plant type (s/m) | — | — | — | 100 |
| Canopy extinction coefficient | — | — | — | 1.4 |
| Level of soil moisture below which permanent wilting of the plant occurs (m ³ /m ³) | — | — | — | 0.25 |

Green systems may cause the decrease of heat island as a result of:

A. Direct impact:

- decrease of air temperature above the roof
- decrease of canyon air temperature in case of green envelope/green wall/green roof
- decrease of surface temperature in case of roof / green south wall

B. Indirect impact:

- decrease of surface temperatures of non-vegetated surfaces.

Good bioclimatic design always proceeds from location characteristics (i.e. geometry, orientation, and climatic data). Alexandri and Jones [25] performed a study on temperature decreases in a urban canyon due to green walls and green roof in diverse climates. They showed that temperature decrease depends on climatic characteristics, amount of vegetation, urban geometry. The largest decrease was proven in hot and dry climate, minimal in cold and wet climate (i.e. 11.3 °C in Riyadh, 3.6 °C in Moscow). If we compare air canyon temperature decrease between green-all case (green envelope, where both roofs and walls are covered with vegetation) and green-wall case (only walls are covered with vegetation), we can see that the decrease is larger for green-all case, especially in hotter climates.

Air inside a canyon with vegetated walls is reduced due to the evapotranspirational rate from plants and the lower surface temperatures of vegetated surfaces. The latter are responsible not only for lowering the air temperature but also for lowering surface temperatures of surfaces not covered with vegetation. This is indirect cooling effect. This radiative cooling of the street asphalt has additional effect on lowering air temperatures, apart from evapotranspirational and convective cooling effects. Temperature decrease is very important for the comfort of the city. For this reason the use of materials, which deteriorate the urban thermal conditions, is allowed only where necessary e.g. road surfaces. However, on building envelope green vegetation should be used [25].

Two types of green roofs, intensive and extensive were compared by Hien et al. [23]. The results of the study showed that the temperature of the substrate surface measured under vegetation on extensive roofs was lower than surface temperatures on exposed concrete roof. Possible reasons were related to dark colour of the substrate, dry substrate, rare vegetation, and small thermal capacity of substrate.

Green systems have important advantages for whole city. The study of environmental benefits of green roof technology for the City of Toronto found that using a green roof coverage on 50 % of available roof areas would reduce local ambient temperature from 0.5 to 2 °C [30]. Vegetated building surfaces present only one small step in solving the problems. Research of mitigating New York city's heat island with urban forestry, living roofs, and light surfaces, was carried out by Columbia University Centre for Climate Systems Research. The results show that a combined strategy that maximizes the amount of vegetation in New York City by planting trees along streets and in open spaces, as well as by green roofs, offers more potential for cooling than any individual strategy. A combined strategy of urban forestry and green roofs has the greatest city-wide temperature impact that ranges from 0.1 °C for open space planting to 0.4 °C for ecological infrastructure, if 100 % of the available area is redeveloped [31].

TREATMENT WETLANDS

Wetlands are ecosystems that have shallow standing water or a water table at or near the surface and that have a prevalence of vegetation adapted for life in saturated soil conditions. The vegetation uses solar energy to assimilate carbon from the atmosphere and to produce organic matter, which in turn provides energy for heterotrophs (animals, bacteria, and fungi).

Wetlands also have a high capacity to decompose and transform organic matter and other substances. Treatment wetlands (TWs) use this capacity to enhance water quality (treatment of municipal, industrial, agricultural, and urban runoff wastewater). Wetlands are the “kidneys of the landscape” because of their functions in the hydrologic and chemical cycles, as the downstream receivers of waste from both natural and human sources [32]. While water treatment is the primary goal of these systems, some of them provide side benefits for public use and wildlife habitat and have a high aesthetic value as follows [33]:

Food chain support

The type of plant produced and thus the type of food chain that can be supported depend on the physical habitat in the wetland. Natural wetlands are among the most productive ecosystems on earth because of the ample provision of water and nutrients from adjacent uplands [32].

Wildlife habitat

One of the most obvious ancillary benefits of constructed wetlands is the potential for enhancing wildlife. No matter how small the wetland is and how it is designed and constructed, it will provide habitat for some animals. Creating some physical heterogeneity in the wetland can increase faunal diversity.

Human uses

Humans can use constructed wetlands for hunting, plant harvesting, aquaculture, and public recreation. Some large constructed wetlands are open for hunting to public or private groups, and edible crops, such as water chestnut, can be cultivated in treatment wetlands. There are no reported cases, however, where the products produced in wetlands are harvested on a significant basis.

The primary human use function is for recreation activities such as hiking, jogging, biking, and wildlife study. Some large constructed wetlands designed with public use in mind have been incorporated into park settings that encourage public use. Trails, boardwalks, and observation towers allow the public to observe the diversity of the wetland habitat and the resulting wildlife population. These human uses, including the satisfaction of having a wetland and wildlife at the edge of town, may be the most important factors behind public support for protecting and restoring existing wetlands.

Constructed wetlands (CWs) are intentionally created for the sole purpose of wastewater or storm water treatment, whereas *created wet-*

lands are intentionally created to produce or replace natural habitat [34]. Until the late eighties, the literature used artificial wetlands instead of constructed wetlands or treatment wetlands; today, most wetland scientists prefer the last term. Restored wetlands usually refer to the rehabilitation of wetlands that may be degraded or hierologically altered. Mitigation wetlands refer to wetlands that are built to replace the wetland “function” lost by development projects, such as highway construction and commercial development.

DEVELOPMENT AND RESEARCH OF TREATMENT WETLANDS IN SLOVENIA

Treatment wetlands (TW) have been used in Slovenia for the last 25 years [35, 36]. During this period horizontal, vertical, and hybrid systems were constructed, consisting of two or more interconnected beds. Pre-treatment was mostly comprised tanks or sedimentation basins. Excavations were sealed with 2 mm thick HDPE membranes. The medium was mostly a mixture of different material (peat, sand, gravel), varying in grain size and proportion. The depths of the TW varied from 0.4 to 0.8 m. and the bottom slope from 0 to 3.6 %. Most systems were covering between 200 and 1000 m² large surface area. Systems were planted with rhizomes or clumps of different wetland species, predominately with *Phragmites australis*. In 2014 approximately 120 TW were recorded to be in operation in Slovenia, mostly with horizontal subsurface flow. However, since 2013 most of the TW for municipal wastewater treatment were constructed as a vertical flow system, showing a need for more detailed evaluation of vertical system performance. Twenty of recently constructed vertical flow TW were novel single stage vertical flow (VFTW) systems from 4 to 15 population equivalent (PE) for single households, following the same TW design, of which some were recently selected for detailed monitoring regarding hydraulic and pollution load in order to understand more fully their technical operation and to evaluate their performance.

DESIGN AND PERFORMANCE EFFICIENCY OF NEW VERTICAL TREATMENT WETLANDS IN SLOVENIA

The design of twenty VFTW was based on Danish guidelines [37, 38] and targeted for the removal of BOD and COD only, to meet Slovenian legislation limits for wastewater treatment plants < 50 PE, which are 30 mg/l and 150 mg/l, respectively [39]. Since they were only constructed for COD and BOD removal, the surface area assumed for the VFTW is smaller for about 50 % in comparison with Danish guidelines, and varies between 1.2 to 1.5 m² per PE (Fig. 2). Regarding other design factors, such as hydraulic conductivity, sand composition, distribution and drainage systems, VFTW followed the Danish guidelines. The medium of VFTW is 1 m deep, consisting of 3 main layers; 15 cm drainage gravel (16–22 mm) at the bottom, 70 cm of fine sand (0.2–4 mm) and 15 cm of gravel (8–16 mm) on the top for inlet distribution. Systems were planted, as in the past 20 years, with common reed



clumps (*Pragmites australis*) [40]. Performance of VFTW was monitored regarding hydraulic load and hydraulic retention time (HRT), and pollution reduction, following Standard methods [41].

The performance efficiency of the selected VFTW systems showed that effluent concentrations for COD and BOD₅ were below Slovenian legislation limits. It can be assumed that the redesigned and 50 % scaled down Danish VFTW met outlet concentrations for COD and BOD₅, required with Slovenian legislations showing that a surface area was appropriate regarding the efficiency for COD and BOD₅.

CONCLUSIONS

Literature review showed that green infrastructure has an important health, social, ecological and economic benefits. The green building systems, such as green roof, green walls and green building envelope are passive techniques that can be used to solve the problems of modern settlements and cities and in such manner contribute to sustainable development of the urban environment. Introduction of green infrastructure in future settlements and cities may result in decreased heat island intensity, while treatment wetlands can efficiently reduce water pollution. Both examples; green roofs and treatment wetlands can be seen as a multifunctional infrastructure to mitigate several negative impact of urbanisation, climate change and other urban activities. Green infrastructure should be therefore adequately considered in future urban planning and construction to contribute to wellbeing development of our cities and settlements.

Figure 2:
VFTW for wastewater treatment from single household with capacity of 4 PE. Photography taken by Iztok Ameršek.

REFERENCES

- [1] Cordell D., Drangert J.-O., White, S. The story of phosphorus: Global food security and food for thought. *Global Environmental Change*, 2009; 19 (2): 292-305.
- [2] Daigger G. Evolving Urban Water and Residuals Management Paradigms: Water Reclamation and Reuse, Decentralization, and Resource Recovery. *Water Environment Research*, 2009; 8: 809-823.
- [3] Schuetze T., Thomas, P. Sustainable sanitation systems as a key for circular economy – Three examples from Germany. 3. Internationales Symposium "Re-Water Braunschweig" 21. und 22. November 2011, Tagungsband, Braunschweig, 2011.
- [4] Holling C.S. Resilience and stability of ecological systems. *Annual Review of Ecological Systems* 4, 1973; 1-23.
- [5] Holling C. S. The resilience of terrestrial ecosystems: Local surprise and global change, in: W.C. Clark & R.E. Munn (Eds) *Sustainable Development of the Biosphere*. London, Cambridge University Press, 1986; 292-317.
- [6] Davoudi S., Shaw K., Haider L. J., Quinlan A. E., Peterson G. D., Wilkinson C., Fünfgeld H., McEvoy D., Porter L. Resilience: A Bridging Concept or a Dead End? "Reframing" Resilience: Challenges for Planning Theory and Practice Interacting Traps: Resilience Assessment of a Pasture Management System in Northern Afghanistan Urban Resilience: What Does it Mean in Planning Practice? Resilience as a Useful Concept for Climate Change Adaptation? The Politics of Resilience for Planning: A Cautionary Note, *Planning Theory & Practice*, 2012; 13(2): 299-333.
- [7] Holling C.S. Engineering resilience versus ecological resilience. Schulze PC. *Engineering Within Ecological Constraints*. Washington, DC, National Academy Press, 1996; 31-44.
- [8] Adger W.N. Building resilience to promote sustainability. *IHDP Update*, 2003; 2: 1-3.
- [9] Smit B., Burton I., Klein R.J.T., Wandel J. An anatomy of adaptation to climate change and variability. *Climatic Change*, 2000; 45(1): 223-251.
- [10] Kosareo L., Ries R. Comparative environmental life cycle assessment of green roofs. *Building and Environment*, 2007; 42: 2606-2613.
- [11] Kernan P., Penner, S. Best Practice Guide, Material Choices for Sustainable Design, Greater Vancouver Regional District, 2001: 97.
- [12] Environmental Protection Agency, 2008. Heat Island Effect: <http://www.epa.gov/hiri/about/index.html> (1.9.2014).
- [13] Santamouris M., Pavlou C., Doukas P., Mihalakakou G., Synnefa A., Hatzibiros A., Patargias P. Investigating and analysing the energy and environmental performance of an experimental green roof system installed in a nursery school building in Athens, Greece. *Energy*, 2007; 32: 1781-1788.
- [14] Alexandri E., Jones P. Developing a one-dimensional heat and mass transfer algorithm for describing the effect of green roofs on the build environment: Comparison with experimental results. *Building and Environment*, 2007; 42: 2835-2849.
- [15] Santamouris M., Papanikolaou N., Livada I., Koronakis I., Georgakis C., Argiriou A., Assimakopoulos D.N. On the impact of urban climate on the energy consumption of buildings. *Solar Energy*, 2001; 70, 3: 201-216.
- [16] International Panel on Climate Change (IPCC). Working Group II (1990). *Climate Change-The IPCC Impacts assessment*, 1990: 3-5.
- [17] Santamouris M. Environmental Design of urban buildings. An integrated approach, 2006: 322 pp./<http://books.google.com/books> (8.9.2014)
- [18] Kajfež-Bogataj L. Climate change impacts on quality of human live. *Acta agriculturae Slovenica*, 2005; 85, 1: 41-54.
- [19] Spala A., Bagiorgas H.S., Assimakopoulos M.N., Kalavrouziotis J., Matthopoulos D., Mihalakakou G. On the green roof system. Selection, state of art and energy potential investigation of a system installed in an office building in Athens, Greece. *Renewable Energy*, 2008; 33, 1: 173-177.

- [20] Simonič T., Dobrilovič M. The role of green roofs and fasades in building refurbishment. *AR* 2, 2005; 44-49.
- [21] Luley C.J., Bond J. A plan to integrate management of urban trees into air quality planning, 2002; 67: <http://www.nefainfo.org/publications.htm> (25. 9. 2014)
- [22] Peck S.W., Callagan, C. Greenbacks from green roofs: forging a new industry in Canada, 1999.
- [23] Hien W.N., Yok T.P., Yu C. Study of thermal performance of extensive rooftop greenery systems in the tropical climate. *Building and Environment*, 2007; 42: 25-54.
- [24] Akbari H., Konopacki S. Calculating energy-saving potentials of heat-island reduction strategies. *Energy policy*, 2005; 33: 721-756.
- [25] Alexandri E., Jones P. Temperature decreases in a urban canyon due to green walls and green roof in diverse climates. *Building and Environment*, 2008; 43, 4: 480-493.
- [26] Solecki W.D., Rosenzweig C., Parshall L., Pope G., Clark M., Cox J., Wiencke M. Mitigation of the heat island effect in urban New Jersey. *Global Environ*, 2005; 6: 30-49.
- [27] GRPD, 2000. Toronto City Hall Green Roof Demonstration Project (Obsolete in 2009): <http://www.greenroofs.com/projects/pview.php?id=59> (25. 9. 2014)
- [28] Krainer A. Viri in pasivni sistemi. Modul 2, Stavba 1. University of Ljubljana. Faculty for Civil Engineering and geodetic design. Chair for Buildings and Constructional Complexes, 2002; 34.
- [29] Oke T.R., Johnson G.T., Setyn D.G., Watson I.D. Simulation of surface urban heat islands under ideal conditions at night part 2: Diagnosis of causation *Boundary-Layer Meteorology*, 1991; 339-358.
- [30] Report on the Environmental Benefits and Costs of Green Roof Technology for the City of Toronto. City of Toronto and Ontario Centres of Excellence –Earth and Environmental Technologies, 2005: <http://www.toronto.ca/greenroofs/pdf/fullreport103105.pdf> (30. 9. 2014)
- [31] NYSERDA. The New York State Energy Research And Development Authority Mitigating New York City's Heat Island With Urban Forestry, Living Roofs, And Light Surfaces. New York City Regional Heat Island Initiative. Final Report, 2006: <http://www.nyserda.org/programs/environment/emep/project/> (25. 9. 2014)
- [32] Mitsch W.J., Gosselink J.G. *Wetlands*. Van Nostrand Reinhold, New York, 1993; 722 pp.
- [33] Rozkošný M., Kriška M., Šálek J., Bodík I., Istenič D. Natural technologies of wastewater treatment. [Bratislava]: GWP CEE, 2014. 1 optični disk (CD-ROM).
- [34] Hammer D.A. *Creating freshwater wetlands*. Lewis Publishers, Inc., Chelsea, MI, 1992, 298 pp.
- [35] Griessler Bulc T. Long term performance of a constructed wetland for landfill leachate treatment. *Ecological Engineering*, 2006; 26: 365-374.
- [36] Griessler Bulc T., Istenič D., Šajn-Slak A. Ecosystem technologies and ecoremediation for water protection, treatment and reuse. *In: Kumarasamy, Muthukrishnavellaisamy (Ed.). Studies on water management issues*. Rijeka: InTech, 2012; 193-218.
- [37] Brix H., Arias C.A. The use of vertical flow constructed wetlands for on-site treatment of domestic wastewater: New Danish guidelines. *Ecological Engineering*, 2005; 25(5): 491-500.
- [38] Miljøministeriet. Retningslinier for etablering af beplantede filteranlæg op til 30 PE. Økologisk byfornyelse og spildevandrensning Nr. 52, 2004.
- [39] Official Gazette of the Republic of Slovenia. Decree on the emission of substances in the discharge of wastewaters from small urban wastewater treatment plants, 2007; 98: 3256-13270. (*in Slovene*)

- [40] Urbanc-Berčič O., Griessler Bulc T., Vrhovšek D. *In*: Vymazal J, Brix H, Cooper PF, Green MB, Haberl R. (Ed.). *Constructed wetlands for wastewater treatment in Europe*. Leiden: Backhuys publishers, 1998; 241-250.
- [41] *Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater*. American Public Health Association/American Water Works Association/Water Environment Federation, Washington DC, USA, 2005.

Prehranska politika – izhodišče države in stroke za spodbujanje boljšega zdravja

National food and nutrition action plan – political and professional tool to encourage healthy lifestyle among citizens

Rok **POLIČNIK***, Matej **GREGORIČ**

POVZETEK

Strokovnjaki s področja sanitarnega inženirstva predstavljajo pomemben člen strokovnih timov na različnih področjih javnega zdravja. Sanitarni inženirji aktivno delujejo na področju zagotavljanja varnosti hrane; organizacije prehrane; krepitev zdravja različnih javnosti preko promocije zdravja ter drugih področij povezanih s hrano in prehrano. Državni zbor Republike Slovenije je svoj prvi nacionalni program prehranske politike sprejel leta 2005. Predstavljal je pomembno osnovo za izvajanje ukrepov na področju spodbujanja zdravih prehranjevalnih navad ter razvoju in krepitvi sistemov, ki predstavljajo priložnost za zaposlovanje bodočih sanitarnih inženirjev na različnih področjih (npr. organiziran sistem prehrane v vrtcih...). V pripravi je nov nacionalni program za spodbujanje zdravega prehranjevanja in telesne dejavnosti za zdravje. Temeljlil bo predvsem na povezovanju različnih področij zdrave prehrane in gibanja (krepitev okolij za zdravo prehranjevanje in gibanje, komunikacija...), sledil pa bo strateškimi ciljem Evropske skupnosti in Svetovne zdravstvene organizacije za omejevanje kroničnih nenalezljivih bolezni na globalnem nivoju.

Ključne besede: zdrava prehrana, varnost hrane, prehranska politika, nacionalni program, sanitarno inženirstvo

ABSTRACT

Sanitary engineers are important part of professional teams at different areas of public health, including healthy nutrition. They are actively engaged in ensuring food safety; meals planning; promotion of healthy eating and other activity in the field of healthy nutrition. The National Assembly of the Republic of Slovenia unanimously adopted the first Food and Nutrition Action Plan for Slovenia from 2005 to 2010 (FNAP) in March 2005. FNAP was result of efforts by and cooperation with numerous national and international experts, governmental services, NGOs and other interested parties that could play a crucial role in implementing healthy nutrition. FNAP was also an important basis for the implementation of measures in the area of promoting healthy

Received: 8. 10. 2014

Accepted: 4. 11. 2014

Nacionalni inštitut za javno zdravje
Slovenija

* *Corresponding author*

Rok Poličnik

Nacionalni inštitut za javno zdravje,
Trubarjeva 2, 1000 Ljubljana, Slovenija
rok.policnik@nijz.si

eating habits and the development and strengthening of systems that represent opportunities for future employment of sanitary engineers (eg. meal planning in kindergartens...). In the preparation phase of Ministry of Health is a new FNAP. It will be based primarily on the integration of different areas of nutrition and physical activity (strengthening healthy environments for healthy eating and physical activity, communication...), followed by the objectives of the strategic goals of the European Union and the World Health Organization for limiting chronic diseases at the global level.

Key words: healthy nutrition, food safety, nutrition policy, national program, sanitary engineering

UVOD

Prehrana je pomembna determinanta zdravega življenjskega sloga posameznika in družbe. Zdrav način prehranjevanja ima dolgoročno pomemben vpliv za ohranjanje in krepitev zdravja, nezdrave prehranjevalne navade pa so ena izmed ključnih determinant nezdravega življenjskega sloga, in posledično vzrok za različne kronične nenalezljive bolezni (bolezni srca in ožilja, sladkorna bolezen tipa 2, raki, debelost, bolezni kostno-mišičnega sistema...). Trend nezdravega prehranjevanja in bremena bolezni, ki je povezano z neustreznim prehranjevanjem, v evropski regiji Svetovne zdravstvene organizacije (v nadaljevanju SZO) narašča. Raziskave evropskih držav kažejo na številne prehranske probleme med katerimi so zagotovo najbolj izpostavljeni prekomeren vnos maščob, nezadostno uživanje sadja in predvsem zelenjave ter vse večji problem prekomerne hranjenosti in debelosti, ki je izražena pri vseh skupinah prebivalcev [1]. Debelost v Evropi že dosega razsežnosti epidemije. Po podatkih SZO naj bi bilo v državah članicah SZO za Evropo 20 % otrok in mladostnikov, ki imajo prekomerno telesno težo, in od teh kar tretjina, ki so že debeli. Dokazano je, da preko 60 % otrok, ki imajo prekomerno težo v času pubertete ostanejo debeli v odrasli dobi. Debelost je pomemben dejavnik tveganja za nastanek različnih kroničnih bolezni, med katerimi so najpomembnejše: bolezni srca in ožilja, sladkorna bolezen tipa 2, bolezni kosti in mišičnega sistema, duševne motnje ter težave, povezane z nizko samopodobo [2]. SZO se zaveda tveganja porasta debelosti in s tem povezanega bremena bolezni za posameznika, družbo, zdravstvene sisteme in gospodarstvo, zato države članice ter EU poziva k takojšnjemu ukrepanju [3].

Namen prispevka je predstaviti pomen usklajene strategije na področju prehrane in gibanja za doseganje boljšega zdravja prebivalcev Republike Slovenije ter predstaviti vlogo strokovnjakov s področja sanitarnega inženirstva pri pripravi in udejanjanju ukrepov s področja prehrane v vsakdanjem življenju.

PROCES RAZVOJA NACIONALNIH POLITIK NA PODROČJIH PREHRANE, TELESNE DEJAVNOSTI IN OBVLADOVANJA PROBLEMATIKE DEBELOSTI V SLOVENIJI

Slovenija je svoj prvi nacionalni program prehranske politike sprejela leta 2005 [4]. Pripravljalci nacionalnega programa so sledili usmeritvam Prvega akcijskega načrta SZO za hrano in prehrano 2000–2005,

ki je bil osnovan na treh osnovnih stebrih: varna hrana, zdrava prehrana in trajnostna oskrba s hrano [5]; ter Globalne strategije o prehrani, telesni dejavnosti in zdravju, ki je bil prvi izmed strategij SZO, ki je temeljil na tesni povezavi med zdravim prehranjevanje in telesno dejavnostjo [6]. Po mednarodni konferenci o prehrani, ki je potekala leta 1992 v Rimu, so države pričele z oblikovanjem lastnih prehranskih politik. Podpisnica deklaracije je bila tudi Slovenija. Prvi korak k vzpostavitvi samostojne nacionalne prehranske politike v Slovenije predstavlja Zakon o zdravstveni ustreznosti živil, materialov in snovi, ki prihajajo v stik z živili (2000), ki je opredelil ustanovitev Sveta za živila in prehrano kot strokovnega in posvetovalnega telesa ministra, pristojnega za zdravje ter predvidel pripravo nacionalnega programa prehranske politike [7]. Na podlagi priporočil in zaključkov delovnih skupin Sveta za živila in prehrano je Ministrstvo za zdravje oblikovalo predlog Resolucije o nacionalnem programu prehranske politike 2005–2010 (v nadaljevanju ReNPPP 2005-10), v kateri so bili cilji opredeljeni po problematiki oziroma vsebinskih področjih ali po starostnih skupinah prebivalcev Slovenije. Prvi nacionalni program prehranske politike v Slovenije je nastal kot rezultat prizadevanja različnih slovenskih in tujih strokovnjakov najrazličnejših strok. Po relativno dolgotrajni pripravi in usklajevanju med različnimi vključenimi deležniki, ga je konec leta 2004 sprejela Vlada Republike Slovenije, 19. aprila 2005 pa ga je z veliko večino poslancev potrdil še Državni zbor Republike Slovenije.

ReNPPP 205-10 je sodila med sodobnejše politike saj je podobno, kot Prvi akcijski načrt SZO za hrano in prehrano, vključevala tudi vidik telesne dejavnosti za zdravje. Nastajala je vzporedno z evropsko strategijo na področju prehrane, gibanja in zdravja ter Drugega akcijskega načrta SZO za hrano in prehrano [8].

Navkljub temu, da prvi nacionalni program prehranske politike ni vključeval ciljev in ukrepov za spodbujanje telesne dejavnosti za zdravje, je vključeval smernice za telesno dejavnost, kot vzvod za ohranjanje in krepitev zdrave telesne teže ter preprečevanja porasta problematike debelosti. S ciljem obvladovanja debelosti in spodbujanjem telesne dejavnosti je Vlada republike Slovenije, na pobudo Ministrstva za zdravje, 8. marca 2007 sprejela ločeno Strategijo Vlade RS na področju spodbujanja telesne (gibalne) dejavnosti za krepitev zdravja v obdobju od 2007 do 2012 [4, 9].

Ob zaključku izvajanja a ReNPPP 2005-10 je bilo s strani Nacionalnega inštituta za javno zdravje izvedeno celovito vrednotenje dokumenta, ki je pokazalo učinkovitost njenega udejanjanja v vsakdanjem življenju. Doseženi so bili ključni cilji na področju varnosti hrane, ki je bilo tudi sistemsko najbolj regulirano, opazni pa so bili tudi večji premiki na področju spodbujanja zdravega prehranjevanja med različnimi populacijskimi skupinami, izdelane so bile smernice zdravega prehranjevanja za različne ciljne skupine ter vpeljane številne aktivnosti na področju spodbujanja trajnostne lokalne oskrbe s hrano [10].

Slovenija je konec leta 2010 pričela s postopkom priprave novega nacionalnega programa prehranske politike, ki postavlja usmeritve za obdobje

prihodnjih dvajset let. Tako pretekla, kot bodoča prehranska politika imata pomemben pomen za področje sanitarnega inženirstva, saj vključujeta vidik zagotavljanje varnosti in pogojev varne hrane v agroživilski verigi od pridelovalcev do porabnikov v najširšem smislu. Udejanjanje nacionalnega programa prehranske politike zahteva multidisciplinarni pristop, in aktivno vključevanje različnih poklicnih profilov: zdravnikov, živilskih tehnologov, kemikov, biologov, medicinskih sester, sanitarnih inženirjev, dietetikov itd. Vključevanje sanitarnega inženirja v proces udejanjanja nacionalnega programa prehranske politike je ključno, saj ima pomembne kompetence različnih strokovnih naravoslovnih področij in njihovega povezovanja, ki se učinkovito umeščajo v področje javnega zdravja.

Zaradi izrazitega porasta prekomerne telesne teže in debelosti [4] je bilo v Sloveniji nujno povezati tako področje zdravega prehranjevanja kot telesne dejavnosti za zdravje v enoten dokument. Novi nacionalni program o prehrani in telesni dejavnosti za zdravje področja ne bo več zasnovan po stebrih predhodnega nacionalnega programa (steber varne hrane, steber uravnotežene prehrane in steber lokalne oskrbe s hrano) oziroma po populacijskih skupinah, temveč glede na skupna (presečna) področja (komunikacija, okolja za zdravo izbiro, ...). Tako zasnovana struktura novega programa bo omogočala bolj učinkovito in usklajeno delovanje različnih sektorjev in deležnikov ter vse ključne partnerje bolje povezala pri zagovorništvu k ciljem usmerjenih in dokazano učinkovitih ukrepov [11].

NOVI TRENDI NA PODROČJU SPODBUJANJA ZDRAVEGA PREHRANJEVANJA V RAZLIČNIH OKOLJIH

Področje zdrave prehrane ter s tem povezanih bolezni je v zadnjih petindvajsetih letih pogosto uvrščeno visoko na politični dnevni red držav in mednarodnih organizacij (SZO, Svetovne organizacije za hrano, Evropske unije, ...). Tudi v času predsedovanja Republike Slovenije Svetu EU, v letu 2008, je Ministrstvo za zdravje organiziralo mednarodno konferenco BATON, kjer je poudarila pomen vrednotenja učinkovitosti ukrepov prehranskih in gibalnih politik [10], kjer je prav tako ključno sodelovanje različnih profilov strok, vključno s sanitarnim inženirjem.

Julija 2013 je na Dunaju potekala ministrska konferenca SZO o prehrani in kroničnih nenalezljivih boleznih v kontekstu uresničevanja krovne evropske strategije na področju zdravja – Zdravje 2020 (ang. Health 2020). Novi trendi držav članic SZO na področju prehrane in telesne dejavnosti so usmerjeni v enoten cilj t.j. zmanjševanje porasta smrtnosti zaradi kroničnih nenalezljivih bolezni za 25 % do leta 2025. Ključni pristop, ki ga izpostavlja dunajska deklaracija v zvezi z zniževanjem bremena kroničnih nenalezljivih bolezni je učinkovito večsektorsko sodelovanje na področjih prehrane in gibanja na globalnem nivoju, s poudarkom na aktivni vključitvi vseh relevantnih vladnih in nevladnih organizacij. To naj bi vključevalo ukrepe prehranskih sistemov, ki spodbujajo zdrav način prehranjevanja, pristope držav članic pri proizvodnji, potrošnji, marketingu hrane, dostopnosti do hrane, izobraževanju in ozaveščanju o zdravi prehrani ter gospodarskih ukrepih na tem področju. Ob tem izpostavlja nujnost pristopa *zdravja* v

vseh politikah ter zmanjševanje socialnih neenakosti v zdravju, ki lahko nastanejo ob izvajanju ukrepov. Znano je, da se nezdravo prehranjujejo predvsem ljudje iz nižjega socialno-ekonomskega sloja ter tisti z nižjo izobrazbo. Usmerjenost prehranskih in gibalnih politik bi morala biti tako v prihodnje usmerjena predvsem v ranljive skupine (nosečnice in doječe matere, otroci in mladostniki, delavci, socialno-ekonomsko ogroženi, ...). Prednostna področja prehranskih politik na nacionalnih in globalni ravni naj bi bile zato usmerjene v zmanjševanje naslednjih dejavnikov tveganja za nastanek kroničnih nenalezljivih obolenj: prekomerni vnos hrane, nasičenih in trans-nenasičenih maščobnih kislin, dodanega sladkorja, soli ter v ukrepe za povečanje porabe zelenjave in sadja. Konkretni prednostni trendi in izzivi držav v bodoče bodo tako predvsem: omejevanje oglaševanja nezdravih prehranskih izbir za otroke; preoblikovanje živil v za zdravje bolj ugodne izbire; označevanje živil; razvoj p prehranskih profilov, ki spodbujajo izbor zdravih prehranskih izbir; krepitev medsektorskega sodelovanja pri promociji zdravih izbir v vrtcih in šolah (npr. shema šolskega sadja in zelenjave v šolskem okolju ...), bolnišnicah in na delovnem mestu [3].

NEKATERI KLJUČNI DOSEŽKI PREHRANSKE POLITIKE V SLOVENIJI V OBDOBJU OD 2005 DO 2010

Temeljni cilji ReNPPP 2005-10 so bili v okviru treh stebrov: zagotavljanje varne hrane vzdolž celotne živilske verige, vzpostavljanje, ohranjanje in krepitev zdravih prehranjevalnih navad ter zagotavljanje zadostne prekrbljenosti prebivalstva s kakovostno in zdravju koristno hrano na trajnostni način [4].

Proces oblikovanja in udejanja prehranske politike je zahteval usklajeno delovanje različnih resorjev in nevladnih organizacij. V tem procesu je imelo ključno vlogo Ministrstvo za zdravje, ki je delovalo kot koordinacijski organ, po načelu medsektorskega sodelovanja pa so bila v uresničevanje s svojimi ukrepi vključena tudi ministrstva, pristojna za področja kmetijstva, šolstva in socialnih zadev. Prehranska politika se je uresničevala preko ukrepov in aktivnosti, ki so bile načrtovane in opredeljene v letnih akcijskih načrtih ministrstev, potrjevala pa jih je Vlada Republike Slovenije [12].

Osnovni cilj vrednotenja ReNPPP 2005-2010, ki ga je izvajal Nacionalni inštitut za javno zdravje, je bil pregledati in ugotoviti kakšen napredek na omenjenem področju je imelo izvajanje ReNPPP 2005-2010 ter v kolikšnem obsegu se je izkazala njena uporabnost v vsakdanjem življenju. Poleg tega je bil stranski namen vrednotenja tudi priprava priporočil in izhodišč za oblikovanje novega nacionalnega programa prehranske politike [15].

DOSEŽKI NA PODROČJU VARNOSTI HRANE

Področje varnosti hrane

Slovenija je bila v času pred pristopom k EU dolžna v celoti povzeti pravni red na področju varnosti hrane. *Acquis communautaire* s področje varnosti hrane in varstva potrošnikov je vključeval uradni nadzor nad

živili; mikrobiološka merila za živila; aditive, onesnaževala in pesticide v živilih; radioaktivno onesnaževanje živil; obsevanje živil; materiale, ki prihajajo v stik z živilo; področje novih in gensko spremenjenih živil; področje označevanja živil; prehranska dopolnila; živila za posebne prehranske namene; in področje obogatitve živil. Pristojnosti na področju varnosti hrane so bile razmejene med ministrstva, pristojna za zdravje, kmetijstvo in okolje ter njihove organe v sestavi. V ta namen je bila v letu 2003 sprejeta Uredba o koordinaciji delovanja ministrstev in njihovih organov v sestavi, s pristojnostmi na področju varnosti hrane oziroma živil, pri vključevanju v proces analize tveganja (Uradni list RS, št. 56/03), ki je poleg razmejitve pristojnosti določila tudi sistem analize tveganja. Omenjeni sistem zajema področja: ocene tveganja (risk assessment), obvladovanje tveganja (risk management) ter izmenjavo informacij in mnenj med vsemi udeleženi in zainteresiranimi (risk communication) v sistemu zagotavljanja varne hrane [12].

Področje uravnoveženega in varovalnega prehranjevanja

V zadnjih desetih letih so bile pripravljene smernice zdravega prehranjevanja za vse populacijske skupine ljudi v Sloveniji (dojenčki, otroci in mladostniki, študentje, delavci, bolniki v bolnišnicah in starostniki v domovih za starejše). Smernice zdravega prehranjevanja nudijo strokoven okvir strokovnjakom, ki se v različnih okoljih soočajo z načrtovanjem in pripravo obrokov (npr. vrtci, šole, študentska prehrana, delavci ...) oziroma svetovanjem o zdravi prehrani (npr. medicinske sestre v patronažnem zdravstvenem varstvu). Velik poudarek je bil tudi na opolnomočenju sistemov v različnih okoljih (vrtčevska in šolska prehrana, študentska prehrana, delavska prehrana ...), usposabljanjih strokovnjakov ter razvoju pravnih aktov. Pomembnejša sta zlasti razvoj Zakona o šolski prehrani, ki opredeljuje smernice zdravega prehranjevanja otrok in mladostnikov, kot obvezne v šolskem okolju in prepoveduje nameščanje prodajnih avtomatov s hrano v šolskem okolju ter Zakona o subvencionirani študentski prehrani s podzakonskimi akti, ki vključujejo obvezno upoštevanje prehranskih smernic v sistemu subvencionirane študentske prehrane. Država je bila aktivna tudi na področju medsektorskega sodelovanja, kar je vodilo v vzpostavitev ukrepa Sheme šolskega sadja in zelenjave v letu 2009 [12]. Ukrepi aktivno deluje še danes, vanj pa je vključeno preko 90 % osnovnih šol v Sloveniji, ki otrokom zagotavljajo občasno brezplačno delitev sadja in zelenjave ter s tem povezane promocijske in pedagoške aktivnosti na področju zagotavljanja in potrošnje lokalno pridelane hrane [13].

IZZIVI ZA PRIHODNOST

Ključni izziv novo sprejete strategije za spodbujanje zdrave prehrane in telesne dejavnosti v Sloveniji bo zagotovo dosegati globalne zastavljene cilje na področju omejevanja porasta debelosti in drugih kroničnih nalezljivih obolenj sodobnega časa. Udejanjanje politik prehranjevanja in spodbujanja redne, dnevne telesne dejavnosti je kompleksno, saj zahteva istočasno ukrepanje različnih sektorjev (zdravstvo, šolstvo, znanost, šport, kmetijstvo, finance ...), industrije, medijev in nevladnih organiza-

cij. Prednostna naloga bodočega nacionalnega programa bo pripraviti učinkovit in uresničljiv akcijski načrt, ki bo združeval ustanove in strokovnjake, ki bodo prepoznali skupne cilje in interese. Odražati bo moral skupne cilje, ki jih predvideva EU in SZO, pri čemer bo zagotovo moral biti poudarek na omejitvi škodljivega oglaševanja nezdravih prehranskih izbir pri otrocih, preoblikovanju sestave živil zlasti glede vsebnosti soli, sladkorja, trans-maščobnih kislin ter okrepitev preventivnih ukrepov za njihovo zmanjševanje v prehrane, ob sočasnem spodbujanju zadostnega uživanja zelenjave in sadja.

Velik izziv za Slovenijo za prihodnje bo tudi ohranitev edinstvenih sistemov organizirane prehrane (vrtci, šole, študentje, delavci, bolnišnice ...), ki bodo ustrezno strokovno podprti z znanjem in veščinami o pomenu priprave zdravih in uravnoteženih obrokov ter izvajanju omenjenega v praksi. Sanitarni inženirji so dokazali, da so pomemben del sistema organizirane vrtčevske prehrane v vzgojno-varstvenih zavodih, kjer izvajajo nalogo organizacije prehrane in zdravstveno higienskega režima. Pravilnik o izobrazbi vzgojiteljev predšolskih otrok in drugih strokovnih sodelavcev v programih za predšolske otroke in v prilagojenih programih za predšolske otroke s posebnimi potrebami iz leta 2012, predpisuje kompetence za strokovnjake, ki izvajajo organizacijo prehrane in zdravstveno-higienskega režima. Pravilnik posega tudi na kadrovsko področje in po novem omogoča izvajanje omenjenih nalog, poleg sanitarnega inženirja, tudi drugim strokovnim profilom. Velika grožnja in strokovno vprašanje pri zaposlitvi bodočih sanitarnih inženirjev v prihodnje predstavlja tudi določilo omenjenega pravilnika, ki poleg obstoječih profilov omogoča opravljanje teh strokovno specifičnih nalog tudi osebam, ki izpolnjujejo pogoje za vzgojitelja predšolskih otrok v programih za predšolske otroke [14]. Velik izziv pa ostaja uveljavitev tega profila tudi na področju šolske prehrane, kjer bi s strokovnimi kompetencami povsem suvereno opravljal naloge organizacije prehrane in zagotavljanja varnosti hrane.

ZAKLJUČEK

Sanitarni inženirji imamo pomembno vlogo pri izvajanju javnozdravstvenih politik. V zadnjem desetletju je v procesu pripravljanja, udejanjanja in vrednotenja politik s področij hrane, prehrane in telesne dejavnosti sodelovalo kar nekaj strokovnjakov tega profila, ki so pomembno prispevali k uspešnosti izvajanja nalog. Profil sanitarnega inženirja tako najdemo vse od sistemov javne prehrane, kjer skrbijo za uravnoteženo prehranjevanje in varnost hrane, javno zdravstvenih inštitucij, kjer prispevajo s svojim strokovnim znanjem pri oblikovanju strokovnih izhodišč in izvajanju preventivnih in promocijskih programov, v inšpekcijskih organih nadzora nad varno hrano, pa vse do resornih ministrstev, kjer koordinirajo in prispevajo k pomembnim političnim odločitvam na teh področjih. V prihodnje nas čaka tudi na tem področju pomembno delo, saj bo potrebno poskrbeti za še večjo promocijo strokovnih kompetenc sanitarnega inženirja in nadaljnji razvoj stroke. Široko strokovno znanje, analitični pristop, timsko delo, povezovanje strok, odmevno delo, samozavestna drža ter večine na področju javnega zdravja so samo ene od odlik, ki predstavljajo sedanjemu in bodočemu strokovnjaku sanitarnega inženirstva veliko prednost in priložnost.

LITERATURA

- [1] WHO European Childhood Obesity Surveillance Initiative (COSI): <http://www.euro.who.int/en/health-topics/disease-prevention/nutrition> (16. 9. 2014)
- [2] Childhood Obesity Surveillance in the WHO European Region: http://www.euro.who.int/__data/assets/pdf_file/0020/123176/FactSheet_5.pdf?ua=1 (16. 9. 2014).
- [3] Vienna Declaration on Nutrition and Noncommunicable Diseases in the Context of Health 2020: <http://www.euro.who.int/en/health-topics/disease-prevention/nutrition/publications/2013/vienna-declaration-on-nutrition-and-noncommunicable-diseases-in-the-context-of-health-2020> (15. 9. 2014).
- [4] Resolucija o nacionalnem programu prehranske politike 2005 – 2010 (Uradni list RS, št. 39/2005).
- [5] The First Action Plan fo Food and Nutrition Policy, WHO European Region 2000 – 2005: http://www.euro.who.int/__data/assets/pdf_file/0013/120244/E72199.pdf (12. 9. 2014).
- [6] Global Strategy on Diet, Physical Activity and Health: http://www.who.int/dietphysicalactivity/strategy/eb11344/strategy_english_web.pdf (10. 9. 2014).
- [7] Zakon o zdravstveni ustreznosti živil in izdelkov ter snovi, ki prihajajo v stik z živilo (Uradni list RS, št. 52/00, 42/02 in 47/04- ZdZPZ).
- [8] Gruntar-Činč M, Petrič KV, Poličnik R.. Battling the bulge. Public service review, European Union, 2010. Brussels; 17: 227-229.
- [9] Nacionalni program spodbujanje telesne dejavnosti za krepitev zdravja od 2007 do 2012:http://www.mz.gov.si/fileadmin/mz.gov.si/pageuploads/javno_zdravje_09/Nacionalni_program_telesna_dejavnost_slo.pdf (10. 9. 2014).
- [10] Cross-sectoral policies in the field of nutrition and physical activity: implementation and evaluation – summary of the questionnaires to EU countries, conference from 10-11 March 2008: http://ec.europa.eu/eahc/projects/linkedocument/Report_CrossSectoralPolicies.pdf. (10. 9. 2014).
- [11] Predlog Nacionalni program o prehrani in telesni dejavnosti za zdravje 2014 – 2023, Ministrstvo za zdravje (dokument še ni objavljen).
- [12] Poličnik R, Petrič V. Nacionalna prehranska politika in dosednji dosežki njenega uresničevanja. V: Cvahtetovi dnevi javnega zdravja 2010, Ljubljana, oktober 2010. Hlastan Ribič C. (ur.). *Zdrava prehrana in javno zdravje : zbornik prispevkov*. Ljubljana: Medicinska fakulteta, Katedra za javno zdravje. 2010;. 44-54.
- [13] Izvajanje Sheme šolskega sadja in zelenjave v Sloveniji: <http://www.shemasolskegasadja.si/predstavitev/izvajanje-sss-v-sloveniji> (15. 9. 2014).
- [14] Pravilnik o izobrazbi vzgojiteljev predšolskih otrok in drugih strokovnih delavcev v programih za predšolske otroke in v prilagojenih programih za predšolske otroke s posebnimi potrebami (Uradni list RS, št. 92/12 in 98/12)
- [15] Vrednotenje izvajanja Resolucije o nacionalnem programu prehranske politike 2005-2010. Osutek končnega poročila (5. november 2010). Inštitut za varovanje zdravja RS, 2011: http://www.sdeval.si/attachments/article/297/Vrednotenje_%20RNPP_%20%28IVZ_%29_%20-%20Uvod_%20_8nov2010_.pdf (15.9.2014).

Obvladovanje varnosti živil z usposobljenim posameznikom

Food safety management with qualified individual

Mateja ČEBULAR¹, Blaž CONFIDENTI²,
Petra KRALJ SAJOVIC³, Tina PERHAJ⁴, Andrej OVCA^{5*}

Received: 17. 9. 2014

Accepted: 4. 11. 2014

¹ Inštitut za sanitarno inženirstvo,
Zaloška cesta 155, 1000 Ljubljana,
Slovenija

² Univerzitetni klinični center Ljubljana,
Služba bolniške prehrane in dietoterapije,
Zaloška cesta 7, 1000 Ljubljana,
Slovenija

³ Tuš holding, d.o.o.
Oddelek za nadzor kakovosti in varnosti
procesov in izdelkov
Resljeva ulica 16, 3000 Celje, Slovenija

⁴ Pekarna Pečjak, d.o.o.
Dolenjska cesta 442, 1291 Škofljica;
DE IOC Trzin, Prevale 2, 1236 Trzin,
Slovenija

⁵ Univerza v Ljubljani,
Zdravstvena fakulteta,
Oddelek za sanitarno inženirstvo,
Zdravstvena pot 5, 1000 Ljubljana,
Slovenija

* *Corresponding author*
mag. Andrej Ovca
Univerza v Ljubljani,
Zdravstvena fakulteta,
Oddelek za sanitarno inženirstvo,
Zdravstvena pot 5, 1000 Ljubljana,
Slovenija
andrej.ovca@zf.uni-lj.si

POVZETEK

Permanentno izobraževanje oz. usposabljanje zaposlenih, ki pri delu prihajajo v stik z živilom, je eden ključnih elementov vsakega sistema dobre higienske prakse, preko katerega lahko pripomoremo k celostni strategiji zagotavljanja varnosti živil. Izhajajoč iz vprašanja, kako pogosto in na kakšen način usposabljeni zaposleni, da bodo pravila zagotavljanja varnosti živil učinkovito izvajali v praksi, je v prispevku podrobneje prikazan učinek izvedenega izobraževanja na prenos znanja v delovno okolje. V raziskavo je bilo zajetih 100 živilskih obratov (57 obratov javne prehrane, 24 trgovin, 8 obratov proizvodnje živil, 6 mesnic in 5 obratov distribucije). Izvedeno je bilo strukturirano opazovanje elementov dobre higienske prakse, ki mu je sledilo usmerjeno izobraževanje in ponovni, nenapovedani ogled s strukturiranim opazovanjem. Prenos znanja na delovno mesto je bil tako evalviran skozi primerjavo stanja pred izvedenim izobraževanjem in po njem. Najvišja stopnja povezanosti elementov dobre higienske prakse in izobraževanja je bila zaznana v proizvodnih obratih, v skupini zaposlenih, starih od 41 do 50 let, ki imajo osnovnošolsko izobrazbo in od 22 do 28 let delovnih izkušenj. Glede na to, da aktualni sistemi zagotavljanja varnosti živil temeljijo na človeku, avtorji prispevka poudarjajo, da je človeka, ki vstopa v delovne procese na različnih stopnjah in ravneh v verigi od polja do mize, treba začeti obravnavati enakovredno kot ostale dejavnike tveganj.

Ključne besede: varnost živil, higiena živil, živilski obrati, zaposleni, usposabljanje

ABSTRACT

Permanent training of employees coming into contact with food is fundamentally important to any food hygiene system, through which an overall food safety strategy can be assured. Based on the question, *how often and in which way should we train employees in the field of food safety?* a survey comprising 100 food enterprises (57 caterers, 24 shops, 8 industrial food plants, 6 butchers and 5 distribution facilities) was conducted. In the paper, the effect of targeted training on employees' knowledge and how this transfers

into the working environment was evaluated. At first, a structured observation of positive hygiene practice principles was carried out, followed by an unannounced visit with repeated structured observation. The successful transfer of knowledge into the working environment was evaluated through the comparison of the workplace before and after targeted training. The highest level of improvement was detected in the industrial food plants, in the group of employees aged 41 to 50 years, in the group of employees who had primary education and in the group of employees who had between 22 to 28 years of work experience. Considering that the current food safety management systems are people-based, the authors emphasize the necessity that workers entering the food supply chain at various stages should be considered equivalent to other risk factors.

Key words: food safety, food hygiene, food enterprises, food handler, training

UVOD

S hrano povezani izredni dogodki so lahko posledica napak pri ravnanju z živilom na kateri koli stopnji v verigi od polja do mize, zato je oskrba z varno hrano, ki ne ogroža zdravja potrošnikov preko kemičnih, bioloških ali drugih vrst onesnaževal, temelj zdrave prehrane in pomemben dejavnik varovanja zdravja kot javnega interesa [1]. Varovanje zdravja kot javnega interesa je tudi eden od temeljnih ciljev živilske zakonodaje [2] in med najpomembnejšimi prednostnimi nalogami Evropske unije (v nadaljevanju EU). Bolezni, ki se prenašajo z živilom, še vedno predstavljajo velik izziv javnemu zdravstvu v razvitih, še bolj pa v razvijajočih se državah.

Evropska agencija za varnost hrane v članicah EU v zadnjih letih (2007–2012) v povprečju beleži 5.460 (1,1/100.000) prijavljenih izbruhov alimentarnih toksikoinfekcij na letni ravni, v katerih je v povprečju prizadetih 50.465 oseb na leto, od tega 10,1 % hospitaliziranih in 0,08 % smrtnih žrtev; pri tem ne gre zanemariti pomembnosti neprijavljenih primerov, saj so v uradnih poročilih zabeleženi le prijavljeni izbruhi. Oboleli zaradi blage klinične slike le redko poiščejo zdravniško pomoč, zato niso vodeni v uradni statistiki. Število alimentarnih izbruhov je v zadnjih letih kljub nihanju precej konstanto, pri čemer je zaskrbljujoč podatek, da število obolelih konstantno raste.

Varnost živil

Zaradi vrste izrednih dogodkov, povezanih z varnostjo živil in tudi krme, je bila pred dobrim desetletjem izpeljana temeljita reforma na področju zagotavljanja varnosti živil. Opremljen je bil pristop "od vil do vilic" oz. "od polja do krožnika", katerega namen je v vseh fazah od pridelave preko proizvodnje in distribucijske verige zagotoviti visoko raven varnosti živil, kar poudarjajo tudi strateški dokumenti v zvezi s prehransko politiko EU. Pri tem je pomembno, da je vsak člen v verigi definiran, nadzorovan in obvladovan.

Odgovornost za varnost živil si delijo nosilci živilske dejavnosti (v nadaljevanju NŽD), državne institucije in potrošniki sami. Dolžnost držav je, da pripravijo ustrezne predpise za nemoteno opravljanje dejavnosti in da za-

ščitijo zdravje potrošnika. Podjetja in posamezniki, ki se ukvarjajo z živilom, pa prevzemajo veliko odgovornost za zagotavljanje varnosti živil končnim potrošnikom. Ne nazadnje je za zagotavljanje varnosti živil odgovoren tudi potrošnik sam, in sicer v tistem delu verige, ko je hrana pod njegovim nadzorom. Njegovo ravnanje kot zadnjega člana v verigi predstavlja pomembno varovalko, ki lahko zagotovi uživanje hrane brez posledic za njegovo zdravje oz. zdravje njegovih bližnjih. Vendar pa rezultati domačih [3] in tujih [4] raziskav kažejo, da potrošnik sebe ocenjuje kot najmanj odgovornega v primerjavi z ostalimi akterji omenjene verige.

Uredba (ES) št. 178/2002 [2] predstavlja za področje varnosti živil temeljni zakonodajni akt. Poleg splošnih pravil in načel na področju živilskega prava določa postopke o varnosti živil in vzpostavlja Evropsko agencijo za varnost hrane. Med drugim opredeljuje prepoved dajanja v promet nevarnih živil, sledljivost, pristojnosti in odgovornosti NŽD ter nadzornih organov. Pri tem velja izpostaviti, da je pojem "*varnost živil*" abstrakten in ga je zato mogoče razlagati in razumeti na različne načine [5]. Pomembno je, da se kljub opredelitvam, ki so podane v nadaljevanju, zavedamo možnih subjektivnih interpretacij. Pojem varnost živil, ki ga opredeljuje Codex Alimentarius [6] in posledično tudi Zakon o zdravstveni ustreznosti živil in izdelkov ter snovi, ki prihajajo v stik z živilom [7], je definiran kot "*zagotovilo, da živilo ni škodljivo za zdravje potrošnika, če je pripravljeno oziroma zaužito za predviden namen*". Resolucija o nacionalnem programu prehranske politike [1] bolj usmerjeno navaja, da varno živilo ne sme vsebovati bioloških, kemičnih in mehanskih onesnaževal ter radionuklidov, ki se pojavljajo kot posledica nehigienске priprave hrane, industrijskega onesnaženja okolja ter agrotehničnih in tehnoloških postopkov v pridelavi ali predelavi živil v količinah, ki bi ogrožale naše zdravje. Poleg tega je pomembno tudi, da je živilo pravilno označeno, da zagotavlja sledljivost in da ne zavaja potrošnikov.

Poleg pojma "*varnost živil*" je v povezavi s hrano in zdravjem pogosto v rabi tudi pojem "*higiena živil*". Evropska uredba o higieni živil [8] in že omenjeni zakon opredeljujeta higieno živil kot "*ukrepe in pogoje, potrebne za nadzor tveganj in za zagotovitev zdravstvene ustreznosti oz. varnosti živil za prehrano ljudi, ob upoštevanju njihove predvidene uporabe*". Načela higiene živil tako pomembno pripomorejo k zagotavljanju varnih živil. Avtorji številnih raziskav, ki jih navajata Raspor in Jevšnik [9], pa ugotavljajo, da je zagotavljanje varnih živil najbolj problematično v enotah njihove priprave in distribucije, še posebej v malih in srednje velikih podjetjih.

Posebnosti delovnega procesa v industrijski proizvodnji

V industrijski proizvodnji živil delovni proces praviloma poteka na enem mestu, enosmerno (od sprejema vhodnih surovin do izdaje končnega izdelka). Zaradi samega obsega proizvodnje in številnih vhodnih surovin je bistvenega pomena sledljivost skozi ves delovni proces. Vse več živilskih podjetij si pri tem pomaga s prilagojenimi računalniškimi sistemi, ki omogočajo lažje, enostavnejše in učinkovitejše zagotavljanje sledljivosti ter tudi preprečevanje vstopa neustreznih surovin v delovni proces ter učinkovito ukrepanje v primeru izvedbe umika in/ali odpoklica. Dobavi-

telji surovin so praviloma pod strožjim nadzorom kot v drugih tipih živilskih obratov. Zaradi avtomatizacije dela je na industrijski ravni zelo pomembno obvladovanje tujkov (fizikalno tveganje). V številnih obratih je tako detekcija kovinskih tujkov z detektorjem kovin tudi kritična kontrolna točka.

Fluktuacija zaposlenih je v tovrstnih obratih praviloma manjša kot npr. v trgovinah ali gostinstvu. Praviloma se zaposluje delavce z zaključeno poklicno oz. srednjo šolo s področja živilske stroke, pri čemer je stopnja izobrazbe odvisna od zahtevnosti delovnega mesta. Stalnost zaposlenih omogoča manj motenj v izvedbi delovnega procesa in lažjo komunikacijo, saj zaposleni bolje poznajo dejavnike tveganja ter tudi preventivne in korektivne ukrepe, ki jih je treba izvajati med proizvodnjo prehranskega izdelka, njegovim shranjevanjem in njegovo prodajo.

Posebnosti delovnega procesa v prodaji

Prodajna mesta v trgovinski dejavnosti se razlikujejo predvsem glede na velikost prodajaln ter s tem povezanim obsegom in raznolikostjo delovnih procesov. Medtem ko je v manjših objektih (minimarketi in marketi) ponudba živil manjša in se živila prodajajo predvsem na prodajnih policah, je v večjih objektih (supermarketi in hipermarketi) ponudba živil širša, poleg postrežnega načina pa zajema tudi lastno pripravo. Medtem ko je proces prodaje predpakiranih živil na policah ter v hladilnih in zamrzovalnih vitrinah vezan predvsem na izpolnjevanje osnovnih pogojev zagotavljanja varnega živila (vzdrževanje temperaturne verige, upoštevanje načel FIFO³ in FEFO⁴ ter redni pregled in izločanje živil s pretečenim rokom uporabe ali poškodovano embalažo), predstavlja lastna priprava živil bistveno večje kemijsko in fizikalno, predvsem pa mikrobiološko tveganje. Takšno tveganje se dodatno povečuje zaradi netipičnih proizvodnih prostorov in opreme. Pripravljalnice posameznih oddelkov pogosto niso prilagojene izvajanju vseh proizvodnih procesov proizvodnje živil. Dani tehnični pogoji pogosto privedejo do improvizacije pri izvedbi delovnega procesa, kar lahko v primeru nedoslednega upoštevanja delovnih navodil privede do povečanega tveganja za varnost živil.

Posebnosti delovnega procesa v trgovinski dejavnosti izhajajo tudi iz geografske razpršenosti posameznih poslovalnic, kar otežuje uspešno komunikacijo in sam nadzor. Delo v trgovinah poteka tudi ob nedeljah in praznikih, ko odgovorne osebe v posameznih poslovalnicah načeloma niso prisotne. Število zaposlenih je racionalizirano, kar v primeru povečanja bolniškega staleža privede do nadomeščanj zaposlenih ali celo do začasnega zaposlovanja (npr. študentov). Ker je fluktuacija zaposlenih velika in so trgovine geografsko razpršene, seznanjanje z osnovnimi higijenski pravili ravnanja z živilom ob uvajanju novozaposlenih tako prevzame odgovorna oseba na posamezni lokaciji.

³ First In First Out

⁴ First Expired First Out

Posebnosti delovnega procesa v velikih kuhinjah

Med velike kuhinje na ravni obratov družbene prehrane uvrščamo kuhinje, ki dnevno pripravijo od 500 do 5.000 obrokov. Prehranjevalni program je praviloma prilagojen fiziološkim zahtevam posamezne skupine potrošnikov (npr. pacientom v bolnišnici). Procesi priprave hrane so načrtovani (ponekod tudi za 3 tedne vnaprej), priprava hrane je podprta z recepturami in delovnimi nalogi, delo pa izvaja formalno usposobljen kader. Kljub temu je še vedno ključno zavedanje zaposlenih, da lahko zaradi neupoštevanja navodil za delo in higienskih pravil pride do kontaminacije živil in ogrožanja zdravja končnega uporabnika. Tovrstni obrati na podlagi ugotovitev notranjega nadzora beležijo največ odstopanj od predpisanih zahtev pri vhodni kontroli živil ob samem prevzemu; težave se pojavljajo predvsem pri kvaliteti živil. Proces prevzema živil je zaradi velikega števila različnih artiklov zelo zahteven. Zaradi velikosti tovrstnih obratov in števila zaposlenih je z vidika ugotavljanja neskladnosti največ težav pri kontroli upoštevanja higienskih zahtev zaposlenih (pravilno umivanje rok, upoštevanje vseh postopkov pri čiščenju delovnih površin, dosledno upoštevanje navodil za delo). Ker se v velikih kuhinjah (sploh v primeru centralnih kuhinj) pogosto vrši transport, je tu naslednja stopnja procesa, ki je težje obvladljiva (transport vozičkov in razdeljevanje hrane). V procesu transporta in razdeljevanja hrane sodeluje veliko število ljudi, ki so lahko del drugih poslovnih subjektov. Hrano namreč pogosto razvažajo pogodbeni izvajalci. Zaradi razpršenosti lokacij razdeljevanja in velikega števila ljudi, ki pri tem sodelujejo, je obvladovanje tega procesa zelo oteženo. Pojavljajo se težave s polivanjem hrane zaradi neprilagojene hitrosti transporta ter delno tudi zaradi dotrajanih in ponekod neprimernih transportnih poti. Tveganje za varnost se lahko pojavi tudi v primeru, ko časovna dimenzija izvedbe te faze ni skladna z načrtom.

Posebnosti delovnega procesa v manjših živilskih obratih

Manjši živilski obrati so predvsem manjše restavracije, okrepčevalnice, pekarnice, obrati za pripravo hitre hrane itd. V teh obratih delovni proces v večini primerov opravlja ena sama oseba, tj. od nabave in priprave hrane do končne izdaje jedi ter ostalih opravil, kot so čiščenje opreme in prostorov, ravnanje z odpadki, ponekod tudi rokovanje z denarjem (npr. prodaja iz kioskov). Tako imamo ves čas opraviti s križanjem čistih in nečistih poti ter stalno prisotno nevarnostjo navzkrižne kontaminacije živila. Zaposleni v tovrstnih obratih vse pogosteje prihajajo iz različnih koncev sveta in ne poznajo pravil dobre higienske prakse (v nadaljevanju DHP), še manj sistema HACCP. Fluktuacija zaposlenih je visoka, kar vedno znova povzroča začetno (ne)znanje iz higiene živil. Izjema so družinska podjetja. Zelo problematično je delo v manjših živilskih obratih v času poletnih dopustov, ko zaposlene nadomestijo sezonski delavci ali študenti, ki običajno ne poznajo osnovnih higienskih pravil ravnanja z živilom. Zaradi višjih zunanjih temperatur ter nepoznavanja samega procesa dela je možnost okužbe toliko višja. Manjši živilski obrati v večini tudi ne izpolnjujejo sanitarno-tehničnih zahtev, predvsem z vidika priprave hrane in shranjevanja živil. Priprava surove in toplotno obdelane hrane se tako pogosto vrši na isti delovni površini, zaradi obsega delovnih na-

log pa vmesno čiščenje ni izvedeno. Živila se pogosto shranjujejo v eni hladilni napravi (od surovega mesa do toplotno obdelanih živil). V tovrstnih obratih se NŽD v večini sklicujejo na panožne smernice za obvladovanje varnosti živil, vendar v praksi ne poznajo in ne izvajajo pravil, ki jih tovrstne smernice predpisujejo.

TRENDI NA PODROČJU IZOBRAŽEVANJA IN USPOSABLJANJA ZAPOSLENIH ZA DELO Z ŽIVILI

Pred časom smo v Sloveniji ukinili posebne izobrazbene pogoje za opravljanje trgovske in gostinske dejavnosti. Ukinitev zahtev glede poklicne izobrazbe v praksi pogosto privede do situacije, ko v stik z živili prihajajo osebe brez ustrezne formalne izobrazbe in brez ustreznega usposabljanja. Z uvedbo evropskega pravnega reda je bil ukinjen tudi "*higienski minimum*", ki je bil obvezen pred nastopom dela in ga je bilo treba obnoviti na vsakih 5 let na tistih delovnih mestih, kjer je oseba prihajala v stik z živili. Ministrstvo za zdravje RS je leta 2004 sicer dopolnilo Pravilnik o higieni živil, v katerem so bile jasno podane vsebine znanj, ki jih je morala obvladovati vsaj odgovorna oseba za notranji nadzor oz. NŽD, vendar je bil omenjeni pravilnik leta 2007 preklican.

Zakon o zdravstveni ustreznosti živil [7] sicer še vedno opredeljuje zahtevo, da v proizvodnji in prometu z živili lahko delajo samo osebe, ki imajo ustrezno strokovno izobrazbo za delo z živili oz. so zanj dodatno usposobljene in izpolnjujejo osnovne zahteve osebne higiene. Vendar je bila odgovornost za zagotavljanje ustrezne usposobljenosti oseb za delo z živili z uvedbo evropskega pravnega reda prenesena na NŽD. Uredba o higieni živil [8] tako NŽD nalaga, da vsem delavcem zagotavljajo permanentno izobraževanje in usposabljanje o higieni živil, skladno z zahtevnostjo njihovega dela. Interne raziskave Inštituta za sanitarno inženirstvo kažejo, da vse manj NŽD s ciljem zniževanja stroškov skrbi za stalno usposabljanje svojih zaposlenih, čeprav bi glede na cilj zakonodaje morali v ta element DHP vlagati več kot v preteklosti, ko je bilo to sistemsko urejeno v okviru "*higienskega minimuma*". Ker je poleg odgovornosti tudi izvedba izobraževanj prepuščena NŽD in ker področje ni zakonsko urejeno (ni minimalnih zahtev glede izvajalcev in vsebin izobraževanj oz. usposabljanj), NŽD odgovornost prelagajo na zaposlene. Tveganje za proizvodnjo (ne)varnega živila zaradi človeškega faktorja je tako večje pri tistih zaposlenih, ki nimajo ustrezne formalne izobrazbe in se udeležujejo usposabljanj na delovnem mestu, ki ga zaradi neurejenosti področja pogosto izvajajo nekompetentne osebe brez ustreznega strokovnega in pedagoškega znanja [10].

Pomen izobraževanja in usposabljanja za delo z živili

Permanentno usposabljanje zaposlenih, s poudarkom na novozaposlenih, je osnovni in poglobilni element vsakega sistema DHP [6]. Izobraževanje je eden ključnih elementov, preko katerega lahko pripomoremo k celostni strategiji zagotavljanja varnosti živil. S tem zagotovimo enega od predpogojev za optimalno delovanje sistema HACCP, katerega cilj je

zagotoviti zdravstveno ustrezen oz. varen izdelek v verigi od polja do mize.

Usposabljanje zaposlenih v živilski dejavnosti pa prepogosto ne izpolnjuje svojega namena oz. je lahko celo vzrok neučinkovitosti celotnega sistema zagotavljanja varnosti živil. Jevšnikova s sodelavci [11] preko številnih kazalcev kritičnih razmer med preučevanjem različnih skupin zaposlenih pri delu z živilom ugotavlja, da je žarišče problema zagotavljanja varnosti živil premalo izobražen, usposobljen, motiviran in/ali zadovoljen človek. Tudi vsebinska analiza znanstvenih del o vrstah in vzrokih ovir pri implementaciji in delovanju sistema HACCP kaže, da je skoraj polovica ovir za neučinkovitost omenjenega sistema vezanih na človeški faktor [12].

Usposobljenost in usposabljanje zaposlenih za delo v industrijski proizvodnji

V industrijskih živilskih obratih se praviloma letno izvajajo izobraževanja na področju zagotavljanja varnosti in kakovosti živil za vse zaposlene. Del interne dokumentacije je razpored izobraževanj zaposlenih za tekoče leto. Izobraževanje osebja izvaja interno osebje z ustreznimi strokovnimi referencami, praviloma zaposleno v okviru oddelkov oz. služb za zagotavljanje kakovosti, po potrebi pa tudi v sodelovanju z zunanjo institucijo. Izobraževanja se zaključijo s preizkusom osvojenega znanja; napake, ki se pri tem pokažejo, se rešujejo individualno na ravni odgovorna oseba – posameznik. V industrijskih obratih je poleg letnega načrtovanega izobraževanja praviloma vnaprej predviden tudi postopek krajšega usmerjenega usposabljanja novozaposlenih na področju sistema HACCP. V okviru usposabljanja novozaposlenih ob zaključku teoretičnega dela usposabljanja sledi tudi ogled proizvodnje in spoznavanje delovnega procesa (npr. v sodelovanju z vodjo oddelka/izmenovodjo/vodjo linije).

Nekatera podjetja ob nenapovedanih kontrolah izvajanja delovnih navodil (del katerih so tudi ukrepi za zagotavljanje varnosti živil) uporabljajo t. i. sistem reovalnice, ki temelji na internih pravilih podjetja. Število kršitev se tako za posameznega delavca vodi sistematično in dokumentirano. Seštevek kršitev v določnem časovnem obdobju ima za posledico odvzem delovnega dodatka ali stimulacije oz. obojega. Tovrstni pristop zaposlene motivira, da so v času izobraževanj in usposabljanj bolj pozorni, hkrati pa odgovornim osebam daje vzvod, s katerim lahko vplivajo na dosledno izvajanje delovnih navodil oz. ukrepov za zagotavljanje varnosti živil. Podjetja, ki so uvedla ta sistem, opažajo bistveno zmanjšanje števila kršitev delovnih navodil s strani zaposlenih, ki pri svojem delu prihajajo v stik z živilom.

Usposobljenost in usposabljanje zaposlenih za delo v prodaji

Kljub zakonodaji [8] in panožnim smernicam [13] skrb in odgovornost za učinkovito usposobljenost in usposabljanje zaposlenih temeljita na odgovornosti vodstva oz. NŽD, ki jim je (oz. njihovim odgovornim osebam) prepuščena odločitev v zvezi s časovnim obsegom, vsebino in izvajalcem usposabljanja zaposlenih na delovnem mestu.

Pri manjših trgovcih se vodstvo oz. NŽD praviloma ne zaveda pomena zagotavljanja varnih živil in se tudi usposabljanje zaposlenih s strani strokovnih oseb ne izvaja, zato je znanje zaposlenih na nižji ravni in predstavlja večje tveganje za zagotavljanje varnosti živil. Pogosto se za usposabljanje s strani strokovnih institucij odločijo šele po odredbi nadzornih organov. V velikih trgovskih verigah so v okviru internih služb za nadzor kakovosti zaposleni strokovnjaki s področja varnosti živil, ki prevzemajo odgovornost za izobraževanje in usposabljanje zaposlenih. Zaradi števila zaposlenih so v zvezi s tem izdelani programi izobraževanj. Prav tako se vrši nadzor zaposlenih v smislu preverjanja znanja in usposobljenosti.

Vsi zaposleni so praviloma vsaj enkrat na leto napoteni na usposabljanje s strani zunanje strokovne institucije. Na tovrstnih izobraževanjih so zaradi razpršenosti poslovalnic prisotni zaposleni z različnih oddelkov, kar v praksi pomeni, da se npr. prodajalka z oddelka sadja in zelenjave usposablja tudi za delikatesni oddelek (in obratno). Pozitivni učinek tovrstnega združevanja je dobrodošel v primerih nadomeščanja odsotnosti na drugih oddelkih, vendar je dojemanje snovi manjše. Prav tako so usposabljanja časovno omejena in morajo zaposleni v kratkem času sprejeti veliko podatkov in navodil. Poleg tega se letno izvajajo tudi izobraževanja in usposabljanja, ki so namenjena izključno zaposlenim na posameznem oddelku in jih izvajajo notranji strokovni sodelavci. Takšna izobraževanja so se pokazala kot zelo uspešna, še posebej, ko so nadgrajena z dodatnim usposabljanjem na samem delovnem mestu, kjer se tudi preveri znanje z izobraževanj in upoštevanje vseh določenih navodil.

Seveda pa samo izobraževanje še ne predstavlja zagotovila, da bo posameznik pridobljeno znanje ali veščino prenesel v svoje delovno okolje. Ker je vse več zaposlenih v prodaji, kot posledica prej opisane deregulacije področja, brez ustrezne predhodne formalne izobrazbe trgovske smeri, praviloma nimajo predznanja o higieni živil, kar za izvajalce usposabljanj predstavlja dodatno oviro oz. izziv.

Usposobljenost in usposabljanje zaposlenih za delo v veliki kuhinji

Izobraževanja oz. usposabljanja na področju varnosti živil so tudi v tem primeru načrtovana z letnim planom izobraževanj in se zaključijo s preverjanjem znanja. Praviloma gre za standardiziran nabor predavanj, ki se delavcem predstavijo letno: higienski minimum v kuhinjah, dobra higienska in dobra proizvodna praksa, varnost in zdravje pri delu; v obratih, kjer je potrebna priprava različnih diet, tudi področje dietetike. Izobraževanje novozaposlenih je organizirano v sklopu ostalih, sicer obveznih vsebin na področju varstva pri delu, varstva pred požarom in ponekod tudi varstva okolja. Nekatere delovne organizacije delavcu določijo tudi mentorja, ki ga v času poskusnega dela, ki traja en mesec, uvaja v delo. Po izteku poskusnega dela se oceni delavčevo usposobljenost za delo. Pogosta je tudi pogodba z dobavitelji čistilnih sredstev, ki jim nalaga, da izvedejo izobraževanje o pravilni in varni uporabi čistilnih sredstev. V manjšem obsegu se posameznike (dietetiki, kuharji, vod-

stveni kader) pošilja tudi na zunanja strokovna izobraževanja. V tovrstnih obratih (predvsem bolnišnice, domovi za ostarele in vrtci) novoza-poslene kuharje v roku od 2 do 3 let po nastopu dela pošljejo na dodatno usposabljanje v zvezi s pripravo dietne hrane. S tem se jim pri-zna nacionalna poklicna kvalifikacija dietnega kuharja.

Odgovorni za izvajanje notranjega nadzora v tovrstnih obratih praviloma dobro poznajo proces dela in vedo, kaj bi se dalo v tehnološkem in higi-enskem smislu še izboljšati. S podatki spremljanja kazalcev higiene, ugo-tavljanja procesnih napak ter beleženja in reševanja reklamacij končnih uporabnikov seznanjajo in izobražujejo zaposlene, da do teh napak ne bi več prihajalo. Je pa v zadnjih letih zaradi finančnih razlogov opaziti trend vse manjšega obsega napotitev zaposlenih na zunanja izobraževanja, vse manj je tudi izobraževanj s področja zakonodajnih in strokovnih novosti. Odgovorne osebe so po večini prepuščene lastni iznajdljivosti.

Usposobljenost in usposabljanje zaposlenih za delo v manjših živilskih obratih

Zaposleni, ki so že dlje časa na istem delovnem mestu, so v večini opravili nekdanj obvezni "*higienski minimum*" ter usposabljanje iz higiene živil, ki je bilo predpisano po Pravilniku o spremembah in dopolnitvah pravilnika o higieni živil [14]. V večini primerov NŽD nimajo pripravlje-nega plana usposabljanja, ne poučijo zaposlenih pred nastopom dela, ne izvajajo niti periodičnih internih niti eksternih usposabljanj ali pa jih izvajajo zelo redko (na od 3 do 5 let). Ker so ukinjeni tudi posebni izo-brazbeni pogoji za opravljanje trgovske in gostinske dejavnosti, v praksi pogosto naletimo na zaposlene, ki se niso nikoli niti formalno izobraže-vali niti se usposabljali v ta namen.

NŽD v manjših živilskih obratih se redko odločijo za izobraževanje s strani zunanje strokovne institucije. Do tega praviloma pride izključno na zahtevo inšpekcijskih služb. V tem primeru se izobraževanja udeleži samo ena oseba iz podjetja, ki naj bi znanje prenesla na druge zaposle-ne. Ker preverjanje znanja na samem usposabljanju oz. izobraževanju ni obvezno, praviloma vsi udeleženci izobraževanja dobijo potrdilo, in sicer ne glede na osvojeno znanje. Učinkovitosti pridobljenega znanja načelo-ma ne preverja nihče, razen v primeru, da so NŽD sami toliko osveščeni glede varnosti živil.

Zaradi omenjene neurejenosti področja se manjši živilski obrati iz fi-nančnih razlogov večinoma poslužujejo "poceni in hitrih" izobraževanj, ki so pogosto nekvalitetna in podana nestrokovno; oblika, vsebina, čas, način preverjanja znanja namreč niso nikjer predpisani. V primerih, ko se manjši živilski obrat odloči za sodelovanje s strokovno osebo oz. in-stitucijo, kjer se nato vršijo tudi kontrolni ogledi in usposabljanja na sa-mem delovnem mestu, je stanje znatno boljše. Zaposleni so tako več-krat letno soočeni z napakami svojega dela, vrši se sprotno usposabljanje, nosilec dejavnosti pa običajno dobi poročilo in je tako seznanjen z dejavniki tveganja v delovnem procesu. Pogostejši ko je obisk strokovne osebe oz. institucije s področja higiene živil, večja je osveščenost zaposlenih in nosilca dejavnosti. Pogosto se zgodi, da se

nosilec dejavnosti nato odloči za redna preverjanja znanja v obliki pisnega testa, naroči brise snažnosti rok in delovnih površin, odvzamejo se tudi vzorci živil; tako se preverja učinkovitost znanja, prenesenega v prakso.

V manjših živilskih obratih imamo pogosto opraviti z ljudmi, ki nimajo osnovnih znanj iz higiene živil. Posledično je treba vložiti veliko truda v podajanje snovi na način, ki je tej skupini ljudi razumljiv, predvsem pri izvajanju zahtev sistema HACCP. Pogosto se pojavi odpor že na samem izobraževanju, ki se odraža tudi na delovnem mestu, in sicer v obliki beleženja podatkov "na pamet". Dogaja se tudi, da je bistvo njihove udeležbe na izobraževanju pridobiti znanje, ki ga zahteva uradni nadzor, ne pa tudi razumeti pomen varnosti živil v samem procesu dela.

UČINKOVITOST IZOBRAŽEVANJA IN USPOSABLJANJA NA DELOVNEM MESTU

Izobraževanje je najučinkovitejši način uvajanja in izvajanja sprememb, vendar se pri tem zastavlja vprašanje, kako pogosto in na kakšen način usposabljeni zaposlene, da bodo poznali pravila higiene živil in jih bodo učinkovito izvajali v praksi. Učinkovito delo vsakega posameznika namreč vpliva na uspešnost celotne delovne organizacije.

Namen in cilj raziskave

Cilj širše raziskave [15] je bil ugotoviti, ali izobraževanje in usposabljanje iz higiene živil na delovnem mestu pripomoreta k uspešnosti živilskega podjetja. Zaradi obsežnosti celotne raziskave je v nadaljevanju prikazan le del rezultatov, ki se nanaša na enega njenih ožjih ciljev, in sicer na učinke izvedenega izobraževanja na prenos znanja v delovno okolje.

Metodologija

Raziskava [15] je bila izvedena z metodo neposrednega zbiranja podatkov, vanjo pa je bil zajet stratificiran vzorec živilskih obratov po vsej Sloveniji ($n = 100$). Glede na razmerje vseh registriranih živilskih obratov v času izvedbe raziskave je bilo vanjo vključenih 57 obratov javne prehrane, 24 trgovin, 8 obratov proizvodnje živil, 6 mesnic in 5 obratov distribucije.

Najprej je bilo skozi ogled posameznega živilskega obrata izvedeno strukturirano opazovanje elementov DHP v terminu, dogovorjenim z NŽD. Na podlagi ugotovitev je sledilo usmerjeno izobraževanje, prilagojeno posamezni dejavnosti in ugotovitvam predhodnega ogleda, nato pa je sledil ponovni, nenapovedani ogled živilskega obrata. Prenos znanja na delovno mesto je bil evalviran skozi primerjavo ugotovitev pred izvedenim izobraževanjem in po njem. Povezava med izvedenim izobraževanjem in posameznim elementom DHP je izražena kot Pearsonov korelacijski koeficient (R).

V okviru strukturiranega opazovanja elementov DHP je bil kot pripomoček uporabljen evalvacijski vprašalnik, sestavljen iz 6 sklopov:

- sanitarno-tehnična urejenost objekta,
- sistem notranjega nadzora,
- osebna higiena in zdravstveno stanje zaposlenih,
- pravilno ravnanje z živili v tehnološkem postopku,
- obvladovanje škodljivcev in čistoča obrata,
- laboratorijske analize živil/surovin in kontrola skladnosti živil/surovin.

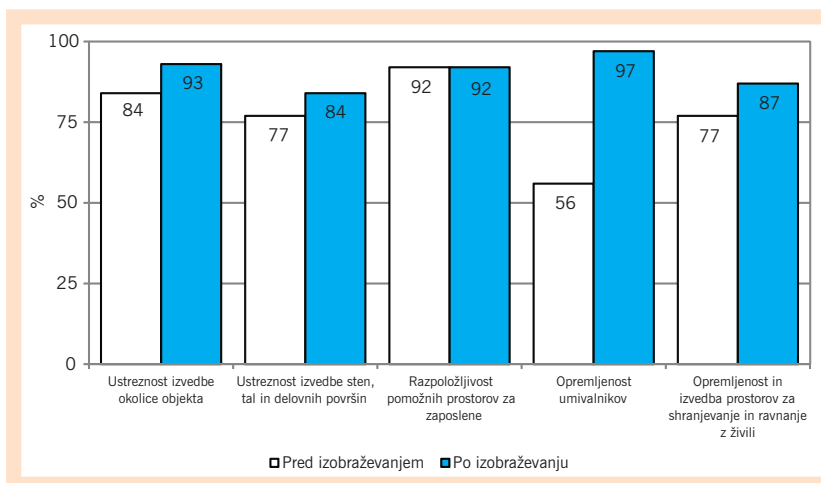
Posamezen skop je dodatno sestavljen iz nabora kriterijev, ki so podlaga za oceno skladnosti z zahtevami živilske zakonodaje. Raziskava ima visoko stopnjo veljavnosti, saj so rezultati odraz dejanskega stanja v živilskih obratih. Zanesljivost raziskave je dosežena z realističnim opazovanjem in izpolnjevanjem vprašalnika, in sicer neposredno v času opazovanja.

Rezultati in diskusija

Glede na število zaposlenih prevladujejo obrati z 1–10 zaposlenimi (31 %), sledijo obrati z 11–20 zaposlenimi (29 %), 21–30 (14 %) in nad 50 zaposlenimi (14 %). Glede na starost zaposlenih skoraj polovico le-teh predstavlja skupina med 31. in 40. letom (49 %), sledi ji skupina 41–50 let (36 %). V manjši meri so zastopani zaposleni med 20. in 30. letom (10 %) ter med 51. in 60. letom starosti (5 %). Večina (64 %) ima srednješolsko izobrazbo (IV. stopnja), sledita V. stopnja (23 %) in osnovnošolska izobrazba (13 %). Večina zaposlenih ima 15–21 let delovne dobe (39 %), sledi skupina z 22–28 (29 %) in 8–14 let delovne dobe (19 %). V manjši meri sta zastopani skupini z 1–7 let (6 %) in nad 29 let (5 %) delovne dobe [15].

Sanitarno-tehnična urejenost objekta

Osnovni pogoj za učinkovito zagotavljanje varnosti živil je ustrezna sanitarno-tehnična izvedba živilskega objekta. Povprečna stopnja spremembe glede boljše sanitarno-tehnične urejenosti obrata po izobraževanju znaša +19,5 % [15]. Največja stopnja spremembe po izvedbi izobraževanja je zaznana pri opremljenosti umivalnikov, namenjenih umivanju rok (slika 1).



Slika 1: Primerjava ustreznosti (%) sanitarno tehnične urejenosti živilskih obratov pred in po izobraževanju [15]

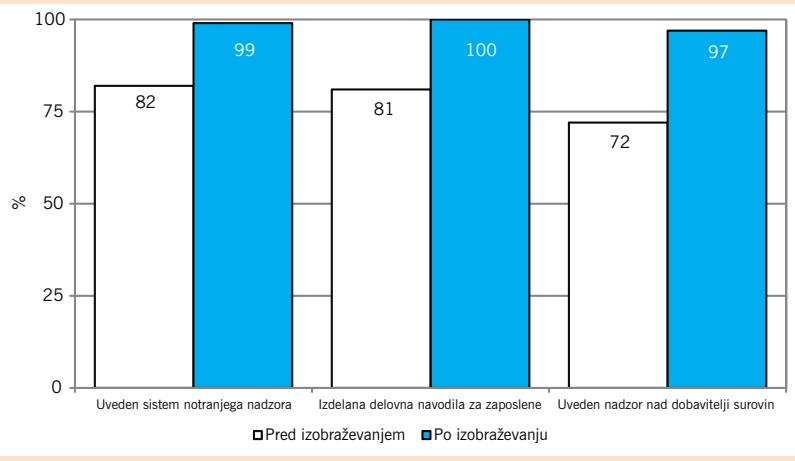
V okviru prvega ogleda kar 43 % umivalnikov ni bilo opremljenih s papirnatimi brisačami, 42 % jih ni imelo tekočega mila in 18 % obratov ni imelo nameščenega koša za odpadke. V 13 % obratov ni bilo na voljo tople vode [15].

Po izvedenem izobraževanju se je stanje skoraj v celoti (96–98 %) izboljšalo [15]. Poleg učinka samega izobraževanja, kjer je bila pomanjkljivost predstavljena, je treba upoštevati tudi dejstvo, da odprava tovrstne pomanjkljivosti ne zahteva večjih posegov in finančnega vložka, kar praviloma ne velja za ostale posege v sanitarno-tehničnem smislu. Poleg tega NŽD v pomanjkljivih sanitarno-tehničnih pogojih ne zaznavajo neposrednega tveganja za zagotavljanje varnosti živil.

Sistem notranjega nadzora

Vsi NŽD morajo, upoštevajoč aktualno zakonodajo, imeti vzpostavljen sistem notranjega nadzora, ki temelji na načelih sistema HACCP [8]. V okviru prvega ogleda je bilo ugotovljeno, da je ta zakonska zahteva izpolnjena v 82 % obratov (slika 2).

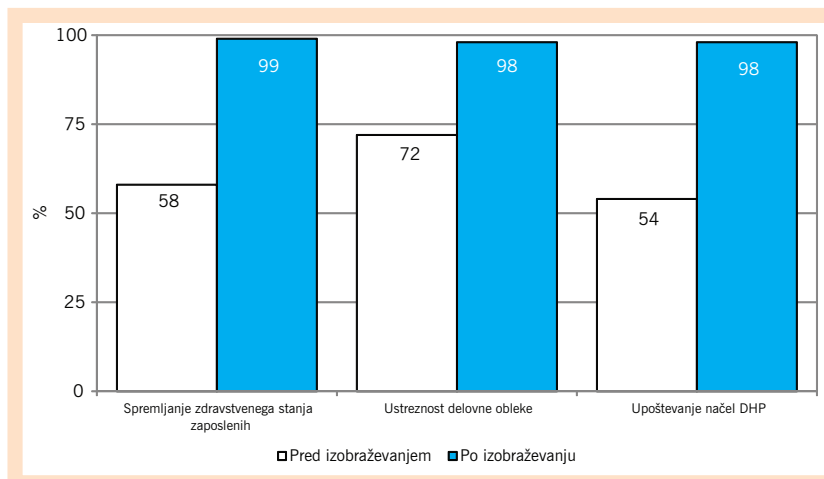
Slika 2:
Primerjava ustreznosti (%) elementov notranjega nadzora nad živili pred in po izobraževanju [15]



V večini ugotovljenih pomanjkljivosti je šlo za izgubljeno dokumentacijo ali na novo delujoče organizacije. Pri drugem ogledu je bila zahteva izpolnjena v 99 % [15]. Interno verifikacijo sistema je imelo v času prvega ogleda 54 % organizacij, po drugem ogledu pa 73 % [15]. V segmentu notranjega nadzora je največji učinek prenosa znanja na delovno mesto zaznati v doslednem izvajanju monitoringa na kritičnih kontrolnih točkah. Ta del je namreč odvisen izključno od zaposlenih in njihove doslednosti pri evidentiranju opravljene kontrole. Največja sprememba je bila zaznana pri evidentiranju temperature ohlajevanja živil (prvi ogled 31 %, drugi ogled 79 %) [15].

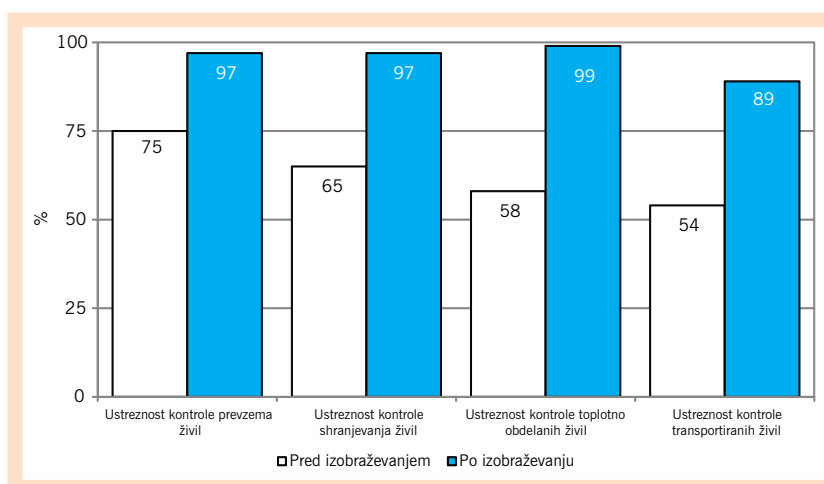
Osebna higiena in zdravstveno stanje zaposlenih

Osebna higiena in zdravstveno stanje osebja sta bistvena elementa za preprečevanje širjenja okužb/zastrupitev s hrano. Raziskava je potekala v času epidemije gripe, zato je bila toliko bolj izražena pomembnost spremljanja zdravstvenega stanja zaposlenih. Higiena osebja je bila pred izobraževanjem na nizki ravni: v 56 % ni bila upoštevana prepoved nošenja nakita pri delu z nezaščitnimi živili, 50 % si jih ni znalo pravilno



Slika 3: Primerjava ustreznosti (%) higiene osebja in spremljanja dravstvenega stanja pred in po izobraževanju [15]

umiti rok, v 43 % je bila pogostost umivanja rok neprimerna glede na tehnološke postopke, v 54 % zaposleni niso upoštevali higienskih pravil ravnanja z živili [15]. V kar 15 % primerov so imeli zaposleni na dan oglada znake nalezljivih obolenj in v 13 % neustrezno kožo na roki (rane, luščenje kože), v enem primeru je šlo celo za gnojno obolenje, ki predstavlja veliko nevarnost okužbe [15]. Po izobraževanju se je stanje bistveno izboljšalo: v kar 99 % ni bilo zaznati nakita, pogostost umivanja rok se izboljša na 72 %, še vedno pa si zaposleni premalo umivajo roke glede na sam tehnološki proces dela z živili [15]. Iz slike 3 je razvidna primerjava stanja pred izvedenim izobraževanjem in po njem. Pearsonov korelacijski koeficient znaša 0,5957, kar pomeni, da sta spremenljivki srednje pozitivno linearno povezani. Zaradi stopnje značilnosti ($p = 0,001$) je korelacija statistično pomembna, kar potrjuje pozitivno korelacijo med higieno osebja in samim izobraževanjem.



Slika 4: Primerjava ustreznosti kontrole nad ravnanjem z živili v tehnološkem postopku pred in po izobraževanju [15]

Pravilno ravnanje z živili v tehnološkem postopku

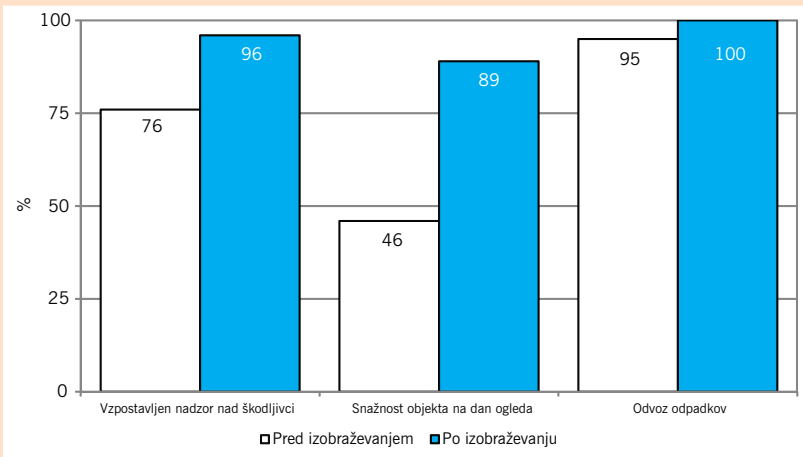
Zaposleni lahko znatno prispevajo k ustreznosti izdanih živil z znanjem oz. pravilnim ravnanjem z živili. V vseh elementih analize je stopnja spremembe pozitivna. Povprečna stopnja spremembe glede na prvi ogled znaša +48,1 % [15]. Največja sprememba je zabeležena na področju zagotavljanja sledljivosti živil (prvi ogled 31 %, drugi ogled 91 %). Maksimalne meritve po izobraževanju (100 %) so zabeležene pri

prevzemu živil (ustrezna temperatura, senzorika, rok uporabnosti), skladnosti temperature zamrznjenih živil in središnji temperaturi termično obdelanih jedi [15]. Pearsonov korelacijski koeficient za izbrani merjeni spremenljivki znaša 0,5378, kar pomeni, da sta spremenljivki srednje pozitivno linearno povezani. Zaradi stopnje značilnosti ($p = 0,001$) je korelacija statistično pomembna.

Obvladovanje škodljivcev in čistoča obrata

Ker škodljivci (glodavci, insekti, ptiči) lahko prenašajo različna obolenja, je potreben nadzor oz. njihovo obvladovanje. Statistični podatki kažejo, da je pojavnost škodljivcev vsako leto višja in da stopnja snažnosti v živilskih organizacijah pada [15]. Snažnost živilskega obrata predstavlja pomemben dejavnik higiene živil, toda skladnost pri prvem ogledu je znašala le 46 % (slika 5).

Slika 5:
Primerjava ustreznosti (%) nadzora nad škodljivci ter čistoča objekta pred in po izobraževanju [15]



Po razgovoru z zaposlenimi je glavni razlog nedoslednega izvajanja čiščenja pomanjkanje časa in premajhno število zaposlenih na delovnem mestu [15]. Snažnost se po izvedenem izobraževanju izboljša, ker so bili na njem predstavljeni ukrepi (slika 5).

Odvoz odpadkov je v večini živilskih organizacij urejen v skladu z veljavno zakonodajo. Presenetljivo visok je delež zatiranja škodljivcev s pomočjo kemičnih ali bioloških sredstev. Ta sicer ni zakonsko obvezen, a kljub temu je že pri prvem ogledu 76 % obratov izvajalo preventivne postopke deratizacije in dezinsekcije. V vseh elementih analize je stopnja spremembe pozitivna. Povprečna stopnja spremembe znaša +34,2 % [15]. Pearsonov korelacijski koeficient za izbrani merjeni spremenljivki znaša 0,4790, kar pomeni, da sta spremenljivki srednje pozitivno linearno povezani. Zaradi stopnje značilnosti ($p = 0,001$) je korelacija statistično pomembna.

Laboratorijske analize živil/surovin in kontrola skladnosti živil/surovin

V vseh živilskih organizacijah se uporablja pitna voda iz javnega vodovodnega omrežja, ki je pod stalnim nadzorom [15]. Polovica organizacij še dodatno preverja ustreznost pitne vode z lastnimi laboratorijskimi prei-

skavami. Zelo slabo je zastopan nadzor nad specifičnimi izdelki (npr. gensko spremenjenimi organizmi, alergeni v živilih) in nadzor živil z laboratorijskimi analizami proizvodov in surovin. Stopnja izboljšave po izvedenem izobraževanju je nizka, saj povprečna sprememba v skladnosti laboratorijskih analiz živil po izvedenem izobraževanju iz higiene živil znaša +9 % [15].

Povezanost elementov dobre higienske prakse in učinka izvedenega izobraževanja

Najvišja stopnja povezanosti posameznih elementov analize in izobraževanja je bila, upoštevajoč tip živilskega obrata, zaznana v proizvodnji ($R = 0,887$), upoštevajoč starost zaposlenih v skupini 41–50 let ($R = 0,758$), upoštevajoč število zaposlenih v obratih z 11–20 zaposlenimi ($R = 0,769$), upoštevajoč stopnjo izobrazbe pri zaposlenih z osnovnošolsko izobrazbo ($R = 0,731$) in upoštevajoč delovne izkušnje pri zaposlenih z 22–28 let delovnih izkušenj ($R = 0,803$) [15].

IZZIVI ZA PRIHODNOST

Izbruhov alimentarnih okužb in zastrupitev ne moremo predvideti, lahko pa jih preprečimo. Izobraževanje in usposabljanje ostajata ena ključnih elementov, preko katerih lahko pomembno pripomoremo k celostni strategiji zagotavljanja varnosti živil. Ker sistem zagotavljanja varnosti živil temelji na ljudeh, je med drugim pomembno tudi njihovo število v posameznem delovnem procesu, da delo lahko nemoteno poteka. Izziv za odgovorne osebe v bodoče bo, kako kljub zmanjševanju števila zaposlenih zagotoviti varnost živil. Številni so že danes s svojo vsakodnevno prisotnostjo v delovnem procesu, z neprestanim preverjanjem dela in z občutkom zaupanja v delavca v vlogi stalnih inštruktorjev, ki tudi z neformalnimi in nenačrtovanimi usposabljanji dvigujejo zavest o pomembnosti higiene in upoštevanju delovnih navodil. Pri izdelavi navodil, ki jih moramo uvesti v delovni proces, je treba biti vseskozi naravnani k temu, da so postopki dela lahko izvedljivi v praksi. Paziti moramo, da so navodila napisana dovolj enostavno in razumljivo, upoštevajoč karakteristike populacije zaposlenih.

Izkušnje kažejo, da je najuspešnejše usposabljanje na samem delovnem mestu s strani strokovnih delavcev in neposrednih nadrejenih. Seveda pa takšno usposabljanje zahteva večji vložek tako pri organizaciji kot pri sami izvedbi. Pri tem ne smemo pozabiti na neprestano izobraževanje odgovornih oseb, saj bodo lahko le na ta način znali ustrezno upravljati tako z zaposlenimi kot tudi s potrebno in zahtevano dokumentacijo ter razumeli odgovornost zagotavljanja varnega živila.

Glede na to, da se predvsem v manjših živilskih obratih usposabljanja obravnava kot nepotreben strošek, lahko na tem mestu bolj pomembno vlogo kot v preteklosti odigrajo tudi združenja nosilcev dejavnosti oz. zbornice (npr. OZS, GZS i dr.). Zaradi zastopanja večjega števila nosilcev dejavnosti lahko ob izboru kompetentnega strokovnjaka ali strokovne institucije za posameznega nosilca dejavnosti dosežejo ugodnejšo ceno ali celo zagotovijo brezplačno izobraževanje.

Seaman [16] za zaposlene v živilski dejavnosti predlaga konceptualni teoretični model usposabljanja na področju higiene živil (angl. *The Food Hygiene Training Model*). Predlagani model poleg razpoložljivih virov (denar, čas, oprema, ljudje) kot izhodišče za načrtovanje programov usposabljanja upošteva dejstvo, da vsi zaposleni nimajo enakega predhodnega znanja, odnosa in veščin za delo z živil. Posledično uvaja t. i. fazo identifikacije in analize potreb po usposabljanju (kdo in zakaj potrebuje usposabljanje ter na kateri ravni). Smer predhodne formalne izobrazbe v modelu sicer ni eksplicitno izpostavljena, a je kljub temu nezamenarljiva, saj Seaman in Eves [17] na podlagi starejših del ugotavljata, da imajo predhodno izobraževanje in delovne izkušnje večji vpliv na znanje in vedénje zaposlenega kakor udeleževanje v programih usposabljanja na delovnem mestu.

ZAKLJUČEK

Pomemben dejavnik zagotavljanja varnosti živil je človek, ki ima pogosto celo neposreden vpliv. Kljub temu da je to področje prepoznano kot osnovni in poglobitni element vsakega sistema DHP, je s prevzemom evropske zakonodaje področje na nacionalni ravni deregulirano. Medtem ko cilji in odgovornosti ostajajo jasno opredeljeni, temu ni tako pri načinu doseganja predpisanih ciljev. Zakonodajalec to področje še vedno pušča neurejeno (časovni okvir, vsebina, minimalni standardi znanja in veščin, preverjanje znanja in usposobljenosti, minimalni pogoji za izvajalce). V praksi se to, predvsem v malih in srednje velikih živilskih obratih, pokaže v obliki številnih anomalij. Poleg tega se številni NŽD tega ne zavedajo oz. ta element DHP podcenjujejo in zanemarjajo.

Aktualni sistemi zagotavljanja varnosti živil temeljijo na človeku, zato vstop premalo izobraženega in usposobljenega človeka v delovni proces dokazano predstavlja žarišče težav na področju zagotavljanja varnosti živil. Človeka, ki vstopa v delovne procese na različnih stopnjah in ravneh v verigi od polja do mize, je zato treba začeti obravnavati enakovredno kot ostale dejavnike tveganj.

LITERATURA

- [1] Resolucija o nacionalnem programu prehranske politike 2005 – 2010. Uradni list RS, št. 39/2005.
- [2] Uredba Evropskega parlamenta in Sveta (ES) št. 178/2002 z dne 28. januarja 2002 o določitvi splošnih načel in zahtevah živilske zakonodaje, ustanovitvi Evropske agencije za varnost hrane in postopkih, ki zadevajo varnost hrane.
- [3] Jevšnik M, Hlebec V, Raspor P. Consumers' awareness of food safety from shopping to eating. *Food Control*. 2008; 19(8): 737-745.
- [4] Redmond EC, Griffith CJ. Consumer food handling in the home: a review of food safety studies. *Journal of Food Protection*. 2003; 66: 130-161.
- [5] Röhr A, Luddecke K, Drusch S, et al. Food quality and safety – consumer perception and public health concern. *Food Control*. 2005; 16(8): 649-655.
- [6] FAO, WHO. Codex Alimentarius 2009. Basic text on food hygiene 4rd ed. Retrieved from: <http://www.fao.org/docrep/012/a1552e/a1552e00.htm> (8 June 2012).

- [7] Zakon o zdravstveni ustreznosti živil in izdelkov ter snovi, ki prihajajo v stik z živilom (Uradni list RS, št. 52/00, 42/02 in 47/04 – ZdZPZ).
- [8] Uredba Evropskega parlamenta in Sveta (ES) št. 853/2004 z dne 29. aprila 2004 o higieni živil.
- [9] Jevšnik M, Raspor P. Tveganja na poti od polja do mize. V: Rugelj D (ur.). Posvetovanje Varna in zdrava hrana na mizi potrošnika. Ljubljana. 2007: 21-34.
- [10] Jevšnik M, Hlebec V, Raspor P. Food safety knowledge and practices among food handlers in Slovenia. *Food Control*. 2008; 19(12): 1107-1118.
- [11] Jevšnik M. Integralno vrednotenje vključitve sistema HACCP pri zagotavljanju varnih živil: doktorska disertacija / Integral evaluation of HACCP system for food safety management: doctoral dissertation. Ljubljana. 2008.
- [12] Jevšnik M, Hlebec V, Raspor P. Meta-analysis as a tool for barriers identification during HACCP implementation to improve food safety. *Acta alimentaria*. 2006; 35(3): 319-353.
- [13] Lapornik M. Smernice dobrih higienskih navad po načelih sistema HACCP v trgovinski dejavnosti. Ljubljana: Trgovinska zbornica Slovenije. 2008.
- [14] Pravilnik o spremembah in dopolnitvah pravilnika o higieni živil (Uradni list RS, št. 11/04).
- [15] Čebular M. Vpliv izobraževanja iz higiene živil na uspešnost živilskih organizacij: magistrsko delo. Kranj. 2010.
- [16] Seaman P. Food Hygiene training: Introducing the Food Hygiene Training Model. *Food Control*. 2010; 21: 381-387.
- [17] Seaman P, Eves A. The management of Food safety-the role of food hygiene training in the UK service sector. *Hospitality Management*. 2006; 25: 278-296.

Sanitarni inženir v vlogi preprečevanja in obvladovanja bolnišničnih okužb

Sanitary engineer in the context of prevention and control of healthcare-associated infections

Alenka **PETROVEC KOŠČAK**¹, Mojca **NOVAK**², Rok **FINK**³,
Natalija **ČULK**⁴, Vera **OVSENEK**⁵, Jelena **FICZKO**³,
Mojca **JEVŠNIK**^{3*}

POVZETEK

V članku so prikazana in pojasnjena področja dela sanitarnega inženirja glede preprečevanja in obvladovanja bolnišničnih okužb v Sloveniji. Predstavljena je pristojnost Zdravstvenega inšpektorata RS in ugotovitve inšpekcijskih pregledov na obravnavanem področju za obdobje treh let (2011 – 2013). Sanitarni inženir si je skozi leta pridobil enakovredno mesto kot član zdravstvenega tima pri preprečevanju in obvladovanju bolnišničnih okužb in ima pomembno vlogo pri razvoju obravnavanega področja danes. V prihodnosti bo izziv vsem izvajalcem programa preprečevanja in obvladovanja bolnišničnih okužb, vključno s sanitarnimi inženirji, razvijanje izboljšanih pristopov z vidika zagotavljanja varnosti za paciente. Novi pristopi vključujejo oziroma bodo vključevali nadgradnjo nadzora, vključno s standardnimi postopki preprečevanja okužb povezanih z zdravstvom, boljši izobraževalni sistem zaposlenih in zadostno in ustrezno informiranost pacientov. Vlagati bo potrebno v primerne raziskave in inovacije z namenom ustreznega razumevanja epidemiologije in patogeneze novo porajajočih se nalezljivih bolezni in odpornih mikroorganizmov. Posledično je čas za razvoj novih metod dela v diagnostiki, farmacevtski industriji in pripravi novih zdravil in cepiv.

Ključne besede: preprečevanje bolnišničnih okužb, zakonodaja, nadzor, trendi

ABSTRACT

In this paper we discuss about the scope of sanitary engineering regarding the prevention and control of healthcare-associated infections in Slovenia. The jurisdiction of the Health Inspectorate and the findings of inspection in this field for a period of three years (2011-2013) are presented. The profile of sanitary

Received: 1. 10. 2014

Accepted: 6. 11. 2014

¹ Splošna bolnišnica Celje
Oblakova ulica 5, 3000 Celje, Slovenija

² Univerzitetna Klinika za pljučne bolezni in
alergijo Golnik
Golnik 36, 4204 Golnik, Slovenija

³ Univerza v Ljubljani,
Zdravstvena fakulteta,
Oddelek za sanitarno inženirstvo
Zdravstvena pot 5, 1000 Ljubljana,
Slovenija

⁴ Univerzitetni klinični center Ljubljana
Zaloška cesta 2, 1000 Ljubljana,
Slovenija

⁵ Zdravstveni inšpektorat Republike
Slovenije
Vožarski pot 12, 1000 Ljubljana,
Slovenija

* *Corresponding author*
dr. Mojca Jevšnik
Univerza v Ljubljani,
Zdravstvena fakulteta,
Oddelek za sanitarno inženirstvo
Zdravstvena pot 5, 1000 Ljubljana,
Slovenija
mojca.jevšnik@zf.uni-lj.si

engineer has gained an equal place in the prevention and control of hospital acquired infections and plays an important role in the development of the field today. In the future, the challenge for all included of the program of prevention and control of hospital acquired infections, will be development and improvement of approaches in terms of providing safety for patients. New approaches include or will include upgrading control, including standard procedures to prevent infections, better education system and sufficient informed patients. We will need to invest in appropriate research and innovation with a view to a proper understanding of the epidemiology and pathogenesis of newly emerging infectious diseases and resistant microorganisms. Consequently development of new methods in diagnostics, the pharmaceutical industry and the preparation of new vaccines will be future needs.

Key words: prevention of healthcare-associated infections, legislation, inspection, novelty

UVOD

Bolnišnične okužbe (BO) ali okužbe povezane z zdravstvom so boleznijo oziroma patološke spremembe, do katerih je prišlo pri pacientovi izpostavitvi zdravstveni oskrbi. Sem spadajo BO, okužbe pri pacientih v negovalnih ustanovah, ustanovah za dolgotrajno oskrbo, okužbe pri pacientih, ki potrebujejo stalno ambulantno oskrbo (dializa, kemoterapija) ali potrebujejo stalno medicinsko oskrbo na domu [1].

Po podatkih Svetovne zdravstvene organizacije (SZO) so BO najpogostejši neželeni dogodek v zdravstveni oskrbi po svetu [2]. Po letu 2007 je Evropska unija (EU) resno pristopila k reševanju problema BO. Po ocenah iz leta 2011 in 2012 je imelo v času raziskave v EU 5,7 % hospitaliziranih pacientov vsaj eno BO. Po njihovih ocenah predstavlja to letno 4,1 milijona pacientov in 37.000 smrti. Najpogostejše BO so pljučnice in okužbe spodnjega respiratornega trakta, okužbe kirurških ran, okužbe urinarnega trakta in okužbe krvožilja. Pomembno tveganje za javno zdravje predstavlja tudi mikrobna odpornost, ki se večja povsod po Evropi [3].

Preprečevanje BO ima v Sloveniji dolgo tradicijo. Na Ministrstvu za zdravje Republike Slovenije (MZ RS) so oblikovali Nacionalno strategijo za kakovost in varnost v zdravstvu ter opredelili kazalnike kakovosti. Problematika BO predstavlja pomemben vidik varnosti in kakovosti obravnave pacientov. Kakovost merimo z določenimi kazalniki, med katerimi se za področje BO že dalj časa uporablja kazalnik kolonizacije s proti meticilinu odpornem *Staphylococcus aureus* (MRSA). Z letom 2014 je uveden še dodatni kazalnik kakovosti, ki meri doslednost izvajanja higijene rok [4].

Pravilnik o pogojih za pripravo in izvajanje programa preprečevanja in obvladovanja BO določa, da je za delo na tem področju lahko imenovan tudi sanitarni inženir [5]. Vključen je v epidemiološko spremljanje BO, doktrino izvajanja vseh diagnostičnih, terapevtskih, negovalnih in ostalih postopkov, sterilizacijo, dezinfekcijo, čiščenje in ravnanje z odpadki, doktrino ravnanja s pacienti, zdravstvenimi delavci in sodelavci z okužbami, pripravlja in izvaja program zaščite zdravstvenih delavcev in zdra-

vstvenih sodelavcev na delovnih mestih ter program usposabljanja zdravstvenih delavcev in drugih zaposlenih [5]. Sanitarni inženir se aktivno vključuje tudi v ostala področja, ki jih zajema omenjeni pravilnik (npr. opremljenost umivalnih mest z opremo in pripomočki za higieno rok, osebna zaščitna sredstva, prostori in opremo za izolacijo pacientov, oskrbo z zdravstveno ustrezno pitno vodo, preskrbo z zdravstveno ustreznimi živili, prostorsko ureditev z ločitvijo čistih in nečistih poti, ravnanje s perilom).

NOVI TRENDI NA PODROČJU PREPREČEVANJA IN OBVLADOVANJA BOLNIŠNIČNIH OKUŽB

Preprečevanje okužbe je najučinkovitejši ukrep obvladovanja bolezni, ki so povezane z diagnostiko, terapijo ali rehabilitacijo v zdravstvenih ustanovah. V nekaterih zdravstvenih ustanovah [6] so zamejili BO s skrajševanjem bolnišničnega zdravljenja in z radikalnimi ukrepi pri čiščenju prostorov in najskrbnejšim razkuževanjem rok osebja. Kelly in Monson [7] poročata, da zmanjšanje zasedenosti ležišč na 85 % pomembno zmanjša možnost prenosa okužbe. V prvem koraku preventive je potrebno preprečiti kolonizacijo mikroorganizmov na površine, ki prihajajo v direkten ali indirekten stik s pacientom. Ustrezne tehnike čiščenja z uporabo čistilnih sredstev na osnovi oksidacijskih procesov predstavljajo temelj bolnišnične higiene [8]. V kolikor so se mikroorganizmi na površini že pojavili, je potrebno izbrati dezinfekcijsko sredstvo, ki ima nizko stopnjo rezistence ter ne predstavlja tveganja za zdravje pacientov ali osebja [9].

Kramer in sodelavci [10] so z meta-analizo ugotovili, da večina Gram pozitivnih bakterij kot so *Enterococcus* spp., *S. aureus* ali *S. pyogenes* preživijo na suhih površinah tudi več mesecev. Podobno velja za Gram negativne bakterije, kot na primer *Acinetobacter* spp., *E. coli*, *Klebsiella* spp., *P. aeruginosa*. Le nekaj vrst, kot so *Bordetella pertussis*, *Haemophilus influenzae* in *Vibrio cholerae*, preživijo na koloniziranih površinah le nekaj dni. Tako lahko v zadnjih letih zaznamo uporabo dezinfekcijskih sredstev na osnovi chitosana, kvarternih amonijevih spojin in encimov, ki so varnejša in učinkovitejša v primerjavi s klasičnimi razkužili [11-14].

Obvladovanje BO mora biti smiselno in usmerjeno k vzroku za nastanek okužb. Ukrepi morajo učinkovito zmanjševati ne le število mikroorganizmov na predmetih in pacientu, ampak tudi število dejanskih okužb v zdravstveni ustanovi [15]. Številne študije poudarjajo pomen higiene rok, saj so roke rezervoar in vektor mnogih povzročiteljev BO [16-18]. Raziskava Inweregbu in sodelavcev [19] je pokazala, da je neustrezna higiena rok vzrok za 40 % BO. Zanimivo je, da avtorji v novejših raziskavah izpostavijo umivanje rok kot najučinkovitejši ukrep zmanjševanja mikroflore na površini kože [20-22]. Poleg uporabe običajnega mila in vode nekatere raziskave navajajo veliko učinkovitost mil z dodanim klorheksidinom in triklosanom [23-24]. V Slovenskem bolnišničnem okolju se od leta 1999 poudarja pomen razkuževanja rok za preprečevanje BO.

V prihodnosti bo razvoj preprečevanja BO osredotočen predvsem na:

- omejevanje prenosa mikroorganizmov med pacienti z ukrepi, kot so razkuževanje rok, smiselna uporaba rokavic in drugih zaščitnih sredstev, uporaba aseptičnih tehnik, strategija izolacije pacientov in ravnanje s perilom ter odpadki;
- zaščito pacientov s profilaktično terapijo, prehrano in cepljenje;
- omejevanje endogenih infekcij z uporabo minimalnih invazivnih posegov;
- preventivo okužb med osebjem;
- spodbujanje ustrezne doktrine v zdravstvenih ustanovah in kontinuirano izobraževanje zaposlenih, pacientov in svojcev [44].

Ukrepi obvladovanja BO bodo uspešni le, če zdravstvena ustanova razvije tudi doktrino izvajanja vseh diagnostičnih, terapevtskih in drugih postopkov, predvsem pa o sterilizaciji, dezinfekciji, čiščenju in ravnanju z odpadki. Zelo pomembne so tudi doktrine ravnanja s pacienti, program zaščite zdravstvenih delavcev ter program njihovega usposabljanja. Ne nazadnje morajo biti urejeni tudi ustrezni tehnični pogoji ter redno izvajanje notranjega in zunanega nadzora [15].

PREDSTAVITEV PODROČIJ DELA SANITARNEGA INŽENIRJA NA PODROČJU BOLNIŠNIČNIH OKUŽB V UKCL

Vloga diplomiranega sanitarnega inženirja v Univerzitetnem kliničnem centru Ljubljana (UKCL) se je skozi obdobje obstoja zavoda spreminjala, v zadnjih letih pa izjemno razširila na različna področja. Zgodovina delovanja diplomiranih sanitarnih inženirjev v UKCL sega v leto 1977, ko so na določenih oddelkih in službah zaznali potrebo po tem profilu. Najprej so zaposlili višjo sanitarno tehnico na Kliničnem oddelku za otroško kirurgijo in intenzivno terapijo. Njeno področje dela je bilo predvsem urejanje higiensko-epidemiološkega stanja, vodenje čistilne ekipe, področje razkuževanja in sterilizacije ter koordiniranje vseh vzdrževalnih del s pristojnimi službami. Tudi v Službi bolniške prehrane in dietoterapije UKCL ter v Mestni otroški bolnišnici na Vrazovem trgu v Ljubljani, se je pokazala potreba po kadru z ustreznim znanjem na sanitarnem področju. Kirurška klinika v Ljubljani je na svojih najzahtevnejših enotah (t.j. Centralni operacijski blok in Center za intenzivno terapijo) imela od začetka delovanja osebo, ki je delovala kot "higienik". Kmalu so mesto higienika nadomestili višji sanitarni tehniki, ki so opravljali dela in naloge na higiensko-epidemiološkem področju.

UKCL je bila prva bolnišnica v Sloveniji, ki je leta 1982 uvedla program preprečevanja in obvladovanja BO. Dve leti kasneje se je izobraževala prva generacija medicinskih sester in sanitarnih inženirjev na podiplomskem izobraževanju "Bolnišnična higiena" na Medicinski fakulteti Univerze v Ljubljani. Leta 1994 je bil ustanovljen kolegij higienikov, medicinskih sester in sanitarnih inženirjev UKCL v skladu s Pravilnikom o pogojih za pripravo in izvajanje programa preprečevanja in obvladovanja bolnišničnih okužb [5].

Danes je v UKCL zaposlenih več diplomiranih sanitarnih inženirjev, ki so zaposleni na najzahtevnejših oddelkih in službah (npr. klinični oddelki, oskrbovalne službe, služba bolniške prehrane in dietoterapije, služba za varnost in zdravje pri delu – varstvo okolja, služba za preprečevanje BO, kirurška klinika – glavni higienik itd.).

Sanitarni inženirji (večina s podiplomskim tečajem Bolnišnična higiena) so danes v UKCL zaposleni na področju varstva okolja, v oskrbovalnih službah UKCL (npr. Centralna sterilizacija, Centralna kurirska in gospodinjska služba, Služba za higieno prostorov in opreme itd.), v Službi za higieno prostorov in opreme (npr. vodenje in nadzor čiščenja in razkuževanja prostorov, izvajanje Programa za preprečevanje Legioneloz v UKCL, vodenje enote "Posteljna postaja", uvajanje standardov in navodil iz svojega področja, sodelovanje pri izvajanju projektov v zvezi s higieno rok v UKCL, izvajanje in koordinacija študijske prakse itd.). V okviru Tehnično – vzdrževalnih služb UKCL deluje diplomiran sanitarni inženir pri preskrbi s pitno vode (vzorčenje pitne vode, sodeluje in koordinira pri izvajanju pregrevanja sistema, sodeluje pri izvajanju programa za preprečevanje Legioneloz v UKC Ljubljana). Vidno vlogo v sistemu preprečevanja BO ima diplomiran sanitarni inženir, ki deluje v Službi za preprečevanje BO s številnimi nalogami, ki vključujejo higiensko-epidemiološko problematiko, izobraževalno in svetovalno dejavnost, sodelovanje pri pripravi in oceni projektov, raziskovalno dejavnost, pripravo pisnih dokumentov in številna druga opravila [26-27].

PRISTOJNOST ZDRAVSTVENEGA INŠPEKTORATA RS NA PODROČJU PREPREČEVANJA IN OBVLADOVANJA BOLNIŠNIČNIH OKUŽB

Zdravstveni inšpektorat RS deluje kot organ v sestavi Ministrstva za zdravje. Vsebino in obseg njegovega dela določa Zakon o zdravstveni inšpekciji [28], ki določa, da zdravstvena inšpekcija opravlja zaradi varovanja javnega zdravja inšpekcijski nadzor nad izvajanjem zakonov in drugih predpisov, ki med drugim urejajo:

- področje nalezljivih bolezni;
- minimalne sanitarno zdravstvene pogoje v javnih zdravstvenih zavodih, pri pravnih in fizičnih osebah, ki opravljajo zdravstveno dejavnost ter na področju sociale (negovalni oddelki);
- ravnanje z odpadki, ki nastanejo pri opravljanju zdravstvene dejavnosti.

Na področju preprečevanja in obvladovanja BO vsebino in obseg nadzora določa še Zakon o nalezljivih boleznih [29] s podzakonskimi akti.

Zakon o nalezljivih boleznih

Ta zakon določa nalezljive bolezni, ki ogrožajo zdravje prebivalcev RS in BO, ki nastanejo v vzročni povezavi z opravljanjem zdravstvene dejavnosti ter predpisuje ukrepe za njihovo preprečevanje in obvladovanje. Zakon o nalezljivih boleznih določa ukrepe za preprečevanje in obvladovanje BO. Vsaka pravna ali fizična oseba, ki opravlja zdravstveno dejavnost mora izvajati program preprečevanja in obvladovanja BO.

Program preprečevanja BO mora obsegati naslednje elemente:

- Epidemiološko spremljanje BO,
- Doktrino izvajanja vseh diagnostičnih, terapevtskih, negovalnih postopkov,
- Doktrino sterilizacije, čiščenja in ravnanja z odpadki,
- Doktrino ravnanja s pacienti, zdravstvenimi delavci in sodelavci z okužbami,
- Program zaščite zdravstvenih delavcev in sodelavcev na delovnih mestih,
- Program usposabljanja zdravstvenih delavcev.

Na podlagi Zakona o nalezljivih boleznih so bili izdani še drugi podzakonski akti [30-31], ki natančneje opredeljujeta ukrepe za preprečevanje in obvladovanje nalezljivih bolezni in BO.

Pravilnik o pogojih za pripravo in izvajanje programa preprečevanja in obvladovanja bolnišničnih okužb in Pravilnik o dopolnitvah Pravilnika o pogojih za pripravo in izvajanje programa preprečevanja in obvladovanja bolnišničnih okužb

Pravilnik določa minimalne strokovne, organizacijske in tehnične pogoje za pripravo in izvajanje programa preprečevanja in obvladovanja BO ter natančneje opredeljuje vrsto pisnih pravil za pripravo in izvajanje programa preprečevanja in obvladovanja BO (v nadaljevanju Program).

Pravilnik določa, da mora imeti bolnišnica imenovanega zdravnika za obvladovanje BO (ZOBO), medicinsko sestro za obvladovanje BO (SOBO) ter komisijo za obvladovanje BO (za ostale izvajalce zdravstveni dejavnosti ni predpisano). Pravilnik predpisuje tudi njihove naloge.

Predpisuje pripravo navodil za spremljanje BO, diagnostičnih, terapevtskih in negovalnih postopkov z večjim tveganjem okužb in higieno rok, pisna pravila za izvajanje sterilizacije, dezinfekcije, čiščenja in ravnanja z odpadki (skladno z Uredbo o ravnanju z odpadki, ki nastajajo pri opravljanju zdravstvene in veterinarske dejavnosti ter z njima povezanih raziskavah), vrste izolacijskih ukrepov pri pacientih, način obveščanja ob epidemiji BO, trajanje odstranitve zdravstvenih delavcev z delovnega mesta v času okužbe ali stiku z okuženo osebo. V skladu z določili letnega imunizacijskega programa imunoprofilakse in kemoprofilakse morajo imeti izvajalci zdravstvene dejavnosti pisna pravila, ki določajo cepljenja, potrebna za delavce na posameznih delovnih mestih ter indikacije za imuno in kemoprofilakso, imeti pa morajo tudi pisna navodila za ukrepe ob izpostavljenosti okužbam (incident) ter vrsto osebnih zaščitnih sredstev in njihovo uporabo. Vsi zdravstveni delavci se morajo tudi usposabljanje o načinih preprečevanja in obvladovanja BO (imeti morajo program usposabljanja).

Pravilnik o dopolnitvah Pravilnika določa, da Program v bolnišnicah vključuje tudi program smotrne rabe in spremljanje porabe protimikrobnih zdravil. Bolnišnica mora imeti smernice o smotrni rabi protimikrobnih zdravil ter mora voditi porabo protimikrobnih zdravil elektronsko.

Za izvajanje Programa morajo vsi izvajalci zdravstvene dejavnosti zagotoviti predpisane minimalne tehnične pogoje, med drugim morajo zagotoviti prostorsko ureditev z ločitvijo čistih in nečistih postopkov in poti ter preskrbo z zdravstveno ustrezno pitno vodo.

Zdravstveno ustrezna pitna voda mora biti zagotovljena v skladu s Pravilnikom o pitni vodi [32] ter na njegovi podlagi izdanimi navodili in priporočili, ki jih je izdal Nacionalni Inštitut za javno zdravje (NIJZ). Za namen preprečevanja razmnoževanja legionel v internem vodovodnem omrežju in za odpravo vzrokov neskladnosti zaradi internega vodovodnega omrežja je NIJZ izdal Priporočila za preprečevanje razmnoževanja legionel v internem vodovodnem omrežju ter Priporočila lastnikom objektov za vzdrževanja hišnega vodovodnega omrežja.

Tako mora imeti izvajalec zdravstvene dejavnosti v Programu opredeljene ukrepe za zagotavljanje zdravstveno ustrezne pitne vode v objektu (npr. ukrepe po posegih v interno vodovodno omrežje, ukrepe za preprečevanje razmnoževanja legionel v internem vodovodnem omrežju, ...). V javnih objektih je namreč po določilih 9. člena Pravilnika o pitni vodi neskladnosti v pitni vodi zaradi hišnega vodovodnega omrežja dolžan odpraviti lastnik ali upravljavec javnega objekta.

Vloga Zdravstvenega inšpektorata

Zdravstvena inšpekcija preverja, ali pravne in fizične osebe, ki opravljajo zdravstveno dejavnost imajo (z vsemi predpisanimi elementi) in izvajajo program preprečevanja in obvladovanja BO in če imajo za njegovo izvajanje zagotovljene minimalne tehnične pogoje: izvajanje postopkov v skladu s pisnimi navodili, ki jih izvajalec zdravstvene dejavnosti mora imeti v Programu preprečevanja in obvladovanja BO.

Zakon o nalezljivih boleznih v poglavju kazenskih določb določa globo za prekršek, če pravna ali fizična oseba ne pripravi ali ne izvaja programa preprečevanja in obvladovanja BO, prav tako pa tudi za zdravstvenega delavca ali sodelavca, če ne izvaja programa preprečevanja in obvladovanja BO.

Pravilnik o prijavi nalezljivih bolezni in posebnih ukrepih za njihovo preprečevanje in obvladovanje

Ta pravilnik nalezljive bolezni, zaradi katerih se izvajajo splošni in posebni ukrepi za njihovo preprečevanje in obvladovanje, glede na naravo in potrebe, razvrstijo v štiri skupine. Določa način prijavljanja nalezljivih bolezni in epidemij ter druge posebne ukrepe za njihovo obvladovanje (izolacija, obvezno zdravljenje). Obvezno je zdravljenje pacientov s kužno obliko TBC.

Zdravnik mora ob sumu ali postavitvi diagnoze nalezljive bolezni (sem sodijo tudi BO) le-to prijaviti pristojni območni enoti NIJZ (Nacionalni inštitut za javno zdravje) in sicer v roku, ki ga pravilnik za posamezno vrsto bolezni predpisuje. V primeru suma na epidemijo oziroma epidemije nalezljive bolezni ZZV določa ukrepe za obvladovanje epidemije in sodeluje pri njihovem izvajanju.

Vloga Zdravstvenega inšpektorata

ZIRS nadzira izvajanje obveznega prijavljanje nalezljivih bolezni: ali se prijavljajo, ali se prijavljajo časovno pravilno.

Zakon o nalezljivih boleznih v poglavju kazenskih določb določa tudi globo za prekršek, če zdravnik ne prijavi pristojni območni enoti NIJZ nalezljive bolezni, suma na nalezljivo bolezen ali epidemijo, epidemijo in izločanja v skladu s Pravilnikom o prijavi nalezljivih bolezni in posebnih ukrepih za njihovo preprečevanje in obvladovanje.

Uredba o ravnanju z odpadki, ki nastajajo pri opravljanju zdravstvene in veterinarske dejavnosti ter z njima povezanih raziskavah

Uredba o ravnanju z odpadki, ki nastajajo pri opravljanju zdravstvene in veterinarske dejavnosti in z njima povezanih raziskavah [33], ki je bila izdana na podlagi Zakona o varstvu okolja, določa obvezno ravnanje z odpadki iz zdravstva. Od povzročiteljev odpadkov iz zdravstva se zahteva ločeno odlaganje po vrsti odpadkov na mestu nastanka (odpadki iz zdravstva se ne smejo mešati z ostalimi odpadki), v ustrezne posode ali vreče, ustrezno označevanje posod oz. vreč, ustrezen transport oz. prenos odpadkov do zbiralnice odpadkov iz zdravstva, obvezno začasno skladiščenje vseh odpadkov iz zdravstva v zbiralnici odpadkov. Zdravstveni inšpektorat je pristojen za nadzor od mesta nastanka do začasnega skladiščenja, nadaljnje ravnanje pa je v pristojnosti nadzora Inšpektorata za okolje in prostor.

Vloga Zdravstvenega inšpektorata

ZIRS izvaja nadzor nad odlaganjem, notranjim prenosom/transportom, začasnim skladiščenjem (zbiralnica odpadkov) in vodenjem evidenc o nastajanju odpadkov iz zdravstva.

Izvajanje nadzora Zdravstvenega inšpektorata RS na področju preprečevanja in obvladovanja bolnišničnih okužb in ugotovitve inšpekcijskih pregledov

Inšpektorat uresničuje svoje poslanstvo varovanja javnega zdravja z rednimi in izrednimi inšpekcijskimi pregledi. Z inšpekcijskim pregledom se inšpektor neposredno na kraju samem prepriča o dejanskem stanju, o kršitvah zakonov in predpisov ter neizvršenih ukrepih.

V nadaljevanju so predstavljene ugotovitve inšpekcijskega nadzora na področju preprečevanja in obvladovanja BO za leta 2011, 2012 in 2013 po posameznih kontrolnih postopkih.

Leto 2011:

V letu 2011 [34] so bili inšpekcijski pregledi usmerjeni v zagotavljanja zdravstvene ustreznosti pitne vode v povezavi z izvajanjem preventivnih ukrepov za preprečevanje razmnoževanja legionel v internem vodovodnem omrežju, nadzor izvajanja sterilizacije, izolacijskih ukrepov pri pacientih, ravnanja z odpadki v zdravstvu in obvezno prijavljanja nalezljivih bolezni.

Pri nadzoru nad izvajanjem preventivnih ukrepov za preprečevanje razmnoževanja legionel v internem vodovodnem omrežju, kar se je preverjalo v bolnišnicah, domovih za starejše in v zdravstvenih domovih, je bilo največ neskladnosti ugotovljenih pri pomanjkljivi dokumentaciji, kar pomeni, da zavezanci niso imeli pripravljenih vseh navodil, shem internega vodovodnega omrežja in niso vodili vseh evidenc. Glede na navedeno so bile posledično ugotovljene neskladnosti tudi pri izvajanju preventivnih ukrepov po navodilih.

V zdravstvenih domovih je bil nadzor usmerjen še v izvajanje sterilizacije. Preverjala so se navodila za vrsto in način sterilizacije, ki jo zavezanec izvaja, pripravo inštrumentov in materiala za sterilizacijo, vrsto in način pakiranja ter kontrolo in vodenje evidenc sterilizacije. Največ neskladnosti je bilo ugotovljenih zaradi pomanjkljivih navodil.

Pri nadzoru izolacijskih ukrepov v domovih za starejše so se preverjala navodila glede vrste izolacijskih ukrepov pri pacientih glede poti prenosa okužb, zagotavljanje prostorov in opreme za izolacijo in izvajanje izolacije. Največ neskladnosti je bilo ugotovljeno zaradi pomanjkljivih navodil ali pomanjkljivega izvajanja.

Pri ostalih izvajalcih zdravstvene dejavnosti je bil nadzor usmerjen v prijavljanje nalezljivih bolezni, največ neskladnosti se je ugotavljalo pri vodenju evidenc primerov nalezljivih bolezni ter pri upoštevanju rokov prijavljanja nalezljivih bolezni, ki so določeni v predpisu.

Na področju ravnanja z odpadki iz zdravstva, kar se je preverjalo pri vseh izvajalcih zdravstvene dejavnosti, je bil nadzor usmerjen v odlaganje in začasno skladiščenje. Najpogosteje ugotovljeno neskladje je bilo ugotovljeno pri odlaganju odpadkov. Ugotovljeno je bilo mešanje komunalnih in zdravstvenih odpadkov ter infektivnih in ne-infektivnih odpadkov iz zdravstva, kar je v nasprotju z določbama, da se odpadki ne mešajo s seboj in da se odpadki iz zdravstva ne prepuščajo kot mešani komunalni odpadki, ter odlaganja odpadne embalaže (prazne steklovine) med odpadke iz zdravstva, kar je v nasprotju z določbo predpisa, ki določa, da se odpadna embalaža zbira ločeno od odpadkov iz zdravstva. Pri začasnem skladiščenju je bilo najpogosteje ugotovljeno, da zbiralnica odpadkov ni bila namenjena le skladiščenju odpadkov iz zdravstva, kot to določa predpis, ampak tudi začasnemu shranjevanju drugih odpadkov (odpadna embalaža, mešani komunalni odpadki). V letu 2011 so ugotavljali tudi neustrezno označevanje zbiralnice ter nezagotavljanje nedostopnosti nepooblaščenim osebam.

Leto 2012:

V letu 2012 [35] se je preverjalo ločevanje čistih in nečistih postopkov in poti v operacijskih prostorih, epidemiološko spremljanje BO, izvajanje preventivnih ukrepov za preprečevanje razmnoževanja legionel v internem vodovodnem omrežju, izvajanje izolacijskih ukrepov pri pacientih, prijavljanje nalezljivih bolezni in ravnanje z odpadki iz zdravstva.

Na področju bolnišnične dejavnosti so bili pregledi usmerjeni v ločevanje čistih in nečistih postopkov in poti v operacijskih prostorih in epidemiološko spremljanje BO. Bolnišnice morajo imeti v okviru Programa

preprečevanja in obvladovanja BO z navodili določen higienski režim v operacijskih prostorih, največ neskladnosti je bilo ugotovljenih zaradi neizvajanje le-teh oziroma zaradi pomanjkljivih navodil, zato je bilo posledično ugotovljeno neskladje križanja čistih in nečistih postopkov in poti. Analizirano je bilo epidemiološko spremljanje BO, kar je naloga in obveznost bolnišnic, ki morajo imeti v svojem Programu preprečevanja in obvladovanja BO tudi pisna navodila o načinu spremljanja bo, kar se izvaja z ozirom na prioritete, ki jih določi Komisija za obvladovanje BO bolnišnice. Ugotovljeno je bilo, da večina bolnišnic spremlja le BO, povzročene z odpornimi mikroorganizmi.

Zaradi ugotovljenih neskladnosti pri izvajanju preventivnih ukrepov za preprečevanje razmnoževanja legionel v internem vodovodnem omrežju in posledično pri zagotavljanju zdravstveno ustrezne pitne vode v domovih za starejše in zdravstvenih domovih, so bili tudi v letu 2012 inšpekcijski pregledi usmerjeni v preverjanje izvajanja teh ukrepov. Praviloma so zavezanci že izvajali večino preventivnih ukrepov, ugotavljale so se predvsem posamezne manjše neskladnosti (manjkajoča posamezna navodila, ni se vodila vsa evidenca, manjkajoča določitev posameznega korektivnega ukrepa). V domovih za starejše so bili pregledi ponovno usmerjeni tudi v izvajanje izolacijskih ukrepov. Tudi v tem letu je bilo največ neskladnosti ugotovljenih zaradi pomanjkljivih navodil ali neustreznega izvajanja, vendar pa se je delež neskladnosti zmanjšal.

Nadzor je bil enako kot v letu 2011 tudi v letu 2012 pri ostalih izvajalcih zdravstvene dejavnosti usmerjen v prijavljanje nalezljivih bolezni. Tudi v letu 2012 je bilo največ neskladnosti ugotovljenih pri vodenju evidenc primerov nalezljivih bolezni ter pri upoštevanju rokov prijavljanja nalezljivih bolezni.

Tako kot v letu 2011 je bil tudi v letu 2012 na področju ravnanja z odpadki iz zdravstva pri vseh izvajalcih zdravstvene dejavnosti nadzor usmerjen na odlaganje in začasno skladiščenje odpadkov iz zdravstva. Najpogosteje ugotovljeno neskladje je bilo odlaganja odpadne embalaže (prazne steklovine) med odpadke iz zdravstva. Ugotovitve inšpekcijskih pregledov so pokazale na izboljšanje stanja, kajti v letu 2011 je bilo poleg navedene neskladnosti, da se odpadki iz zdravstva mešajo z odpadno embalažo, ugotovljeno še mešanje komunalnih in zdravstvenih odpadkov ter infektivnih in ne-infektivnih odpadkov iz zdravstva. Pri začasnem skladiščenju je bila še vedno najpogosteje ugotovljena neskladnost, da zbiralnica odpadkov ni bila namenjena le skladiščenju odpadkov iz zdravstva, kot to določa predpis, ampak tudi začasnemu shranjevanju drugih odpadkov (odpadna embalaža, mešani komunalni odpadki), delež neskladnosti pa se je zmanjšal. V letu 2011 je bilo ugotovljeno tudi neustrezno označevanje zbiralnice ter nezagotavljanje nedostopnosti nepooblaščenim osebam.

Leto 2013:

V letu 2013 [36] se je preverjalo ločevanje čistih in nečistih postopkov in poti v operacijskih prostorih, izvajanje izolacijskih ukrepov pri pacientih, prijavljanje nalezljivih bolezni, izvajanje posebnih postopkov pri opravljanju zobozdravstvene dejavnosti (poudarek na vzdrževanju vo-

dnega omrežja zobozdravniškega stola) in ravnanje z odpadki iz zdravstva.

Tudi v letu 2013 so bili zaradi že v preteklih dveh letih ugotovljenih neskladnosti v domovih za starejše inšpekcijski pregledi ponovno usmerjeni v preverjanje izvajanja preventivnih ukrepov za preprečevanje in razmnoževanje legionel v internem vodovodnem omrežju. Navedena problematika je bila ugotovljena pri približno enakem deležu pregledov kot v letu 2012, hkrati pa je bil ugotovljen upad števila večjih neskladnosti.

V bolnišnicah je bil nadzor usmerjen v izvajanje izolacijskih ukrepov pri pacientih glede na poti prenosa okužb, pri vseh ostalih izvajalcih zdravstvene dejavnosti pa v izvajanje programa zaščite zdravstvenih delavcev na delovnih mestih – vrste osebnih zaščitnih sredstev in njihovo uporabo, izvajanje dezinfekcije in čiščenja prostorov in opreme ter pri zobozdravnikih izvajanje posebnih postopkov pri opravljanju zobozdravstvene dejavnosti (poudarek na vzdrževanju vodnega omrežja zobozdravniškega stola). Zdravstveni inšpektorji so pri izvajalcih zdravstvene dejavnosti, glede na nadzorovane vsebine, največkrat zabeležili neskladnosti pri pripravi in izvajanju posameznih navodil.

Ponovno je bilo analizirano prijavljanje nalezljivih bolezni, ugotovljene so bile enake neskladnosti kot v preteklih letih, odstotek neskladnosti pa je bil nižji.

Pri preverjanju ravnanja z odpadki v zdravstvu je bilo pri vseh izvajalcih zdravstvene dejavnosti najpogosteje ugotovljeno neskladje odlaganje odpadne embalaže (prazne steklovine) med odpadke iz zdravstva, še vedno so bile neskladnosti ugotovljene tudi pri začasnem skladiščenju odpadkov, še vedno je bilo najpogosteje ugotovljeno, da zbiralnica odpadkov ni namenjena le skladiščenju odpadkov iz zdravstva. Neskladnosti so bile ugotovljene tudi pri vodenju evidenc o nastajanju odpadkov iz zdravstva. Povzročitelj mora namreč voditi evidenco v obliki zbirke veljavnih evidenčnih listov v skladu s predpisom, ki ureja ravnanje z odpadki.

V primeru ugotovljenih neskladnosti so inšpektorji sorazmerno s težo kršitve ustrezno ukrepali, da se je zagotovilo zakonito stanje. Izrečeni so bili upravni (izdaja ureditvene odločbe v upravnem postopku oziroma izrek opozorila po Zakonu o inšpekcijskem nadzoru) in prekrškovni (izrek globe, opomina ali opozorila v skladu z Zakonom o prekrških) ukrepi.

IZZIVI ZA PRIHODNOST NA PODROČJU PREPREČEVANJA IN OBVLADOVANJA BOLNIŠNIČNIH OKUŽB

Področja preprečevanja in obvladovanja BO so smiselno vpeta v vsa področja dela v zdravstvenih ustanovah. Standardni in posebni postopki iz vsebine programa preprečevanja in obvladovanja so del vsakega navodila, smernic, standardnih operativnih postopkov (SOP) za delo. Priprava in izvedba celovitih navodil (ne samo kot vpetost v posamezna navodila) je za izvajalce zdravstvene dejavnosti obvezujoča že vse od leta 1999, ko je v veljavo vstopil Pravilnik o pogojih za pripravo in izvajanje programa preprečevanja in obvladovanja bolnišničnih okužb [5]. V začetnem obdobju je bilo potrebnega kar nekaj časa, da so se navodila

izdelala in uskladila s prakso, saj ni bilo izdelanih nobenih nacionalnih priporočil, obstajala so le navodila posameznih ustanov. Z objavo Strokovnih podlag in smernic za obvladovanje in preprečevanje okužb, ki so povezane z zdravstvom oziroma zdravstveno oskrbo [37] so pogoje in podlago za pripravo programa dobile vse zdravstvene organizacije. Pri pripravi ustreznih navodil so smiselno sodelovali tudi sanitarni inženirji. Nad izvajanjem programa obvladovanja BO skrbi zdravstveni inšpektorat [38] in Nacionalna komisija za obvladovanje BO (NAKOBO) pod okriljem MZ. Z aktivnimi nadzori so začeli v letu 2013. Do sedaj je bilo izvedenih 6 nadzorov, v oktobru in novembru leta 2014 sledita še dva. Poleg tega so vsebine programa vključene še v presojo različnih standardizacij in akreditacij (ISO 9001, DIAS, Joint Commission, itd.). Preko vseh sistemov nadzora (tudi notranjega) program ostaja aktualen in se, glede na ugotovljene priložnosti za izboljšavo in glede na novosti, ki se pojavljajo na tem področju, smiselno dopolnjuje ter obnavlja.

Prav novosti so tiste, ki stroko in strokovnjake, ki delujejo na tem področju, stalno vzpodbujajo, da hodijo v korak s časom. V prihodnosti obstaja kar nekaj izzivov, s katerimi se bo potrebno spopasti, da bodo metode in načini dela v sklopu preprečevanja in obvladovanja BO še vedno varni za pacienta. Kakovost v zdravstvu in njeno stalno izboljševanje je na področju preprečevanja BO stalna naloga [39]. Potreba po ustrezni klinični epidemiologiji in vzporednih programih preprečevanja in obvladovanja BO je vedno aktualna, saj se povečuje delež izven-bolnišničnih obravnav, novih invazivnih postopkov in tehnologij, obravnava pacientov postaja bolj kompleksna zaradi bremena širjenja odpornih mikroorganizmov [40].

V prihodnosti bo izziv vsem izvajalcem programa preprečevanja in obvladovanja BO, torej tudi sanitarnim inženirjem, ki delujejo na tem področju, razvijanje izboljšanih pristopov z vidika zagotavljanja varnosti za paciente, in sicer z nadgradnjo nadzora, vključujoč standardne postopke preprečevanja BO, bolje izobraženih zaposlenih in zadostno in ustrezno informiranih pacientov. Vlagati bo potrebno v raziskave in inovacije z namenom ustreznega razumevanja epidemiologije in patogeneze novo porajajočih se nalezljivih bolezni in odpornih mikroorganizmov. Posledično je čas za razvoj novih metod dela v diagnostiki, farmacevtski industriji in pripravi novih cepiv [41]. Izzivi se torej kažejo na naslednjih področjih dela:

- sledenje in obvladovanje pojavljanja novih odpornih povzročiteljev bolezni, povezanih z zdravstvom;
- izvajanje ustrezne politike in nadzora nad uporabo protimikrobnih sredstev;
- zmanjšanje števila BO;
- zagotavljanje ustrezne doslednosti pri higieni rok;
- vzpostavitev ustreznega (varnega) fizičnega okolja;
- vključevanje v raziskovalno delo na področju preprečevanja BO;
- zagotavljanje timskega dela / pristopa in nenehnega izobraževanja in izpopolnjevanja;
- vzpostavitev in izvajanje notranjih nadzorov, sistemov poročanja, povratnih informacij.

Sledenje in obvladovanje pojavljanja novih odpornih povzročiteljev BO

Obvladovanje širjenja (večkratno) odpornih mikroorganizmov v in med zdravstvenimi ustanovami so stalni izziv zaradi preprečevanja BO, povzročenih z njimi, težavnega zdravljenja z možnimi slabimi izidi (smrt pacienta) in povečanih stroškov. Zaradi vedno večjega deleža izven-bolnišničnih obravnav, demografskih sprememb prebivalstva in spremenjenih načinov oskrbe, je nujno tesno sodelovanje s tovrstnimi ustanovami. Preprečevanje in obvladovanje širjenja na karbapeneme odpornih Gram-negativnih patogenov, obvladovanje (MRSA), ter prenosov bakterije *Clostridium difficile* [41] so le eno od področij izzivov za prihodnost z vidika obvladovanja novih odpornih povzročiteljev BO.

Izvajanje ustrezne politike in nadzora nad uporabo protimikrobnih zdravil

Neodgovorna, pretirana uporaba protimikrobnih sredstev je povezana z razvojem in širjenjem odpornosti na ta sredstva, kar je postalo resno tveganje predvsem zaradi širjenja močno in večkratno odpornih mikroorganizmov ter dejstva, da industrija antibiotikov tega širjenja ne dohaja [41]. Potrebno bo nadaljevanje začelih aktivnosti za izboljšano in bolj obvladano predpisovanje ter uporabo antibiotične terapije. Zagotovljeno mora biti sodelovanje z mikrobiološkim laboratorijem z namenom sprotnega spremljanja protimikrobne odpornosti mikroorganizmov ter s kliniki z namenom prilagoditve terapije, zmanjšanja prekomerne uporabe tovrstne terapije ter izobraževanja in posredovanja informacij o varni protimikrobni praksi [40]. Ker večji delež uporabe protimikrobnih sredstev še vedno beležijo izven bolnišnic (torej na primarni ravni) [41], je potrebno zagotoviti sodelovanje in spremljanje predpisovanja antibiotične terapije tudi na tej ravni. Smiselno je razmisliti še o ustreznem informiranju pacientov kot uporabnikov predpisane terapije (v katerih primerih je terapija primerna, način doziranja in časovni interval jemanja predpisane terapije, ...).

Zmanjšanje deleža BO

BO predstavljajo javnozdravstveno in ekonomsko breme. Zabeležena prevalenca pacientov z vsaj eno BO v zadnjem letnem epidemiološkem poročilu ECDC (2013) v akutnih bolnišnicah variira glede na državo od 2,3 do 10,8 %, kar je približno 81.089 pacientov z vsaj eno BO na katerikoli dan v evropskih akutnih bolnišnicah [3]. Cilj ukrepov je zmanjšanje deleža BO z izvajanjem dobre prakse. Potrebna je zagotovitev dobrega elektronsko podprtega elektronskega spremljanja, analiziranja in poročanja. Vsega naštetega ni možno zagotoviti brez zadostnega števila usposobljenega kadra, ki deluje na področju preprečevanja in obvladovanja BO.

Zagotavljanje ustrezne doslednosti pri higieni rok

Ustrezna higiena rok (razkuževanje rok) je eden najpreprostejših in najučinkovitejših ukrepov za preprečevanje BO. Doslednost pri higieni rok kljub dolgoletni tradiciji (utemeljitelj Semmelweis) še vedno ni dovolj visoka – leta 2009 je bila npr. le 38,7 % [42]. Izobraževanje na tem po-

dročju je sicer na območju Slovenije pogosto, saj so v zadnjih dveh letih pod okriljem MZ RS potekale številne delavnice za promocijo pristopa SZO po principu "5 trenutkov za higieno rok". Izobraževali so se številni zdravstveni delavci in sodelavci (med njimi tudi sanitarni inženirji), ki v okviru svojih delovnih zadolžitev izvajajo opazovanja doslednosti izvajanja higiene rok. Harbarth in Pittet [43] navajata, da je promocijo higiene rok potrebno vključiti v nacionalno strategijo, kar je možno na osnovi ustreznih navodil, pripomočkov, metodologij. In prav to predstavlja strategija SZO, ki jo MZ RS podpira tudi s tem, da želi doslednost izvajanja higiene rok postaviti kot kazalnik kakovosti. Temelji so postavljeni, izzivi so v uveljavitvi strukturiranega, večplastnega pristopa, s katerim želimo doseči ustrezne rezultate. Za doseganje izboljšav na obravnavanem področju so v pomoč načela za higieno rok [44-45]. Pomembne so takojšnje povratne informacije in vključevanje pacientov pri spodbujanju zdravstvenih delavcev k doslednosti pri higieni rok [42].

Vzpostavitev ustreznega (varnega) fizičnega okolja

Prisotnost patogenih mikroorganizmov v okolju, kjer se križajo poti pacientov in zdravstvenih delavcev, lahko pod določenimi pogoji (dovzetnost pacienta, virulenca povzročitelja, način prenosa,...) pomeni tveganje za prenos in nastanek okužbe. Nekateri postopki, ki so prav tako del programa preprečevanja in obvladovanja BO, lahko ta tveganja zmanjšajo na minimum. Postopki čiščenja, dekontaminacije, razkuževanja, sterilizacije, ravnanja z odpadki itd. se stalno spreminjajo in razvijajo. Slediti moramo tem spremembam in postopkom dela, jih spremljati, vrednotiti in ukrepati ter jih, če je potrebno, pravočasno vpeljati v že obstoječe sisteme. Zahteve pacientov so vedno večje, zaželeni so visoki standardi higiene in vzdrževanja prostorov. Nadzori čiščenja presegajo okvire standardnega opazovanja, na voljo je vedno več različnih možnosti za izvedbo nadzorov, podprtih z izpopolnjenimi računalniškimi sistemi. Možnosti in izzivi so še na področju poenotenja ravnanja z odpadki iz zdravstva, v pripravi natančnih navodil za nadzor pitne vode s točno določenimi kriteriji in ukrepi, doslednega vključevanja v planiranje prenov, novogradenj, vzdrževalnih del s pripravo akcijskih planov itd.

Vključevanje v raziskovalno delo na področju preprečevanja BO

Spremljanje in nadzor BO preko epidemioloških modelov je postalo osnova dela v velikem številu zdravstvenih ustanov [43]. Usmerjene raziskave postajajo vse pomembnejši del programov obvladovanja in preprečevanja BO, saj bolj jasno določajo epidemiologijo BO. Naše želje so, da zagotovimo večjo varnost pacientov, po drugi strani pa smo primorani krčiti stroške, zato se bo morala tudi v prihodnosti bolnišnična epidemiologija vključevati v program BO.

Zagotavljanje timskega dela/pristopa in nenehnega izobraževanja in izpopolnjevanja

Preprečevanje BO je osebna odgovornost vsakega zaposlenega zdravstvenega delavca do pacientov, ostalih zaposlenih, obiskovalcev ter ne

nazadnje do samega sebe. Načeloma so vsi zaposleni seznanjeni z vplivom okužb in načinom preprečevanja le-teh, vendar pa naj bi bila sama postavitve programa z vsemi elementi načrtovanja, spremljanja, nadgrajevanja prepotrebno delo skupine, ki poleg članov Komisije za preprečevanje in obvladovanje BO (KOBO) zahtevajo vključitev vseh zaposlenih (npr. oblikovanje oddelčnih zdravstvenih delavcev - strokovnjakov na področju bolnišnične higijene, promotorjev higijene rok itd.). Sydnor in Perl [40] navajata, da je število epidemiologov in ostalih članov, ki bi tvorili ustrezne oziroma zadostne skupine za obvladovanje in preprečevanje BO še vedno premajhno. Nadaljnje usmeritve morajo biti usmerjene ne samo v širjenje in povečevanje števila članov v omenjenih timih, temveč tudi v nadgradnjo obstoječega znanja in izkušenj na posameznih področjih/segmentih bolnišnične higijene. S tega vidika je pomembna zagotovitev ustreznih učnih programov, možnosti podiplomskega izobraževanja z vsebinami bolnišnične higijene, specializacije, izpopolnjevanj tudi za profile, kot so sanitarni inženirji. S tako pridobljenim znanjem bi postali sanitarni inženirji bolj enakovredni člani timov, ki v zdravstvenih ustanovah delujejo na tem področju. Potrebe so tudi po vključitvi profila sanitarnega inženirja, strokovnjaka na tem področju, v inštitucije, kot so NAKOBO, skupine za pripravo smernic itd.

Vzpostavitev in izvajanje notranjih nadzorov, sistemov poročanja, povratnih informacij

Kontrolni mehanizmi imajo v zdravstvenih sistemih visoko prioriteto [46]. Na kakovost obravnave pacientov lahko odločilno vpliva urejenost področja bolnišnične higijene, še posebno usmerjenih dejavnosti za preprečevanje BO [47]. Izboljšave so možne le na osnovi merjenih dejstev, zato bo tudi v prihodnosti bistvenega pomena izdelava letnih planov notranjih nadzorov, katerih vsebine bodo smiselno vključene tudi v že obstoječe in novo nastajajoče kazalnike kakovosti, ki se obravnavajo pod okriljem MZ (kolonizacija z MRSA, katetrške okužbe krvi, poopertivne sepse, poškodbe z ostrimi predmeti, bolnišnična poraba protimikrobnih zdravil; higijena rok, ...) [4].

Priporočila SZO [25] navajajo, da je smiselno sisteme za nadzor nad BO integrirati v obstoječe bolnišnične informacijske sisteme (BIS). Integracijo je potrebno predvideti že v fazi načrtovanja BIS. V načrtovanje informacijskega sistema je zato potrebno vključiti osebje, zadolženo za obvladovanje BO. Če to fazo zaobidemo, BIS nima ustreznih modulov oz. komponent, ki bi zadovoljivo podpirale aktivnosti preprečevanja BO [48].

Ne glede na dobro dostopnost informacijskih podpor za zbiranje, spremljanje in analizo podatkov na področju BO, se v praksi pojavlja pomanjkanje ustreznih orodij. Informacijska podpora mora omogočati, da iz velike količine elektronskih podatkov, ki nastajajo na različnih virih v bolnišnici, odkrijemo podatke, ki kažejo na možno prisotnost BO in sprožijo ustrezna opozorila. Tehnologije podatkovnega rudarjenja, ki v množici podatkov odkrivajo pravila in vzorce in se uspešno uporabljajo na mnogih področjih, se uveljavljajo tudi na področju avtomatskega spremljanja kliničnih informacij in lahko podpirajo tudi odkrivanje in

identifikacijo povzročiteljev BO. Institucijam so že na voljo komercialni sistemi, ki temeljijo na tehnologijah podatkovnega rudarjenja in jih je mogoče povezati s sistemi elektronskega zdravstvenega zapisa in kliničnimi laboratorijskimi sistemi [48].

S tem bo lahko ustrezno ocenjena kakovost in varnost zdravstvene oskrbe ter stopnja izboljševanja v posamezni zdravstveni ustanovi, izvedena izdaja izrecnih priporočil, vključitev vseh zdravstvenih delavcev in sodelavcev na vseh stopnjah izboljševanja kakovosti, zagotovljeno zunanje priznanje kakovosti obravnave pacientov, povečano zaupanje javnosti in uporabnikov zdravstvenih storitev [47].

ZAKLJUČEK

Po Zakonu o nalezljivih boleznih ima vsakdo pravico do varstva pred nalezljivimi boleznimi in BO ter dolžnost varovati svoje zdravje in zdravje drugih pred temi boleznimi. Zato mora vsak izvajalec zdravstvene dejavnosti opravljati svojo dejavnost s ciljem preprečevanja in obvladovanja BO. Program preprečevanja in obvladovanja BO je obvezen dokument, predpisan z zakonom, namenjen preprečevanju in obvladovanju BO, biti mora pomoč izvajalcu zdravstvene dejavnosti, ki ga mora dosledno izvajati.

Iz predstavljenih ugotovitev inšpekcijskega nadzora v obdobju 2011–2013 na področju preprečevanja in obvladovanja BO izhaja, da je bilo največ neskladnosti ugotovljenih pri pripravi in izvajanju posameznih navodil, ki so obvezni del Programa preprečevanja in obvladovanja BO. Navodila so bila pogosto pomanjkljiva ali pa se postopki niso izvajali v skladu z napisanimi navodili. Se pa na podlagi primerljivih podatkov ugotavlja izboljšanje stanja na tem področju, saj se je število neskladnosti zmanjšalo oziroma se je zmanjšalo število večjih neskladnosti.

Izzivi, ki nam jih postavlja področje preprečevanja in obvladovanja BO, so številni in se med seboj prepletajo. Potrebno bo nadaljevanje ukrepov s sistemskim pristopom, saj z izvedbo aktivnosti na enem področju lahko pozitivno vplivamo tudi na spremembe na drugih področjih (smotrna raba antibiotikov – manj odpornosti, ustrezna doslednost pri higieni rok – manj prenosov itd.). Bistvenega pomena bo skrb za ustrezno izobražen kader, ki bo s svojim znanjem in izkušnjami kos vsem tem aktivnostim in ki bo v svoje delo smiselno vključeval tudi sodelavce, druge strokovnjake, javnost ter ne nazadnje pacienta, za katerega se z vidika varnosti izvajajo opisani postopki obvladovanja in preprečevanja BO.

Prihodnost razvoja področja preprečevanja in obvladovanja okužb povezanih z zdravstvom, bo temeljila na razvijanju izboljšanih pristopov z vidika zagotavljanja varnosti za paciente. Novi pristopi bodo nadgradili nadzor, vključno s standardnimi postopki preprečevanja okužb povezanih z zdravstvom, izboljšan bo način izobraževanja zaposlenih, poskrbljeno bo za zadostno in ustrezno informiranost pacientov. Vlagati bo potrebno v primerne raziskave in inovacije, z namenom ustreznega razumevanja epidemiologije in patogeneze novo porajajočih se nalezljivih bolezni in odpornih mikroorganizmov.

Zgodovina razvoja sanitarne stroke je tudi na področju BO prehodila pomembne korake, od ozko specifičnih nalog na področju obvladovanja in preprečevanja BO do razvejane skupine različnih strokovnjakov na področju higijene in epidemiologije. Pri poklicu sanitarni inženir prednjači multidisciplinarni pristop, timsko delo, sooblikovanje pomembnih pisnih dokumentov ter preventivnih ukrepov na higiensko-epidemiološkem in tehničnem področju ter raziskovalno in pedagoško delo.

Razvoj profila sanitarnega inženirja si je skozi leta razvoja pridobil enakovredno mesto z drugimi profili na področju preprečevanja in obvladovanja BO in ima pomembno vlogo pri razvoju obravnavanega področja danes.

LITERATURA

- [1] Lejko Zupanc T. Globalni pogled na problematiko okužb, povezanih z zdravstvom. *Med Razgl.* 2013; 52(S6): 5-10.
- [2] Allegranzi B, Bagheri Nejad S, Combescure C, et al. Report on the burden of endemic health-care-associated infection in developing countries: systematic review and meta-analysis. *The Lancet.* 2010; 377(9761): 228-241.
- [3] European Centre for Disease Prevention and Control. Annual Epidemiological Report 2013. Reporting on 2011 surveillance data and 2012 epidemic intelligence data. 2013. Stockholm: ECDC: 5-6, 209-217.
- [4] Ministrstvo za zdravje Republike Slovenije. Priročnik o kazalnikih kakovosti (internet). Ljubljana: Ministrstvo za zdravje Republike Slovenije; 2010 http://www.mz.gov.si/fileadmin/mz.gov.si/pageuploads/kakovost/kazalniki_kakovosti_dec_2010/Prirocnik_kazalniki_kakovosti.pdf (24. 9. 2014)
- [5] Pravilnik o pogojih za pripravo in izvajanje programa preprečevanja in obvladovanja bolnišničnih okužb, *Ur. List RS*, št. 74/1999.
- [6] Likar K, Bauer M. Izbrana poglavja iz higijene. 2006. Univerza v Ljubljani. Zdravstvena fakulteta; 148-158.
- [7] Kelly KN, Monson JRT. Hospital-acquired infections. *Surgery.* 2012; 30(12): 640-644.
- [8] Bennett JV, Jarvis WR, Brachman PS. Bennett & Brachman's Hospital Infections. 2007. Lippincott Williams & Wilkins, 3-25.
- [9] Singh G. Hospital Infection Control Guidelines: Principles and Practice. 2012. Jaypee Brothers Publishers; 41-66.
- [10] Kramer A, Schwebke I, Kampf G. How long do nosocomial pathogens persist on inanimate surfaces? A systematic review. *BMC Infect Dis.* 2006; 6: 1-8.
- [11] Hota B. Contamination, Disinfection, and Cross-Colonization: Are Hospital Surfaces Reservoirs for Nosocomial Infection? *Clin Infect Dis.* 2004; 39: 1182-1189.
- [12] Leceta I, Guerrero P, Ibarburu I. Characterization and antimicrobial analysis of chitosan-based films. *J Food Eng.* 2013; 116: 889-899.
- [13] Loontjens JA. Quaternary ammonium compounds. *Biomater Assoc Infect.* 2013; 379-404.
- [14] Molobela IP, Cloete TE, Beukes M. Protease and amylase enzymes for biofilm removal and degradation of extracellular polymeric substances (EPS) produced by *Pseudomonas fluorescens* bacteria. *Afr J Microb Res.* 2010; 4: 1515-1524.
- [15] Gubina M, Dolinšek M, Škerl M. Bolnišnična higijena. 2002. Medicinska fakulteta Univerza v Ljubljani; 103-128.
- [16] Al-hamad A, Maxwell S. How clean is clean? Proposed methods for hospital cleaning assessment. *J Hosp Infect.* 2008; 70: 328-334.

- [17] Boyce JM, Pittet D. Guidelines for hand hygiene in health care settings: recommendations of the Healthcare Infection Control Practices Advisory Committee and the HICPAC/SHEA/APIC/IDSA hand hygiene task force. *Infect Control Hosp Epidemiol.* 2002; 23: 3-40.
- [18] Erasmus V, Daha TJ, Brug H, et al. Systematic review of studies on compliance with hand hygiene guidelines in hospital care. *Infect Control Hosp Epidemiol.* 2010; 31: 283-294.
- [19] Inweregbu K, Jaysree D, Pittard A. Nosocomial infections. *Contin Educ Anaesth Crit Care Pain.* 2005; 5:14-17.
- [20] Salamaa MF, Jamala WY, Al Mousad H, et al. The effect of hand hygiene compliance on hospital-acquired infections in an ICU setting in a Kuwaiti teaching hospital. *J Infect Pub Health.* 2013; 6: 27-34.
- [21] Walker JT. The importance of decontamination in hospitals and healthcare. *Decont Hospital Healthcare.* 2014; 3-19.
- [22] Dancer SJ. Cleaning and decontamination of the healthcare environment. *Decont Hospital Healthcare.* 2014; 370-397.
- [23] Rosenthal VD, Guzman S, Safdar N. Reduction in nosocomial infection with improved hand hygiene in intensive care units of a tertiary care hospitals in Argentina. *Am J Infect Control.* 2005; 33: 392-397.
- [24] Rupp ME, Fitzgerald T, Puumala S. Prospective, controlled, cross-over trial of alcohol based hand gel in critical care units. *Infect Control Hosp Epidemiol.* 2008; 29: 8-15.
- [25] World Health Organization. Prevention of hospital-acquired infections. A practical guide. 2nd edition. 2002;30-38.
- [26] UKCL intranet SPOBO: Navodila UKCL za preprečevanje in obvladovanje bolnišničnih okužb <http://www.intranet.kclj.si/index.php?m=13&s=10&t=227&id=2811&d=0> (18. 9. 2014).
- [27] Interni akti UKCL. Ljubljana. 2010 – 2013.
- [28] Zakon o zdravstveni inšpekciji (Uradni list RS št. 59/2006 – UPB2).
- [29] Zakon o nalezljivih boleznih (Ur. l. RS št. 36/2006 - UPB1).
- [30] Pravilnik o pogojih za pripravo in izvajanje programa preprečevanja in obvladovanja bolnišničnih okužb (Ur. l. RS št. 74/99, 10/2011).
- [31] Pravilnik o prijavi nalezljivih bolezni in posebnih ukrepih za njihovo preprečevanje in obvladovanje (Ur. l. RS št. 16/99).
- [32] Pravilnik o pitni vodi (Ur. l. RS, št. 19/2004, 35/2004, 26/2006, 92/2006, 25/2009).
- [33] Uredba o ravnanju z odpadki, ki nastajajo pri opravljanju zdravstvene in veterinarske dejavnosti ter z njima povezanih raziskavah (Ur. l. RS, št. 89/2008).
- [34] Poročilo o delu Zdravstvenega inšpektorata RS. Zdravstveni inšpektorat RS. 2010.
- [35] Poročilo o delu Zdravstvenega inšpektorata RS. Zdravstveni inšpektorat RS. 2011.
- [36] Poročilo o delu Zdravstvenega inšpektorata RS. Zdravstveni inšpektorat RS. 2012.
- [37] Ministrstvo za zdravje Republike Slovenije. Strokovne podlage in smernice za obvladovanje in preprečevanje okužb, ki so povezane z zdravstvom oziroma zdravstveno oskrbo (internet). Ljubljana: Ministrstvo za zdravje Republike Slovenije; 2009. http://www.mz.gov.si/fileadmin/mz.gov.si/pageuploads/kakovost/str_smernice_okuzbe_feb_2010/MZ_Naslovnica_Smernice_2009.pdf (24. 9. 2014)
- [38] Pravilnik o strokovnem nadzoru izvajanja programa preprečevanja in obvladovanja bolnišničnih okužb (Ur. list RS, št. 92/2006 in 10/2011).
- [39] Pyrek KM. Infection Prevention Boosted by Quality Improvement Strategies. *Infect Control Today.* 2014; 18(3): 8-21.
- [40] Sydnor ERM, Perl TM. Hospital Epidemiology and Infection Control in Acute-Care Settings. *Clin Microbiol Rev.* 2011; 24(1): 141-173.

- [41] European Academies Science Advisory Council. Healthcare-associated infections: the view from EASAC. 2009; 1-5.
- [42] Matos T. Nova spoznanja na področju obvladovanja okužb, povezanih z zdravstvom. *Med Razgl.* 2013; 52(S6): 89-98.
- [43] Harbarth S, Pittet D. Infection Prevention Research in Europe: Recent Advances and Future Priorities. *Infect Control Hosp Epidemiol.* 2010; 31(S1): S11-S13.
- [44] Prosen M, Perme J. Higiena rok in nadzor higiene rok v povezavi s preprečevanjem okužb, povezanih z zdravstvom. *Med Razgl.* 2013; 52(S6): 161-65.
- [45] Lejko Zupanc T. Pomen higiene rok za preprečevanje bolnišničnih okužb. Zbornik 4. simpozija Katedre za temeljne vede: Okužbe, povezane z zdravstvom. 15. oktober 2013; Kranj. Jesenice: Visoka šola za zdravstveno nego Jesenice, 2013.
- [46] Gastmeier P, Bräuer H, Forster D, et al. A Quality Management Project in 8 Selected Hospitals to Reduce Nosocomial Infections: A Prospective, Controlled Study. *Infect Control Hosp Epidemiol.* 2002; 23(2): 91-97.
- [47] Tomič V. Bolnišnične okužbe v luči NIAHO standarda. Trajnostni razvoj na področju kakovosti in varnosti; povezava med akreditacijo in varno ter kakovostno obravnavo pacientov. 2012; 58-60.
- [48] Brian E, Dixon, JF, Jones, Shaun J, Grannis. Infection preventionists' awareness of and engagement in health information exchange to improve public health surveillance. *American Journal of Infection Control*, 2013; DOI:10.1016/j.ajic.2012.10.022

Vloga sanitarnih inženirjev pri vzpostavljanju boljših delovnih pogojev zaposlenih v vrtcu

The role of sanitary engineers in creating better working conditions for kindergarten employees

Branka STRAH¹, Teja KUMP², Katarina KACJAN ŽGAJNAR^{2*}

POVZETEK

Promocija zdravja na delovnem mestu predstavlja ciljne aktivnosti in ukrepe, ki jih delodajalec izvaja, da ohranjanja in krepi telesno ter duševno zdravje delavcev. Zakon o delovnih razmerjih (Ur. l. RS, št. 43/2011) v 32. členu delodajalca zavezuje, da mora promocijo zdravja na delovnem mestu načrtovati ter zanjo zagotoviti potrebna sredstva. To lahko zagotovi tudi tako, da imajo delavci ergonomsko urejeno delovno okolje, ki ga skupaj z ostalimi strokovnjaki načrtuje sanitarni inženir. Namen prispevka je na osnovi analize dveh vprašalnikov o počutju delavcev na delovnem mestu in razumevanju oziroma dojemljanju pomena ergonomije na njihovem delovnem mestu predlagati ukrepe. Vprašalnika so izpolnjevali zaposleni v vrtcu v osrednjeslovenski regiji leta 2014; prvega v mesecu februarju (N = 100) ter drugega v avgustu (N = 46). Izbrane spremenljivke smo analizirali glede na oceno delavcev o urejenosti delovnega okolja ter na starostno skupino in vrsto zaposlitve sodelujočih v raziskavi. Z analizo prvega vprašalnika smo ugotovili, da večina anketirancev svoje delo opisuje kot zanimivo, so s svojim delovnim mestom zadovoljni in so mnenja, da je varnost na delovnem mestu zagotovljena. Z analizo drugega vprašalnika se je izkazala statistično najbolj značilna povezava med poznavanjem pojma ergonomije in vrsto zaposlitve, med starostno skupino in željo po pogostosti predavanj o ergonomiji ter vrsto stola na delovnem mestu. Priporočila, pomembna za načrtovanje sprotnega izobraževanja, vključujejo tako promocijo zdravja kot ključne elemente ergonomije za opravljanje specifičnih delovnih nalog.

Ključne besede: promocija zdravja, delovno okolje, ergonomija, sanitarni inženir

ABSTRACT

Health promotion at the workplace represents targeted activities and actions carried out by the employer to maintain and improve physical and mental health of workers. Employment Relationship Act (No. 43/2011) in article 32

Received: 29. 9. 2014

Accepted: 6. 11. 2014

¹ Vzgojnovarstveni zavod Kekec Grosuplje
Trubarjeva cesta 15, 1290 Grosuplje,
Slovenija

² Univerza v Ljubljani,
Zdravstvena fakulteta,
Oddelek za sanitarno inženirstvo
Zdravstvena pot 5, 1000 Ljubljana,
Slovenija

* *Corresponding author*
mag. Katarina Kacjan Žgajnar
Univerza v Ljubljani,
Zdravstvena fakulteta,
Oddelek za sanitarno inženirstvo
Zdravstvena pot 5, 1000 Ljubljana,
Slovenija
katarina.kacjan@zf.uni-lj.si

obliges the employer for the promotion of workplace health plan and the necessary resources for it. This can be ensured by ergonomic working environment, which can be planned by sanitary engineer, together with other experts. Propose actions based on the analysis of two questionnaires on the welfare of workers in the workplace and understanding or perception of the importance of ergonomics in their workplaces. Questionnaires were filled by employees in the nursery field in the central region of Slovenia in 2014; first in February (N = 100) and the second in August (N = 46). The selected variables were analysed regard to working environment criteria, the age and type of employment involved in the study. The analysis of the first questionnaire shows that most of the respondents described their work as interesting, with their jobs, satisfied and believe that workplace safety is guaranteed. The analysis of the second questionnaire has proven to be the most statistically significant correlation between knowledge of the concept of ergonomics and type of employment between the age group and the frequency of lectures on ergonomics and the type of chair in the workplace. The recommendations relevant for planning the continuous education, involving health promotions as key elements of ergonomics to perform specific tasks.

Key words: health promotion, work environment, ergonomics, sanitary engineer

UVOD

Predno se vprašamo, ali smo dober delodajalec, ali svojim delavcem res vse nudimo, se moramo vprašati, kakšno delovno okolje jim zagotavljamo. Delodajalci so po Zakonu o delovnih razmerjih (Ur. l. RS, št. 43/2011) dolžni vzpostaviti program promocije zdravja na delovnem mestu in svoje zaposlene čim bolj usmeriti k njegovi realizaciji [1]. Da promocijo zdravja, kot zelo široki pojem pravilno razumemo, bomo v nadaljevanju prispevka predstavili nekaj teoretičnih izhodišč. Promocija zdravja je širok pojem, zato se bomo osredotočili na eno izmed njenih vej, to je ergonomijo in na pomen sanitarnega inženirja pri vzpostavljanju boljših delovnih pogojev na konkretnem primeru iz prakse.

Promocija zdravja na delovnem mestu

Najvišji nivo blagostanja v smislu zdravja pomeni optimalno delovanje človeka kot posameznika in družbe kot celote. Segment družbe predstavlja delovno okolje, v katerem človek preživi del svojega življenja.

Smotno, udobno in varno oblikovano delovno okolje olajša delo, ustvarja dobro počutje in zmanjšuje verjetnost napak in s tem poškodb [2]. Uspešna organizacija temelji na zdravih delavcih, ki delajo v spodbudnem okolju. Skupna prizadevanja delodajalcev, delavcev in družbe za izboljšanje zdravja in dobrega počutja na delovnem mestu, širše imenujemo promocija zdravja na delovnem mestu. To dosežemo s kombinacijo [3]:

- izboljšanja organizacije dela in delovnega okolja,
- spodbujanja delavcev, da sodelujejo pri aktivnostih, namenjenih boljšemu zdravju,
- omogočanja izbire zdravega načina življenja in
- spodbujanja osebnostnega razvoja.

Prednosti promocije zdravja na delovnem mestu so tako na strani delodajalca kot na strani delavcev, kar je prikazano v Tabeli 1.

Tabela 1:

Prednosti promocije zdravja na delovnem mestu [4]

| Prednosti na strani delodajalca | Prednosti na strani delavca |
|--|--|
| dobro vzpostavljeni programi za zagotavljanje varnosti in zdravja pri delu | varno in zdravo delovno okolje |
| pozitivna in skrbna podoba svojih delavcev | dobro psihofizično zdravje |
| dobro duševno in psihično zdravje delavcev | zmanjšano občutenje stresa |
| zmanjšanje fluktuacije zaposlenih | krepitev moralnih vrednot |
| zmanjšanje absentizma | večje zadovoljstvo pri delu |
| povečana produktivnost | boljša usposobljenost za krepitev in ohranitev zdravja |
| manjši stroški namenjeni zdravstvenemu varstvu delavcev | splošno zdravstveno stanje je boljše |
| manjše tveganje za vložitev tožb s strani delavcev | dobro počutje in s tem izboljšana kakovost življenja |

Kljub naštetim prednostim, zlasti na strani delavcev, je še vedno prisotna pomanjkljiva podpora in slabo sodelovanje v programih promocije zdravja na delovnem mestu [5].

Dobbins in sod. [6] zatrjujejo, da na vključevanje zaposlenih v programe promocije zdravja podpora organizacije kot jo zaznava delavec, sploh nima vpliva. Kaže pa, da ima velik pomen zaupanje [7], ki ga omogočajo diskretnost, razpoložljivost, pristojnost, konsistentnost, poštenost, integriteta, lojalnost, odprtost, vsesplošno zaupanje, izpolnjevanje obljub in dovezetnost za potrebe drugih [8].

Ergonomija na delovnem mestu

Na delovnem mestu je bistvenega pomena, da je le - to udobno in varno oblikovano, saj tako olajša delo, ustvarja dobro počutje in zmanjšuje verjetnost napak in s tem poškodb [2]. Zato je potrebno delovno mesto oblikovati tako, da se ugodne drže telesa menjujejo [9].

V delovnem okolju na delavčev organizem vplivajo fizični, kemični, biološki in psihološki dejavniki. Če sistem obremenitev – obremenjenost ni v ravnotežju, se pojavljajo utrujenost, bolniški stalež, poškodbe, poklicne bolezni, invalidnost in celo smrtnost [9,10]. Obremenjenosti so posledica obremenitev, a so modificirane glede na osebne dispozicije delavca, zato reakcije na iste obremenitve niso vselej enake. Delovne obremenitve naj ne bi prekoračevale meje, ki povzročajo zdravstvene okvare [11].

Prvi je definiral in uporabljal besedo "Ergonomija" poljski učenjak, filozof in naturalist Wojciech Jastrzebowski (1857). Opisal jo je kot "Znanost o delu", saj beseda ergonomija izhaja iz grških besed Ergon, ki pomeni delo in Nomos, ki pomeni načelo oz. zakon [12]. Ergonomija ima tako socialni kot ekonomski cilj, na eni strani omogoča zmogljivost, učinkovitost, kakovost in fleksibilnost, na drugi strani pa daje varnost, zdravje, udobje in zadovoljstvo [10]. Beseda "Ergonomija" se uporablja tudi kot sinonim za tehnični človeški faktor. Z ergonomsko ureditvijo delovnega mesta je potrebno delo čim bolj prilagoditi človekovim fizič-

nim in psihičnim lastnostim, ter zmanjšati oziroma preprečiti morebitne škodljive učinke na zdravje [13].

Vloga ergonomije je, da se opravlja delo v skladu z načeli varnosti in zdravja pri delu, zato je pomembno sodelovanje s strokovnjaki s številnih drugih področij: medicine dela, higijene dela, psihologije dela, proizvodnega inženiringa, proizvodnega managementa (upravljanja) in podobno [10, 14].

Za spremembo nepravilnih priučenih in zakoreninjenih vedenjskih navad, je odgovoren vsak posameznik sam. Dobra telesna drža v mirovanju in gibanju omogoča mišicam delovanje z najmanjšim naporom, varuje gibalne organe pred okvarami in poškodbami ter zagotavlja notranjim organom najboljši položaj. Telesno držo lahko zavestno nadzorujemo in popravljamo. Veliko lažje jo popravijo tisti, ki skrbijo za elastičnost in mišično moč telesa. Dolgotrajna slaba drža se težko popravi in povzroča degenerativne spremembe sklepov, vezi in mišic ter bolečine [15]. Faktorji, ki vplivajo na držo zaposlenih in posledično na zdravje imajo sinergistične vplive. Če so le ti negativni, vplivajo na neugodno počutje zaposlenih, pojavijo se bolečine v obremenjenih delih telesa, kar posledično vpliva na izostanke z dela [16]. Zato je treba vnaprej preprečiti ali se izogniti nevarnosti za poškodbo ali zdravstveno okvaro in zagotoviti, da se nihče na delovnem mestu ne bo poškodoval oziroma zbolel zaradi dela, ki ga opravlja [10].

Ustrezen delovni položaj telesa zagotavlja skladnost, učinkovitost in sproščenost telesa, odraža pa se v delovni učinkovitosti in ohranjanju telesne energije [17].

Vloga sanitarnega inženirja pri vzpostavljanju boljših delovnih pogojev zaposlenih

Poklic oziroma poslanstvo sanitarnega inženirja je zelo široko. V različnih dejavnostih se različno poimenuje njegova vloga. V vzgojno izobraževalni ustanovi, konkretno na področju predšolske vzgoje, že Zakon o vrtcih (Uradni list RS, št. 100/05, 25/08, 98/09, 36/10, 62/10, 94/10, 40/12) [18] organizatorja prehrane in zdravstveno higienskega režima vrednoti kot strokovnega delavca, ki opravlja vzgojno dejavnost. Pravilnik o normativih za opravljanje dejavnosti predšolske vzgoje (Uradni list RS, št. 27/14) pa za zasedbo tega delovnega mesta kot primerne kandidata opredeljuje tudi sanitarnega inženirja [19].

Sanitarni inženir pokriva široko strokovno-operativno področje dela z vlogo in nalogo izobraževanja zaposlenih, staršev in otrok ter izvajanja nadzora internih delovnih procesov skozi vizijo svetovalnega dela. Organizator prehrane in zdravstveno higienskega režima iz leta v leto povečuje svojo vlogo, kar vpliva na kompleksnost delovnega področja, ki posledično, a vztrajno, pridobiva na svoji interdisciplinarnosti.

Sanitarni inženir kot organizator prehrane in zdravstveno higienskega režima je strokovnjak, ki poglobljeno obvlada vsebine s področja zdravstva, prehrane, dietetike, epidemiologije, kemije, mikrobiologije, higijene živil, higijene dela, itd.

V okviru svojih del in nalog organizira in izvaja zdravstveni nadzor v prostorih in zunanjih površinah vrtca, načrtuje in vodstvu zavoda predlaga ukrepe za ustvarjanje razmer, ki privedejo do ohranjanja zdravja otrok kot tudi delavcev, kar določajo interni zakonski predpisi o sistematizaciji delovnih mest. Tako je poslanstvo sanitarnega inženirja privzgojiti skrb k ohranjanju in krepitvi zdravja.

Ne glede na strokovno avtonomnost področja dela organizatorja prehrane in zdravstveno higienskega režima je kljub temu potrebno izpostaviti dejstvo, da posameznik znotraj zavoda svoje delo lahko učinkovito in uspešno opravi le, če je izpolnjen pogoj medsebojnega sodelovanja z ostalimi strokovnimi službami oziroma zaposlenimi.

Sanitarni inženir je oseba, ki se z različnimi aktivnostmi (nadzor nad delom, opozarjanje delavcev na neprimerne gibe in držo telesa, spodbujanje k telesni aktivnosti tudi med delom, organizacija primernih usposabljanj za varno delo, sodelovanje s strokovnim delavcem za varstvo pri delu pri pripravi ocene tveganja, sodelovanje pri nabavah osnovnih sredstev za oddelke, upoštevanje ergonomskih načel pri nabavah osnovnih sredstev za kuhinje in pralnice, itd.) zavzema za izboljšanje, utrjevanje in ohranitev zdravja delavcev. Zavzema se za humanizacijo dela – prilagoditev dela delavcu in delavca delu. Kot primer lahko vzamemo povzetke mednarodnega projekta “Korak za korakom”, ki se je začel uvajati po letu 1994. Le-ta vzpodbuja, da vzgojitelj preživi daljši čas dela skupaj z otroki na tleh. Vloga vzgojnega osebja je, da igra “zadovoljevalca” [20]. Oprema v igralnici po tej metodologiji je namenjena izključno otrokom, vzgojitelja pa pušča na tleh ali v otroškem stolčku. Vse vzgojne pripomočke spušča v višino dosega otrok, ležalnike pa izven igralnic. Igralnica je opremljena s koticami, najpomembnejši je kotichek s preprogo.

Deloma težave vzgojiteljev zmanjšuje Pravilnik o normativih in minimalnih tehničnih pogojih za prostor in opremo vrtca (Uradni list RS, št. 73/00, 75/05, 33/08, 126/08, 47/10 in 47/13), saj poleg ostale opreme v igralnici predvideva tudi mizo in stol za vzgojitelja, ter umivalnik v višini vzgojiteljev v sanitarijah prvega starostnega obdobja [21].

Načrtovane posege in ravnanja pa mora strokovno utemeljevati (nakazati prednosti za prihodnost in pridobitve za posameznika ter celoten zavod) ter jih stalno proučevati, analizirati in izboljševati.

NAMEN

Namen raziskave je na osnovi počutja delavcev na delovnem mestu in njihovega razumevanja oziroma dojetja pomena ergonomije oblikovati ukrepe za izboljšanje stanja v delovnem okolju v vrtcih.

METODE

Vir podatkov za oceno dojetja zaposlenih v vrtcu o pomenu ergonomije pri delu sta dva anonimna vprašalnika. Prvi vprašalnik o počutju delavcev na delovnem mestu, so ga zaposleni izpolnjevali v februarju

2014 (N = 100). Drugi vprašalnik je bil izdelan posebej za potrebe te raziskave in je bil razdeljen med 46 zaposlenih na različnih delovnih mestih v vrtcu, avgusta 2014. Poudarek je bil na urejenosti delovnega mesta, načinu dvigovanja bremen in povezanosti ergonomije z zmanjševanjem tveganj za telesne okvare delavcev. Sodelovalo je 46 zaposlenih v vrtcu, od tega 11 tehničnih sodelavcev, 29 vzgojiteljic oz. pomočnic in 6 administrativnih delavcev.

Interpretacija rezultatov temelji na deležih kategorij znotraj posameznih spremenljivk, ločeno po starostni skupini in vrsti zaposlitve. Za vse deleže smo izračunali pripadajoči 95-odstotni interval zaupanja s Hi kvadrat testom. Za raven značilnosti smo določili vrednost statistične značilnosti $p \leq 0,05$.

REZULTATI IN RAZPRAVA

Tabela 2 prikazuje odgovore delavcev v vrtcu glede njihovega počutja na delovnem mestu. Iz rezultatov lahko razberemo, da se velik delež delavcev dobro počuti na delovnem mestu in so z njim zadovoljni. Rezultat izvedene ankete je primerljiv z do sedaj že izvedenimi anketami v slovenskih vrtcih, kjer so anketirani prav tako odgovorili, da so z delom ali delovno organizacijo zadovoljni oziroma zelo zadovoljni.

Na vprašanje, kakšno je njihovo delo, je tretjina anketiranih odgovorila, da se popolnoma strinjajo, da je delo zanimivo. Na podlagi ugotovitev lahko rečemo, da vzgojiteljice opravljajo delo, ki jih veseli in ne občutijo odpora do dela. Prav tako je skoraj tretjina odgovorila, da na delovnem mestu ne doživljajo nasilja ali drugih psihosocialnih tveganj, kar je bilo za tovrstno delo ali delovno organizacijo tudi pričakovano. Vzgojni kader večino svojega delovnika preživi med otroci in ima manj stika z ostalimi zaposlenimi.

Nekaj anketiranih (16 % – 27 %), se ni znalo povsem opredeliti glede mnenja o odnosih na delovnem mestu, kakšen je in kako je opremljen delovni prostor ter kako je s pohvalo oziroma nagrado za opravljeno delo. Iz odgovorov lahko razberemo, da v vrtcu manjka motivacijskih orodij s strani vodstva, kar velikokrat vodi do neproduktivnega in neuspešnega dela.

Največ negativnih trditev (3 %) smo dobili pri vprašanju, ali jih delodajalec podpira pri dodatnem usposabljanju. Če pogledamo še ostalo porazdelitev odgovorov lahko vidimo, da so ostali vprašani s podporo vodstva vrtca o dodatnem izpopolnjevanju bolj kot ne zadovoljni. Majhen odstotek negativnih rezultatov lahko naslonimo tudi na dejstvo, da je vrtec pri omogočanju izobraževanja svojim zaposlenim omejen z določenimi finančnimi sredstvi, zato vedno ni mogoče vsem le-tega omogočiti, kar vpliva tudi na nižjo iniciativo za izobraževanje zaposlenih na lastno pobudo.

Odgovori anketiranih o odnosih z zaposlenimi ali vodstvom so v večini enaki in sicer, da se strinjajo ali popolnoma strinjajo, da so dobri oziroma ustrezni. Odnosi med vodstvom in delavci so pomembni pri doseganju vizije in strategije zavoda, zato je pomembno, da je komunikacijski kanal obojestranski in ni zapletov pri vzpostavljanju kontakta iz obeh strani.

Glede na to, da je počutje delavcev na delovnem mestu povezano tudi z varnostjo delovnega mesta, so anketirani na vprašanje o varnosti na delovnem mestu v 56 % odgovorili, da se popolnoma strinjajo, da je varnost zagotovljena in v 35 %, da se strinjajo, da je zagotovljena. Dobra delovna klima in z njo povezana varnost omogočata delavcu, da svoje delo opravlja dobro. Predvsem v vzgojnih ustanovah je velik poudarek na zagotavljanju varnosti tako za zaposlene kot za otroke, ki predstavljajo ranljivo skupino prebivalstva. Če imamo na delovnem mestu prisotne dejavniki tveganja (bodisi fizikalne, kemijske ali biološke), lahko ogrozimo tudi zdravje otrok in ne samo zaposlenih.

Tabela 2:

Počutje delavcev na delovnem mestu v vrtcu, februar 2014 (N = 100)

| | Se sploh ne strinjam [%] | Se ne strinjam [%] | Se niti ne strinjam niti se strinjam [%] | Se strinjam [%] | Se popolnoma strinjam [%] |
|---|---------------------------|---------------------|---|------------------|----------------------------|
| Moje delo je zanimivo ... | 0 | 0 | 2 | 32 | 66 |
| Zadovoljen/-a sem s svojim delovnim mestom ... | 0 | 3 | 9 | 29 | 59 |
| Odnosi med vsemi zaposlenimi so dobri ... | 1 | 6 | 23 | 40 | 30 |
| Z delom vodstva sem zadovoljen ... | 2 | 1 | 16 | 42 | 39 |
| Delovi prostor je primeren ... | 2 | 4 | 23 | 32 | 39 |
| Opremljenost delovnega mesta je dobra ... | 0 | 2 | 23 | 42 | 33 |
| Varnost na delovnem mestu je zagotovljena ... | 1 | 0 | 8 | 35 | 56 |
| Delovni čas mi ustreza ... | 1 | 3 | 12 | 36 | 48 |
| Odnos z neposredno nadrejeno osebo je ustrezen ... | 2 | 2 | 4 | 34 | 58 |
| Odnosi z neposrednimi sodelavci so dobri ... | 1 | 1 | 3 | 44 | 51 |
| V delovnem okolju ne zaznam mobbinga ... | 2 | 3 | 7 | 34 | 54 |
| Na delovnem mestu ne doživljam nasilja ali druga psihosocialna tveganja od tretjih oseb ... | 2 | 1 | 6 | 24 | 67 |
| Za dobro opravljeno delo sem pohvaljen, nagrajen ... | 1 | 5 | 27 | 39 | 28 |
| Vrtec me podpira pri dodatnem izobraževanju ... | 3 | 3 | 11 | 40 | 43 |

Rezultati raziskave, ki je bila opravljena v avgustu 2014 so povzeti v Tabeli 3. Podatki kažejo, da kar 83 % vseh anketiranih ve kaj je ergonomija. Statistično značilna povezava se torej kaže pri poznavanju pojma ergonomije, tako pri tehničnih sodelavcih, kot pri vzgojnem in administrativnem osebju.

Kar 44 % zaposlenih med 25 in 54 let meni, da jim je predavanje o ergonomiji pri delu koristilo, 26 % je koristilo le delno, 15 % pa jih takšnih predavanj še ni imelo. Polovica anketirancev nad 55 let ne ve, ali bi jim predavanja o ergonomiji koristila.

Statistično značilna je tudi povezava med starostno skupino in željo po dodatnih informacijah o ergonomiji. Večjo potrebo po dodatnem izobra-

ževanju so izrazili zaposleni v starostni skupini med 40 in 54 let, medtem ko polovica anketiranih, ki so starejši od 55 let nimajo potrebe po predavanju. Pomembno je, da se delavci redno izobražujejo tudi na področju promocije zdravja ter ergonomije. Priporočamo, da se tovrstna predavanja izvajajo na dve leti.

Zanimivo je, da je le 8 % anketiranih mnenja, da njihovo delovno okolje popolnoma ustreza načelom ergonomije, večina pa je mnenja, da delno ustreza oz. ne ustreza. Ugotovili smo tudi statistično značilno povezavo pri vrsti stola na delovnem mestu, saj ima večina zaposlenih (54 %) fiksni lesen in/ali kovinski stol, ki ni na kolesih in je brez nastavitve, 26 % pa jih stola sploh ne uporablja, kar je za vzgojno osebje v vrtcu, ki opravljajo svoje delo pretežno stoje in/ali na tleh med otroki, pričakovano.

39 % zaposlenih si krajši odmor vzame redkokdaj, skoraj polovica zaposlenih (48 %) si dodatnega odmora ne vzame. Večina zaposlenih je mnenja, da je poznavanje ergonomije povezano z zmanjševanjem tveganj za telesne okvare delavcev, od tega se 24 % strinja le delno.

Rezultati raziskave, ki je bila opravljena med leti 2002 in 2005 med vzgojiteljicami in pomočnicami nekaterih vrtcev Mestne občine Ljubljana kažejo, da so prevladovali nefiziološke, prisilne drže, ki so bile pogosto asimetrično obremenjene. Veliko je bilo statičnih obremenitev in mišičnega neudobja v gibalnih, predvsem v predelih spodnjega in zgornjega dela hrbta, zatilja, stegnih in mečih. Pri večini se je neugodje pojavljalo že po prvi uri dela, po malici se je nekoliko zmanjšalo, po četrti oz. šesti uri dela pa ponovno narastlo do konca delovnika [22]. Vsled teh rezultatov smo prepričani, da je izobraževanje s področja ergonomije bistvenega pomena za opravljanje dela brez škodljivih posledic za delavce.

Tabela 3:

Poznavanje načel ergonomije glede na starostno skupino in zaposlitev anketirancev v vrtcu, avgust 2014 (N = 46)

| | Starostna skupina | | | | | Zaposlitev | | | |
|---|-------------------|------------------|------------------|------------------|-------|---------------|-----------------|-----------------|-------|
| | do 24 let [%] | 25 do 39 let [%] | 40 do 54 let [%] | 55 do 64 let [%] | p | Teh. sod. [%] | Vzg. Osebj. [%] | Adm. delav. [%] | p |
| Ergonomija je veda, ki | | | | | | | | | |
| kakovost izvedbe dela posameznika | 0 | 0 | 0 | 0 | 0,493 | 0 | 0 | 0 | 0,042 |
| prilagoditev delovnih nalog posamezniku | 2 | 0 | 0 | 0 | | 0 | 2 | 0 | |
| prilagoditev delovnega okolja uporabniku | 7 | 41 | 33 | 2 | | 24 | 48 | 11 | |
| ne vem | 0 | 7 | 7 | 2 | | 0 | 13 | 2 | |
| Ali vam je predavanje o ergonomiji pri vašem delu koristilo? | | | | | | | | | |
| da | 7 | 20 | 24 | 2 | 0,075 | 13 | 33 | 7 | 0,115 |
| delno | 0 | 15 | 11 | 0 | | 11 | 15 | 0 | |
| ne vem | 2 | 2 | 0 | 2 | | 0 | 7 | 0 | |
| predavanja nisem imel | 0 | 11 | 4 | 0 | | 0 | 9 | 7 | |
| Ali vaše delovno okolje ustreza načelom ergonomije? | | | | | | | | | |
| se popolnoma strinjam | 0 | 4 | 4 | 0 | 0,271 | 2 | 4 | 2 | 0,640 |
| se delno strinjam | 2 | 13 | 20 | 2 | | 13 | 20 | 4 | |
| se ne strinjam | 7 | 26 | 9 | 2 | | 7 | 35 | 2 | |
| ne vem | 0 | 4 | 7 | 0 | | 2 | 4 | 4 | |

| Poznavanje ergonomije je za moje delovno mesto pomembno. | | | | | | | | | |
|--|---|----|----|---|-------|----|----|----|--------|
| se popolnoma strinjam | 4 | 24 | 28 | 2 | 0,768 | 15 | 33 | 11 | 0,1220 |
| se delno strinjam | 4 | 20 | 11 | 0 | | 9 | 24 | 2 | |
| se ne strinjam | 0 | 2 | 0 | 0 | | 0 | 2 | 0 | |
| ne vem | 0 | 2 | 0 | 2 | | 0 | 4 | 0 | |
| Pri dvigovanju bremena ... | | | | | | | | | |
| se sklonim in breme dvignem z iztegnjenimi nogami; nadlakti niso ob telesu | 0 | 2 | 0 | 0 | 0,087 | 2 | 0 | 0 | 0,846 |
| se sklonim in breme dvignem z rahlo upognjenimi nogami; nadlakti so ob telesu | 0 | 11 | 13 | 0 | | 2 | 17 | 4 | |
| počepnem in breme dvignem z ravno hrbtenico; nadlakti so ob telesu | 7 | 22 | 20 | 2 | | 20 | 26 | 4 | |
| počepnem in breme dvignem z ravno hrbtenico; nadlakti niso ob telesu | 2 | 13 | 7 | 2 | | 0 | 20 | 4 | |
| Stol na mojem delovnem mestu je ... | | | | | | | | | |
| je na kolesih, nastavljam po višini, hrbtnišče ima ledveno oporo | 0 | 7 | 0 | 0 | 0,000 | 0 | 4 | 2 | 0,098 |
| je na kolesih, nastavljam po višini, hrbtnišče ima ledveno oporo, ima naslonjala za roke | 0 | 2 | 11 | 0 | | 0 | 2 | 11 | |
| fiksni lesen in / ali kovinski (ni na kolesih in nima nobenih nastavitev) | 9 | 30 | 13 | 2 | | 4 | 50 | 0 | |
| na delovnem mestu ne uporabljam stola | 0 | 9 | 15 | 2 | | 20 | 7 | 0 | |
| Med delovnim procesom ... | | | | | | | | | |
| si redkokdaj vzamem krajši odmor | 4 | 22 | 13 | 0 | 0,184 | 2 | 28 | 9 | 0,685 |
| si večkrat vzamem krajši odmor (se usedem) | 0 | 2 | 2 | 0 | | 0 | 4 | 0 | |
| si večkrat vzamem krajši odmor (se malo razgibam) | 0 | 4 | 2 | 2 | | 4 | 4 | 0 | |
| si ne vzamem dodatnih odmorov | 4 | 20 | 22 | 2 | | 17 | 26 | 4 | |
| Ali menite, da je poznavanje ergonomije povezano z zmanjševanjem tveganj za telesne okvare delavcev (okvare hrbtenice, itd.)? | | | | | | | | | |
| se popolnoma strinjam | 7 | 30 | 24 | 2 | 0,085 | 22 | 30 | 11 | 0,589 |
| se delno strinjam | 0 | 13 | 11 | 0 | | 0 | 22 | 2 | |
| se ne strinjam | 0 | 0 | 0 | 0 | | 0 | 0 | 0 | |
| ne vem | 2 | 4 | 4 | 2 | | 2 | 11 | 0 | |
| Na tem delovnem mestu sem bil, zaradi neupoštevanja ergonomskih načel (nepravilno dvigovaje bremen, itd.) ... | | | | | | | | | |
| večkrat letno odsoten z dela | 0 | 0 | 0 | 0 | 0,108 | 0 | 0 | 0 | 0,207 |
| enkrat letno odsoten z dela | 0 | 2 | 2 | 0 | | 2 | 2 | 0 | |
| redkokdaj odsoten z dela | 0 | 17 | 26 | 2 | | 17 | 26 | 2 | |
| nisem bil nikoli odsoten z dela | 9 | 28 | 11 | 2 | | 4 | 35 | 11 | |
| Predavanje o ergonomskih načelih bi želel imeti ... | | | | | | | | | |
| enkrat letno | 0 | 2 | 11 | 0 | 0,000 | 13 | 0 | 0 | 0,114 |
| na dve leti | 0 | 13 | 7 | 2 | | 4 | 13 | 4 | |
| na tri leta | 9 | 28 | 20 | 0 | | 2 | 46 | 9 | |
| nimam potrebe po predavanju | 0 | 4 | 2 | 2 | | 4 | 4 | 0 | |

ZAKLJUČEK

Obremenitve in obremenjenosti zmanjšujejo učinek delavca zaradi povratnega rušenja homeostaze in nastale utrujenosti. Utrujen delavec porabi več energije, da lahko normalno dela, zato je potrebno organizirati delo z več postanki in premori med delovnim časom [9]. Delavce je potrebno poučiti o zahtevah, obremenitvah in škodljivostih delovnega mesta, o zaščiti pred njihovimi vplivi in jih naučiti zdravega stila življenja [23].

Priporočila, pomembna pri vzpostavljanju boljših delovnih pogojev zaposlenih, vključujejo tako promocijo zdravja kot ključne elemente ergonomije za opravljanje specifičnih delovnih nalog. Pomemben način preprečevanja okvar je ozaveščanje zaposlenih, prilagajanje delovnega mesta zaposlenim – npr. uporaba stopnic pri previjalni mizi oziroma umivalniku, tobogana, ergonomskih stolov in ortopedskih žog. Delovno opremo je potrebno prilagoditi antropometričnim značilnostim zaposlenih. Potrebno je uvesti dodatne kratke odmore. V tem času avtorji priporočamo aktivnosti za razbremenitev mišic hrbta, vratu, ramen, križa, goleni in krepitev mišic sprednje strani telesa.

Raziskave kažejo, da je bilo izobraževanje o pomenu ergonomije na delovnem mestu zanemarjeno področje, ki se je v zadnjem obdobju šele začelo uveljavljati [24]. Z izobraževanjem in opozarjanjem zaposlenih na pomembnost upoštevanja ergonomskih načel, vključno o pomembnosti primerne prehrane, lahko delodajalec veliko pripomore k boljšemu počutju in zadovoljstvu delavcev na delovnem mestu. Predlagamo, da se izobraževanje izvaja na dve leti, da delavci znanje obnavljajo in tudi nadgrajujejo.

Pozornost, namenjena zdravju in varnosti delavcev, ima pomembne prednosti [4]:

- Zdravi delavci so bolj produktivni in manj izostajajo od dela, bolj uspešno krepijo kompetence in prihaja do manjše fluktuacije med njimi.
- Varna delovna mesta prispevajo k trajnostnemu razvoju, kar je ključnega pomena za zmanjševanje revščine.

Veliko dejavnikov tveganja (npr.: prah, nevarne kemikalije, hrup, itd.), ki so nevarni za zdravje ljudi, izhaja iz industrijskih procesov. Z vzpostavljanjem boljših delovnih pogojev vplivamo na programe, usmerjene v krepitev in ohranitev zdravja delavcev in zagotavljanje varnosti pri delu, hkrati je bistvenega pomena za zagotavljanje javnega zdravja. Vse bolj je dokazano, da za številne bolezni kot npr.: duševne bolezni, bolezni lokomotorne aparata, kardiovaskularne bolezni, itd., potrebujemo programe za njihovo preprečevanje že na delovnem mestu kot del strategije za nadzor nad njihovim obvladovanjem.

Temelj vseh aktivnosti je odločitev vodstva in zaposlenih za tako ureditev delovnega okolja, ki ne bo obremenjujoča za zaposlene. Z uveljavitvijo promocije zdravja kot zakonske obveze se v Sloveniji ponuja priložnost, da končno vpeljemo program tudi v naša delovna okolja. Prvi korak k integraciji programa je lahko povezovanje različnih služb in strokovnjakov znotraj podjetja, med katerimi je sanitarni inženir lahko eden bistvenih akterjev pri ustvarjanju boljših delovnih pogojev in podpori

zdravja delavcev. S svojim znanjem lahko podrobno analizira zdravstveno stanje in počutje delavcev na delovnem mestu, ter sodeluje pri pripravi načrta za uresničevanje programa promocije zdravja.

LITERATURA

- [1] Zakon o delovnih razmerjih (Uradni list RS, št. 42/02, 79/06, 103/07, 45/08 in 21/13).
- [2] Koselj V. Oblikovanje delovnega mesta. V: Batič M, Bizjak G in sod., ur. Priročnik za varno in zdravo delo. Ljubljana: Tehniška založba Slovenije, 2002:271-3.
- [3] The European Network for Workplace Health Promotion (ENWHP): <http://www.enwhp.org/workplace-health-promotion.html> (14. 9. 2014).
- [4] World Health Organization. Workplace Health Promotion (WHP): http://www.who.int/occupational_health/topics/workplace/en/index1.html (13. 9. 2014)
- [5] Griffin LB, Hall N, Watson N. Health at work in small and medium sized enterprises: Issues of engagement. *Health Education* 2005; 105(2): 126-41.
- [6] Dobbins TA, Simpson JM, Oldenburg B, Owen N and Harris D. Who comes to a workplace health risk assessment? *Int J Behav Med* 1998; 5(4):323-34.
- [7] Laschinger HK, Finegan J, Shamian J, Casier S. Organizational trust and empowerment in restructured healthcare settings. Effects on staff nurse commitment. *J Nurs Adm* 2000; 30(9):413-25.
- [8] Butler JK. Toward Understanding and Measuring Conditions of Trust: Evolution of a Conditions of Trust Inventory. *Journal of Management* 1991; 17(3):643-63.
- [9] Polajnar A, Verhovnik V. Oblikovanje dela in delovnih mest za delo v praksi. 2. Izdaja. Maribor: Fakulteta za strojništvo; 2007:1-200.
- [10] Bilban M. Medicina dela: za študente tehniške varnosti. Ljubljana: Zavod za varstvo pri delu; 2005:191.
- [11] Sušnik, J. Položaji in gibanje telesa pri delu. Ljubljana: Univerzitetni zavod za zdravstveno in socialno varstvo v okviru zbirke Knjižnica UZZSV; 1987:11-159.
- [12] Koželj M. Zdravje in varnost pri delu. Standardizacija, 9, SIST, Ljubljana; 2003.
- [13] Jacobs K, Bettencourt CM. *Ergonomic for therapists*. Boston: Butterworth – Heinemann; 1995:252.
- [14] Pheasant ST. *Ergonomisc, work and health*. Houndmills: Palgrave Macmillan; 1991:358.
- [15] Anžin M. Kako skrbimo za zdravo hrbtenico: http://www.zzv-ce.si/dobro_je_vedeti/zdrava_hrbtenica.php (5. 9. 2006)
- [16] Jevšnik M, Kacjan Žgajnar K, Ovca A. Zavest zaposlenih v velikih kuhinjah o pomenu ergonomskih načel. 2006 Oktober 13-14; Bled. Ljubljana: Planet GV, 2006.
- [17] Breclj M, Hočevar A, Huzjan B. in sod. Kako živeti z revmatizmom: bolečina, samopomoč, zdravljenje. Ljubljana: Mladinska knjiga; 2005:158.
- [18] Zakon o vrtcih (Uradni list RS, št. 100/05, 25/08, 98/09, 36/10, 62/10, 94/10, 40/12).
- [19] Pravilnik o normativih za opravljanje dejavnosti predšolske vzgoje (Uradni list RS, št. 27/14).
- [20] Hansen KA, Kaufmann RK, Walsh KB. Oblikovanje oddelkov, osredotočenih na otroke od tretjega do šestega leta starosti. Ljubljana: Pedagoški inštitut, Razvojno-raziskovalni center pedagoških iniciativ Korak za korakom, 2000.

- [21] Pravilnik o normativih in minimalnih tehničnih pogojih za prostor in opremo vrtca (Uradni list RS, št. 73/00, 75/05, 33/08, 126/08, 47/10 in 47/13).
- [22] Kovačič D, Kacjan Žgajnar K. Neergonomski položaji zaposlenih v vrtcu. Ergonomija 2006. Zbornik referatov. Ljubljana: Visoka šola za zdravstvo; 2006.
- [23] Horvat J, Kronegger V. Preventiva pri gozdarskih delih in uporaba osebne varovalne opreme. Varstvo pri delu, varstvo pred požari in medicina dela: dvodnevni posvet z mednarodno udeležbo. 2012 Maj 15–16; Portorož. Ljubljana: Fakulteta za kemijo in kemijsko tehnologijo, Oddelek za tehniško varnost, 2012:1-6.
- [24] Teiger C, Montreuil S. The foundations and contributions of ergonomics work analysis in training programmes. Safety Science 1996; 23(213): 81-95.

Vloga sanitarnega inženirja v izrednih razmerah – primer mednarodnega usposabljanja za preskrbo s pitno vodo

The role of a sanitary engineer in case of natural or other disasters – example of an international training program for drinking water supply

Martina **ODER***, Damjan **SLABE**

Received: 29. 9. 2014

Accepted: 6. 11. 2014

Univerza v Ljubljani,
Zdravstvena fakulteta,
Oddelek za sanitarno inženirstvo
Zdravstvena pot 5, 1000 Ljubljana,
Slovenija

* *Corresponding author*
mag. Martina Oder
Univerza v Ljubljani,
Zdravstvena fakulteta,
Oddelek za sanitarno inženirstvo
Zdravstvena pot 5, 1000 Ljubljana,
Slovenija
martina.oder@zf.uni-lj.si

POVZETEK

V primeru naravnih ali drugih nesreč lahko v zelo kratkem času nastopijo izredne razmere, ki ne ogrožajo le posameznika, ampak tudi širšo skupnost. Poleg izgube človeških življenj in večjega števila poškodovanih nastane tudi velika materialna škoda. Porušeni domovi, oslabiljena infrastruktura, prekinjena dobava električne energije in vode pripeljejo do razmer, ko si prizadeto prebivalstvo ne more samo zagotoviti osnovnih življenjskih pogojev in je odvisno od pomoči različnih humanitarnih organizacij. Ena takšnih je tudi mednarodna organizacija Rdečega križa, ki ima usposobljene ekipe za ukrepanje v izrednih razmerah. Člani teh ekip so usposobljeni za pridobivanje pitne vode, gradnjo začasnih bivališč in sanitarij, izvajanje dezinfekcije, dezinsekcije in deratizacije, pomagajo pri oskrbi z živilskimi in neživilskimi proizvodi, promociji higiene in drugo. V okviru mednarodnega projekta XH2O se je za zagotavljanje pitne vode v izrednih razmerah usposobilo 15 strokovnjakov iz Slovenije, med njimi štiri sanitarni inženirji, ki sodelujejo tudi na mednarodnih misijah.

Ključne besede: izredne razmere, mednarodna pomoč, pitna voda

ABSTRACT

In case of natural or other disasters exceptional conditions that threaten not only individuals but also the community can occur in a very short period of time. Apart from loss of human lives and a number of injured, also great material damage appears. Demolished homes, damaged infrastructure, irregular power and water supply lead to conditions that prevent the stricken population from providing its own basic life conditions. It therefore depends on

the aid of different humanitarian organizations. One of them is the International Red Cross Organization, which provides trained groups to take measures in times of crisis. Members of these teams are qualified for acquiring drinking water, building temporary homes and lavatories, executing disinfection and pest control. Furthermore, they help to supply provisions and other products, promote hygiene etc. Within the international project XH2O for supplying purified drinking water 15 Slovenian experts, including four sanitary engineers, received training and participate on international missions.

Key words: exceptional conditions, international aid, drinking water

UVOD

Naravne ali druge nesreče lahko povzročijo razmere, ki onemogočajo zagotavljanje osnovnih pogojev za normalno delovanje in življenje skupnosti. Takrat govorimo o katastrofi. Definicija katastrofe pravi, da je to stanje, ko običajen način življenja ni mogoč zaradi naravnih ali umetno povzročenih okoliščin. Motnja v delovanju skupnosti povzroča materialno škodo, socialne, okoljske in gospodarske izgube. V takšnih izrednih razmerah je potrebna pomoč od zunaj, saj ljudje na prizadetem področju z lastnimi sredstvi ne morejo sami obvladovati razmer [1, 2]. Zato je potrebno sodelovanje različnih služb v posebno velikem obsegu [3]. Glede na določila Zakona o varstvu pred naravnimi in drugimi nesrečami [4] se v Sloveniji v izrednih razmerah aktivirajo enote in službe Civilne zaščite, enote, službe in druge operativne sestave društev in drugih nevladnih organizacij (npr. Rdeči križ Slovenije, gasilci), gospodarske družbe in zavodi ter policija in Slovenska vojska.

Danes delujejo po svetu številne humanitarne organizacije, ki si prizadevajo pomagati prizadetim v nesrečah večjih razsežnosti. Mednarodno gibanje Rdečega križa in Rdečega polmeseca je največja humanitarna organizacija na svetu s približno 100 milijoni članov, prostovoljcev in podpornikov, med katerimi so tudi ekipe, usposobljene za ukrepanje v izrednih razmerah. Zagotavljanje pomoči mora temeljiti na spoštovanju človekovih pravic, zato imajo humanitarne organizacije skupne in poenotene standarde, ki so navedeni v listini o humanitarni pomoči. Ta listina zagotavlja upoštevanje načel humanitarnosti in minimalnih standardov, predpisuje kodeks ravnanja, določa pravice in dolžnosti tistih, ki pomagajo, in tistih, ki so pomoči deležni. Te organizacije najprej ponudijo svojo pomoč in nato počakajo, da jih prizadeta država zanjo zaprosi. Da bi pomoč prizadetim potekala nemoteno, je nujno usklajeno delovanje, vodeno iz enega centra. Pomembne informacije s strani prizadete države so: kaj imajo sami na razpolago, kaj so že dobili od drugih in kaj še potrebujejo. Ob prihodu na prizadeto področje je potrebna natančna analiza naravne nesreče. Če problem ni pravilno definiran, bo pomoč nezadostna oz. neustrezna [5].

Akcije na prizadetih področjih zajemajo:

- zdravstveno oskrbo,
- preskrbo s pitno vodo,
- urejanje začasnih bivališč,

- obnovo starih in/ali gradnjo novih bivališč,
- zagotovitev razmer za izvajanje osebne higiene,
- preskrbo z živili,
- preskrbo z neživilskimi proizvodi,
- odstranjevanje odpadkov in odplak iz začasnih bivalnih naselij,
- dezinfekcijo, dezinfekcijo, deratizacijo in dekontaminacijo,
- nadzor nad izvajanjem začasnih ukrepov [6].

Ko zaradi naravnih ali drugih nesreč nastopijo izredne razmere, je potrebno hitro ukrepanje. Enote za tako ukrepanje (imenovane tudi ERU – ang. *Emergency Response Unit*) tvorijo posamezniki, usposobljeni za odzivanje na nesreče in pripravljeni za dajanje pomoči v izrednih razmerah [7]. Ker je pri tem zelo pomemben odzivni čas, so se oblikovale ekipe strokovno usposobljenih prostovoljcev, ki se lahko odzovejo najkasneje v 48 urah po nesreči [8]. Eno takšnih usposabljanj je bilo tudi usposabljanje enot v sklopu evropskega projekta XH2O, ki ga je financirala Evropska komisija. Osnovni cilj projekta je bil vzpostavitev meddržavnega sodelovanja na področju zagotavljanja pitne vode v izjemnih razmerah po vsem svetu ter oblikovanje mednarodnih ekip, ki bodo pripravljene na ukrepanje v izrednih razmerah. Namen usposabljanja je bil oblikovati mednarodno ekipo strokovnjakov z ustrežno opremo za čiščenje vode. Izvedbo in vodenje projekta je prevzel Rdeči križ Avstrije, ki je k sodelovanju povabil Rdeči križ Slovenije in Rdeči križ Hrvaške [9]. V tem prispevku podrobneje predstavljamo sistem zagotavljanja pitne vode v izrednih razmerah oz. mednarodno usposabljanje enot za ukrepanje v okviru projekta XH2O.

MEDNARODNO USPOSABLJANJE ENOT ZA UKREPANJE V IZREDNIH RAZMERAH

Rdeči križ Slovenije se je odzval povabilu Avstrijskega RK in se priključil mednarodnemu usposabljanju ekip RK za zagotavljanje pitne vode v izrednih razmerah. Slovenija ima trenutno usposobljenih 15 članov, ki lahko sodelujejo v mednarodnih misijah. Štirje člani te ekipe so diplomirani sanitarni inženirji. Zaradi širokega znanja lahko sanitarni inženir skupaj z drugimi zdravstvenimi profili v enoti za ukrepanje v izrednih razmerah pomembno prispeva k njenemu učinkovitemu posredovanju. Deluje na zdravstveno-ekološkem in higiensko-epidemiološkem področju, svoje znanje lahko uporabi na področju promocije higiene, sodeluje pri načrtovanju in projektiranju naselij, industrijskih con, infrastrukture naselij in komunalnih objektov, zagotovo pa lahko veliko doprinese pri zagotavljanju varne hrane in neoporečne pitne vode [10].

Usposabljanje je zajemalo štiri osnovne tridnevne tečaje in zaključni sedemdnevni trening. Namen je bil oblikovati in usposobiti mednarodno ekipo za ukrepanje v izrednih razmerah, ki bo delovala na področju pridobivanja pitne vode. Usposabljanja so zajemala teoretičen del, na katerem so se udeleženci seznanili z osnovami priprave pitne vode. Večino časa je bilo namenjenega praktičnemu usposabljanju na terenu – postavitvi sistema za pridobivanje in proizvodnjo pitne vode iz različnih povr-

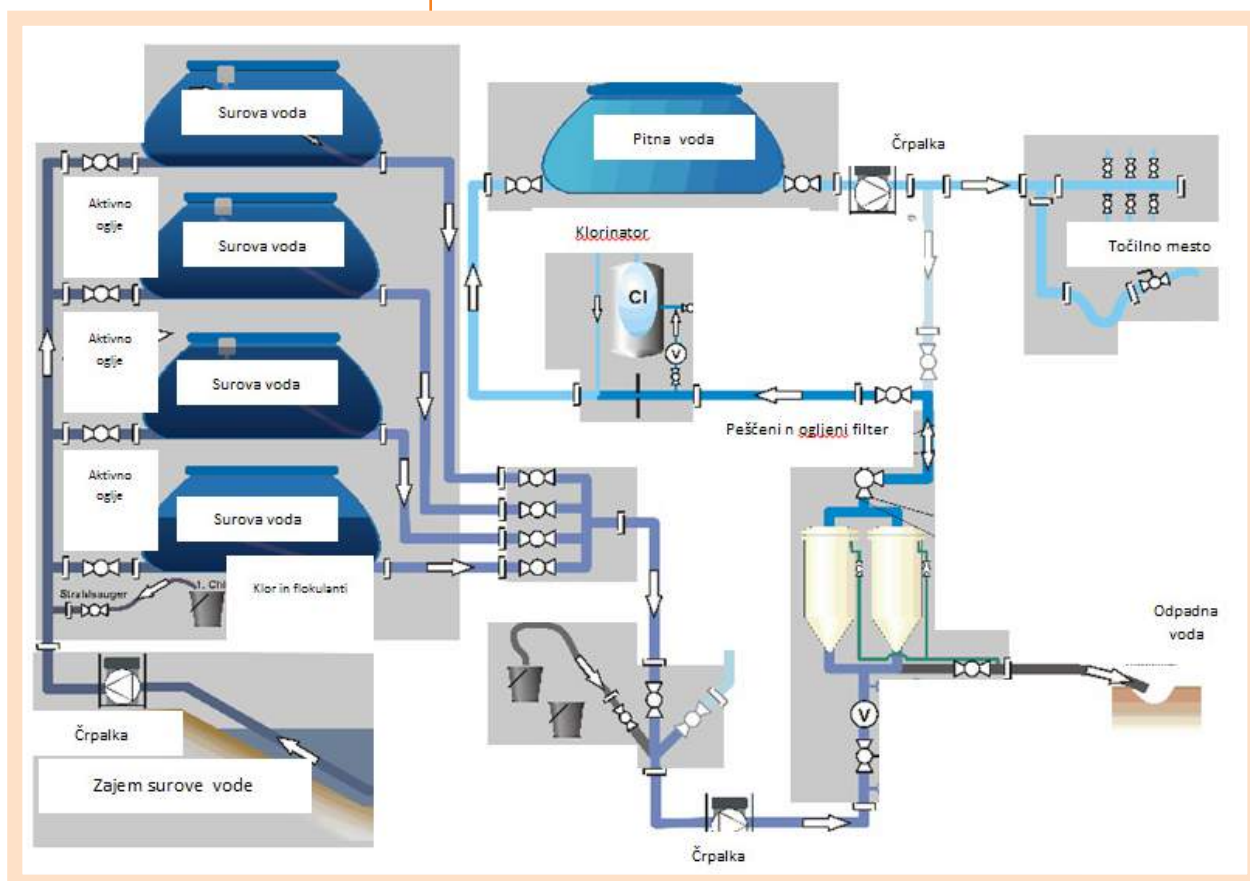
šinskih voda (potoki, reke, jezera). Udeleženci so med usposabljanjem delovali in živeli tako, kot bi v primeru izrednih razmer, saj so jih snovalci usposabljanja želeli kar se da dobro pripraviti na dejanske razmere.

Po zaključenem osnovnem usposabljanju se je del ekipe udeležil nadaljevalnega, med katerim so v osmih dneh osvojili še ostala potrebna znanja, kot so postavljanje oz. gradnja stranišč, izvajanje dezinfekcije, delo v mikrobiološkem laboratoriju, uporaba radijskih zvez, orientacija v prostoru s pomočjo navigacijskih naprav, načrtovanje postavitve začasnih naselij idr. V nadaljevanju so predstavljeni sistemi za pridobivanje pitne vode, ki jih enote RK najpogosteje uporabljajo v mednarodnih misijah na ogroženih področjih.

Sistem Berkefeld TWA

Čistilna enota Berkefeld TWA se uporablja za zagotavljanje pitne vode. Primerna je za čiščenje vode iz sladkovodnih virov, kot so reke, jezera in vodnjaki. Ta sistem uporabljamo za čiščenje mikrobiološko onesnažene površinske vode oziroma katere koli sladke vode [8]. Sistem je sestavljen iz črpalk, s katerimi črpamo vodo iz vodnega vira, cistern za surovo vodo, dveh filtrov in cistern za prečiščeno vodo (Slika 1). Vodo prečrpamo v štiri cisterne s prostornino od 6 do 10 m³, v katerih poteka čiščenje vode z uporabo kemičnih sredstev. V prvem koraku izvedemo dezinfekcijo vode s pomočjo klora v koncentraciji 100 mg L⁻¹, kar pomeni, da dosežemo hiperkloriranje. Raztopino klora dodajamo v cisterne že med njihovim polnjenjem. Reakcijski čas je približno 30 minut. Sledi dodajanje raztopine železovega klorida ali aluminijevega sulfata. S tem

Slika 1:
Shematski prikaz sistema za pridobivanje pitne vode Berkefeld TWA (vir: Rdeči križ Avstrije, 2009).



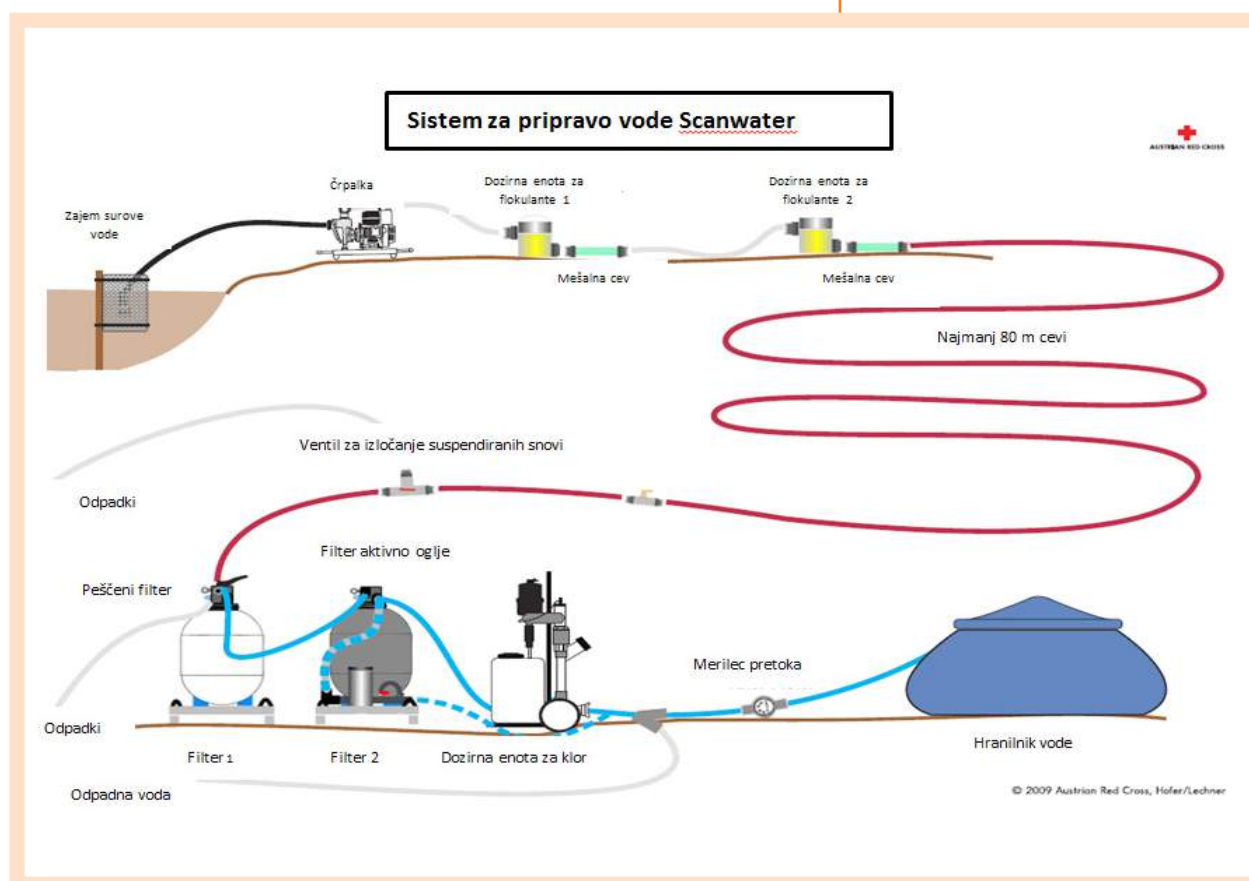
povzročimo zlepljanje v vodi prisotnih delcev v večje kosmiče ali flokule, ki se zaradi teže posedejo na dno cisterne. Vodi dodamo še aktivno oglje. Med dodajanjem kemikalij je potrebno mešanje vode, da se dodana sredstva enakomerno razporedijo po celotni cisterni. Nato mešanje vode ustavimo in počakamo, da se voda umiri. S tem dosežemo, da se približno v 30 minutah zlepljeni delci posedejo na dno. Po tem koraku opravimo meritve pH vode, ki mora biti med 7 in 7,5, in preverimo vsebnost prostega klora, ki ne sme preseči koncentracije $1,0 \text{ mg L}^{-1}$. Za uravnavanje pH si pri prenizki vrednosti pomagamo s kalcijevim hidroksidom, če je vrednost previsoka, pa uporabimo železov klorid.

Enota Berkefeld TWA omogoča pripravo večjih količin vode. Slaba stran sistema je predvsem njegova velikost, saj je sestavljen iz veliko delov. To lahko predstavlja težave pri transportu v bolj oddaljene kraje.

Sistemi SCAN WATER, LMS in Berkefeld TWA light

Drug način pridobivanja pitne vode iz površinskih voda so sistemi SCAN WATER, LMS in Berkefeld TWA 4 light. Pri tej enoti niso potrebne velike cisterne za surovo vodo, saj se voda iz reke ali jezera z motorno črpalko črpa neposredno v sistem. Na začetku sistema je nameščena dozirna enota za odmerjanje raztopine flokulanta in raztopine klora. Voda nato z minimalnim pretokom teče skozi cevi dolžine najmanj 80 metrov (Slika 2). S tem zagotovimo dovolj časa, da v ceveh poteče flokulacija in da klor deluje na prisotne mikroorganizme. Če ugotovimo, da se delci v vodi niso sprijeli, da torej flokulacija ni potekla v celoti, čas reakcije lahko nadziramo s podaljšanjem ali krajšanjem cevi oz. upočasnimo pre-

Slika 2: Sistem za pridobivanje pitne vode Scanwater (vir: Rdeči križ Avstrije, 2009).



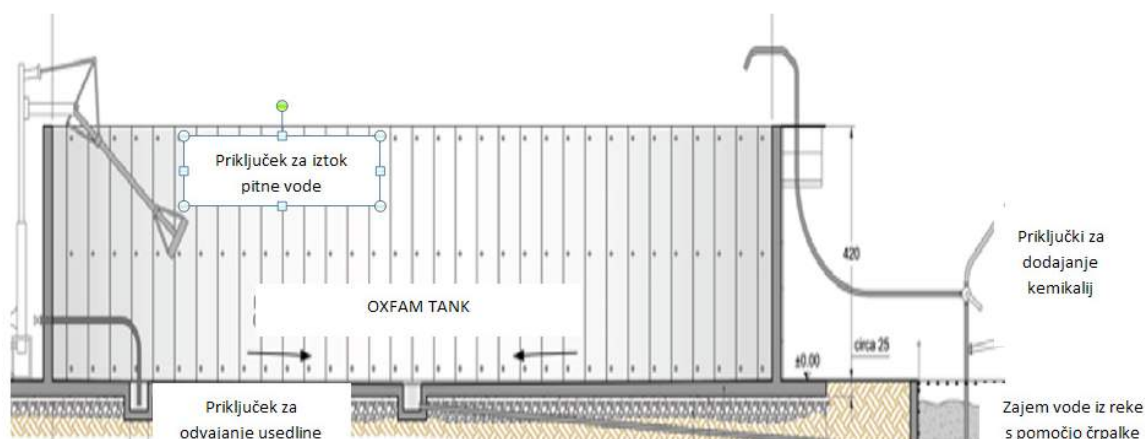
tok. V drugem delu sistema je cev priključena na sistem dveh zaporedno vezanih filtrov. Voda najprej teče skozi peščen filter, s katerim odstranimo večje delce po flokulaciji, nato še skozi filter z aktivnim ogljem. Voda je po filtraciji pripravljena za uporabo. V kolikor je voda namenjena transportu v oddaljene kraje, je sistemu možno na koncu priključiti še napravo za dodajanje klora. S tem zagotovimo prisotnost prostega klora, ki preprečuje razvoj bakterij ob morebitni naknadni mikrobiološki kontaminaciji. Zmogljivost tega sistema je do 4 m³ vode na uro in je odvisna od onesnaženosti surove vode [11].

Opisani sistem je enostavnejši od prej omenjenega Berkefeld TWA. Ima manj sestavnih delov, zato je tudi cenovno ugodnejši. Toda med delovanjem čistilne enote je težje zagotoviti konstantno kakovost vode, saj imamo lahko več težav predvsem zaradi nastavitve ustreznega pretoka, dovajanja ustrezne količine koagulanta oz. flokulanta in klora.

Sistem Oxfam

Sistem za čiščenje vode Oxfam omogoča pripravo večjih količin vode, saj uporablja cisterne prostornine 45 m³, 70 m³, ali 95 m³ (Slika 3). Gre za cisterne, ki jih postavljamo na terenu, vendar smemo v višino postaviti največ štiri elemente, ker zaradi velike količine vode lahko postanejo pretežke. Ob postavitvi moramo izbrati ustrezen, raven in dobro utrjen teren. Surovo vodo iz sladkovodnega vira načrpamo v cisterno in dodamo kemikalije, ki pospešijo zlepljanje v vodi prisotnih delcev in posledično posedanje snovi. Dodajanje koagulantov poteka med polnjenjem vode v cisterno z dozirno napravo, saj s tem dosežemo, da se kemikalije enakomerno porazdelijo po celotni cisterni. Zaradi velikosti cisterne bi to težko dosegli, če bi jih dodali šele na koncu, ker bi jih bilo takrat nemogoče enakomerno premešati. Postopek koagulacije poteka 2 do 6 ur. Čas je odvisen od količine suspendiranih snovi v surovi vodi. Po preteku reakcijskega časa se zlepljeni delci posedejo na dno in voda v višjih plasteh se zbistri. Preverimo pH vode, ki ga lahko uravnavamo z dodajanjem apna (CaCO₃). Pred distribucijo vodi dodamo klor, da uničimo morebitne prisotne mikroorganizme [12].

Slika 3: Sistem za čiščenje vode Oxfam (vir: Rdeči križ Avstrije, 2009).



Preverjanje kakovosti vode

Voda, pripravljena po zgoraj opisanih postopkih, mora biti ustrezne kakovosti in predvsem varna za uporabnike. Zato so se člani ekip seznanili tudi z osnovnimi mikrobiološkimi in kemijskimi analizami, ki jih lahko izvajamo na terenu. Preverjanje vrednosti pH vode in prisotnosti prostega klora v vodi se lahko izvaja z različnimi preprostimi postopki. Uporabljajo se indikatorski lističi, ki s spremembo barve pokažejo vrednosti, uporabimo lahko tudi različne elektronske merilnike. Ob dodatku kemikalij testirana voda spremeni barvo in nato merilnik spektrofotometrično pokaže odčitano vrednost.

Mikrobiološke analize se izvajajo s pomočjo prenosnega laboratorija znamke Delagua. Ugotavljamo prisotnost skupnega števila mikroorganizmov (SŠMO) in prisotnost koliformnih bakterij fekalnega izvora (FK). S pomočjo posebne črpalke prečrpamo 100 mL vzorca vode skozi celulozni filter s porami 45 μm . Mikroorganizmi, ki so bili v vodi, ostanejo na filtru. Filter nato položimo v sterilno kovinsko petrijevko in nanj dodamo vnaprej pripravljeno gojišče. Petrijevke položimo v inkubator in, odvisno od vrste mikroorganizmov, inkubiramo 24 ur na ustrezni temperaturi – SŠMO na 37 °C in FK na 44 °C [13]. Sistem za izvajanje mikrobioloških analiz zajema tudi inkubator, ki deluje s pomočjo baterij. Ekipe namreč v izrednih razmerah na terenu lahko velikokrat ostanejo brez električne energije.

ZAKLJUČEK

Ob naravnih in drugih nesrečah so na prizadetem področju na preizkušnji vsi človeški in drugi viri. Pogosto je potrebna tudi pomoč od zunaj. Slovenija ima za soočenje z naravnimi in drugimi nesrečami razvit celovit sistem zaščite, reševanja in pomoči (ZRP). Del tega sistema je že od njegovega nastanka tudi Rdeči križ Slovenije, v okviru katerega je od leta 2011 organizirana ekipa usposobljenih strokovnjakov za zagotavljanje pitne vode. Poleg preskrbe s pitno vodo je z aktiviranjem sistema ZRP treba zagotoviti tudi druge osnovne higiensko-tehnične in druge ukrepe. Usposabljanje ekip za dajanje pomoči in obnavljanje njihovega znanja je ključnega pomena, saj je v nesreči treba ukrepati strokovno in v najkrajšem možnem času ter tako preprečiti dodatne žrtve in večjo škodo. Primer dobre prakse mednarodnega usposabljanja ekip za preskrbo s pitno vodo v izrednih razmerah predstavlja tudi projekt XH2O. V dosednji praksi se je profil sanitarnega inženirja zaradi širokega znanja na področju zagotavljanja pitne vode, higiensko-epidemiološkem področju ter promociji higiene izkazal kot pomemben del mednarodne ekipe.

LITERATURA

- [1] Adams J. Managing Water Supply and Sanitation in Emergencies. London: Oxfam GB. 1999:12-22.
- [2] Dey B, Singh RB. Introduction to Disaster Management. V: Sajjani SMP (ed), Natural Hazards and Disaster Management. Delhi: Preet Vihar, Central Board of Secondary Education, 2006: 1-9.

- [3] Slabe D. Zdravstveno varstvo v izrednih razmerah. V: Ahčan U (ur). Prva pomoč. Priročnik s praktičnimi primeri. Rdeči križ Slovenije, 2006: 626-635.
- [4] Zakon o varstvu pred naravnimi in drugimi nesrečami (Ur. l. RS, št. 51/2006).
- [5] ICRC. Handbook of the International Red Cross and Red Crescent Movement. Geneva: International Committee of the Red Cross, 2008: 23–25. <http://www.icrc.org/eng/assets/files/publications/icrc-002-0962.pdf> (15. 7. 2014).
- [6] Bauer M, Jevšnik M. Higijensko-tehnični ukrepi ob naravnih in drugih nesrečah. V: Ahčan UG, Slabe D, Šutanovac R (ur). Prva pomoč: priročnik za bolničarje. Ljubljana: Rdeči križ Slovenije, 2008: 321-334.
- [7] IFRC – A Short Guide to Emergency Response Units, 2009. <http://www.ifrc.org/en/who-we-are/the-movement/national-societies/>. (4. 8. 2014).
- [8] IFRC. Operating Manual and Parts List. (2002). <http://helid.digicollection.org/en/d/Js2974e/5.4.html>. (19. 8. 2014).
- [9] RKS – Rdeči križ Slovenije. (2013). Projekt XH2O – Project co-funded by the European Commission, DG Environment, Civil Protection Unit Grant Agreement. <http://www.rks.si/ProjektXH2O>. (16. 8. 2014).
- [10] Poljšak B, Likar K, Bauer M, Ferfila N, Jereb G. Sanitarno inženirstvo: univerzitetni študijski program prve stopnje. Ljubljana: Zdravstvena fakulteta, 2011: 144.
- [11] Veolia Water Solutions & Technologies Brochure Mobile Drinking Water Plant TWA 4 light. http://www.berkefeld.com/en/markets/emergency_aid_military/sand_activated_carbon_filtration/. (1. 9. 2014).
- [12] Oxfam Water Supply Scheme for Emergencies: water filtration pack. Oxford, UK: Oxfam (2000). <http://www.bvsde.paho.org/texcom/desastres/oxfamcdm.pdf>. (7. 8. 2014).
- [13] Oxfam Delagua. Portable Water Testing Kit. http://www.watersanitationhygiene.org/References/EH_KEY_REFERENCES/WATER/Water%20Quality/Water%20Quality%20Testing/Biological%20Water%20Testing/DelAgua%20Kit%20Manual.pdf. (28. 8. 2014).

Prepoznavanje nekaterih mikrobioloških dejavnikov tveganja v javnih bazenskih kopališčih

Identification of some microbiological risk factors in public swimming pools

Mira **DRAŽETIČ**, Irena **KRIŽMAN JERLAH**,
Karmen **GODIČ TORKAR***

POVZETEK

V današnji sodobni družbi mnogo ljudi v rekreativno športne ali rehabilitacijske namene obiskuje bazenska kopališča. Zakonodaja, ki v Sloveniji ureja področje kopalnih vod, sicer določa higienske zahteve za kopalne vode, v okviru katerih so predpisani posamezni mikrobiološki parametri, vendar je bil namen te naloge na kopališčih poiskati tista mikrobiološka tveganja, ki sicer zakonodajno niso urejena in jih upravljavci v okviru notranjega nadzora ne preverjajo. V raziskavi smo ugotavljali prisotnost po Gramu negativnih bakterij ter gliv v kopalni vodi, na površinah in v zraku kopališča. V dveh terminih smo odvzeli skupno 24 vzorcev kopalne vode, 80 odtisov različnih površin ter 32 vzorcev zraka iz dveh izbranih bazenskih kopališč. V 61 % vzorcev kopalne vode in 66 % odtisov površin smo ugotovili po Gramu negativne bakterije, najpogosteje iz rodov: *Pseudomonas* spp., *Yersinia* spp. in *Acinetobacter* spp. Glive, zlasti vrste iz rodov *Cladosporium* spp., *Fusarium* spp. in *Aspergillus* spp. smo ugotovili v vseh vzorcih kopalne vode in zraka ter v 65 % odtisov površin.

Ključne besede: bazeni, glive, bakterije, kontaminacija, zdravstveno tveganje

ABSTRACT

In today's modern society lots of people visit swimming pool complexes for recreational sport or rehabilitation purposes. The legislation, which regulates the field of bathing water in Slovenia, specifies hygiene requirements for bathing water, among which are defined individual microbiological parameters, but the purpose of this thesis was to find those microbiological risks at swimming pool complexes, which are not regulated within the legislation and not checked by operators within internal control. We determined the presence of Gram negative bacteria and fungi in 24 samples of pool water, 80 surfaces and in 32 air samples, collected two times in two chosen swimming pool complexes. In 61 % of pool water samples and 66 % of surface prints were found the Gram negative bacteria, mostly from the genera: *Pseudomonas*

Received: 8. 10. 2014

Accepted: 6. 11. 2014

Univerza v Ljubljani,
Zdravstvena Fakulteta,
Oddelek za sanitarno inženirstvo
Zdravstvena pot 5, 1000 Ljubljana
Slovenija

* *Corresponding author*
dr. Karmen Godič Torkar
Univerza v Ljubljani,
Zdravstvena Fakulteta,
Oddelek za sanitarno inženirstvo
Zdravstvena pot 5, 1000 Ljubljana,
Slovenija
karmen.torkar@zf.uni-lj.si

spp., *Yersinia* spp. and *Acinetobacter* spp. Fungi, particularly from the genera *Cladosporium* spp., *Fusarium* spp. and *Aspergillus* spp., were found in all of pool water, and air samples and on 65 % of examined surfaces.

Key words: swimming pools, fungi, bacteria, contamination, health state

UVOD

Bazenska kopalna voda je v največji meri izpostavljena kontaminaciji zaradi kopalcev ter vplivov okolja in je odličen medij za prenos mikroorganizmov. Ta lahko poteka po najrazličnejših poteh [1], iz kopalcev v vodo, na površine in v zrak ter obratno. Brez ustrezne priprave vode in izvajanja ukrepov za zaviranje rasti mikroorganizmov, bi kopalna voda predstavljala veliko tveganje za zdravje uporabnikov.

V praksi se z uporabo različnih postopkov priprave bazenske vode, kot so razkuževanje in filtracija, zmanjšuje možnost okužb v bazenskih kopališčih, zato so le te razmeroma redke [2].

Vse mikrobiološke preiskave kopalnih voda se opravljajo skladno z zakonodajo in ciljno, kar pomeni, da se v bazenskih vodah ugotavlja samo prisotnost naslednjih mikrobioloških parametrov: skupno število mikroorganizmov po 24 urni inkubaciji pri temperaturi 36 °C, prisotnost bakterij vrst *Escherichia coli* (*E. coli*), *Pseudomonas aeruginosa* (*P. aeruginosa*), *Legionella pneumophila* (*L. pneumophila*) ter v bazenih z morskovo vodo tudi *Staphylococcus aureus* (*S. aureus*) [3].

Skupno število mikroorganizmov pri 36 °C ± 2 °C kaže na učinkovitost postopkov priprave kopalne vode [4]. Mejna vrednost za parameter je 100 CFU (kolonijske enote) v 1 ml. Prisotnost bakterije *E. coli* v kopalni vodi dokazuje, da je le ta fekalno onesnažena. Mejna vrednost za parameter je 0 CFU v 100 ml. Bakterija *P. aeruginosa* se rada zadržuje v vlažnem okolju, tvori biofilme in je zelo odporna proti razkužilom. Njeno prisotnost povezujejo tudi z vnetji na koži (folikulitis) in vnetji zunanjega sluhovoda. Mejna vrednost za parameter je 0 CFU v 100 ml [3]. *L. pneumophila* predstavlja dejavnik tveganja v bazenih s temperaturo vode nad 23 °C in je ne smemo najti v 100 ml vzorca bazenske vode.

Pravilnik ne vključuje nekaterih parametrov, ki smo jih v kopalni vodi ugotavljali v okviru te raziskave in ki po pregledu literature prav tako lahko predstavljajo tveganje za zdravje, npr. druge vrste po Gramu negativnih bakterij, glive, virusi, itd.

Prav tako v Sloveniji nimamo zakonodajno opredeljenih normativov mikrobiološke onesnaženosti površin, s katerimi kopalci prihajajo v neposreden stik in lahko predstavljajo potencialno tveganje za njihovo zdravje, določenih nimamo niti mejnih vrednosti glede mikrobiološke kakovosti zraka na kopališčih.

Celostno obvladovanje tveganj na bazenskih kopališčih zahteva visoko stopnjo strokovnega znanja iz najrazličnejših področij, kjer lahko znanje sanitarnega inženirja odigra pomembno vlogo.

Z raziskavo smo želeli ugotoviti ali je prisotnost in število nekaterih, v zakonodaji neopredeljenih mikrobioloških parametrov v bazenskih kom-

pleksih tako visoka, da bi lahko predstavljali potencialno zdravstveno tveganje za uporabnike bazenskih kopališč ter jih upravljavci v okviru notranjega nadzora ne prepoznajo in zato tudi ne obvladujejo. Zato smo želeli ugotoviti prisotnost in vrste gliv, po Gramu negativnih bakterij ter skupno število aerobnih mikroorganizmov tako v bazenski vodi, kot tudi na površinah in zraku v izbranih bazenskih objektih.

MATERIALI IN METODE

Vzorčenje

Z vzorčenjem smo pričeli aprila in ga bomo predvidoma zaključili v novembru 2014. Na dveh srednje velikih dvoranskih bazenskih kopališčih v Sloveniji bomo v treh različnih terminih (glede na letni čas) odvzeli 36 vzorcev kopalne vode, 120 odtisov iz 10 mest različnih površin ter 48 vzorcev zraka. Prvo vzorčenje smo že izvedli v zimsko-pomladnem in drugo vzorčenje v poletnem terminu. Tretje vzorčenje načrtujemo v jesenskem terminu. V vsakem izbranem terminu smo vzorce odvzeli dvakrat in sicer na dan pričakovane močne obremenjenosti kopališča ter na dan, ko se je pričakovalo manjše število obiskovalcev. Obe vzorčenji sta si sledili v razmiku nekaj dni. S tem smo želeli ugotoviti, kakšen je vpliv števila obiskovalcev na rezultate, ki so bili pridobljeni v tej raziskavi. Za vzorčenje površin smo prednostno izbirali mesta, ki so pogosto v stiku s kopalci, kjer je velik % vlage in ni prisotnega klora, saj smo predvidevali, da klor kot dezinfekcijsko sredstvo zavira rast mikroorganizmov. Odtise smo jemali iz različnih površin (plastika, keramika, les, ...). Mesta vzorčenja zraka so bila določena tam, kjer se je pričakovala večja hitrost gibanja zraka. Vzorčenje kopalne vode, zraka in odtisov iz površin kopališča smo izvedli z inštrumenti in opremo, ki je na razpolago na Zdravstveni fakulteti, prav tako smo v laboratoriju te inštitucije izvedli mikrobiološka preskušanja.

Ob vzorčenju smo na mestu odvzema izmerili temperaturo zraka z termometrom Testo, relativno vlago z higrometrom, preostali prosti klor in pH kopalne vode pa z merilnikom HACH Pocket Colorimeter. Iz Evidenice obratovanja bazena, ki jih vodi upravljavec kopališča, smo pridobili podatke o številu obiskovalcev bazenskega kopališča, času ter načinu čiščenja površin v času vzorčenja.

Metode dela

Preiskave kopalne vode

Vzorce kopalne vode iz bazenov smo odvzeli v skladu z Navodilom za odvzem vzorcev kopalnih voda [5]. Prisotnost gliv smo ugotavljali v 1000 ml, po Gramu negativne bakterije v 100 ml in skupno število aerobnih mezofilnih mikroorganizmov (SŠMO) v 1 ml kopalne vode. Izvedli smo metodo membranske filtracije (Sartorius), filtre smo položili neposredno na selektivna gojišča YGC (za ugotavljanje gliv), DEV ENDO (za ugotavljanje predstavnikov družine *Enterobacteriaceae*) in gojišče s cetrimidom (za ugotavljanje vrst *Pseudomonas* spp.) [6]. Po inkubaciji smo prešteli porasle kolonije in jih prenesli na gojišče Czapek (za glive)

ter na Mueller Hinton Agar (za enterobakterije). Vsa gojišča so bila od proizvajalca Biolife. Skupno število aerobnih mikroorganizmov v 1 ml vzorca smo ugotavljali po standardni metodi [7]. Izvedli smo morfološko identifikacijo nitastih gliv z mikroskopiranjem in biokemijsko identifikacijo kvasovk ter po Gramu negativnih bakterij, poraslih na selektivnih gojiščih s cetrimidom in DEV ENDO (Api10S, API20AUX, BioMerieux).

Preiskave površin

Odtise površin (25 cm²) smo odvzeli s ploščicami Rodac z gojišči PCA (SŠMO), YGC in DEV ENDO [8]. Porasle kolonije smo identificirali, kot je navedeno v poglavju "Preiskave kopalne vode".

Preiskave zraka

Z inštrumentom MAS-100 – Microbial Air Monitoring Systems smo vzorčili 500 litrov zraka neposredno na petrijevi plošči z gojišči PCA in YGC. Izvedli smo osnovne mikrobiološke preiskave, ki temeljijo na standardni metodi štetja kolonij. Porasle kolonije smo identificirali, kot je navedeno v poglavju "Preiskave kopalne vode".

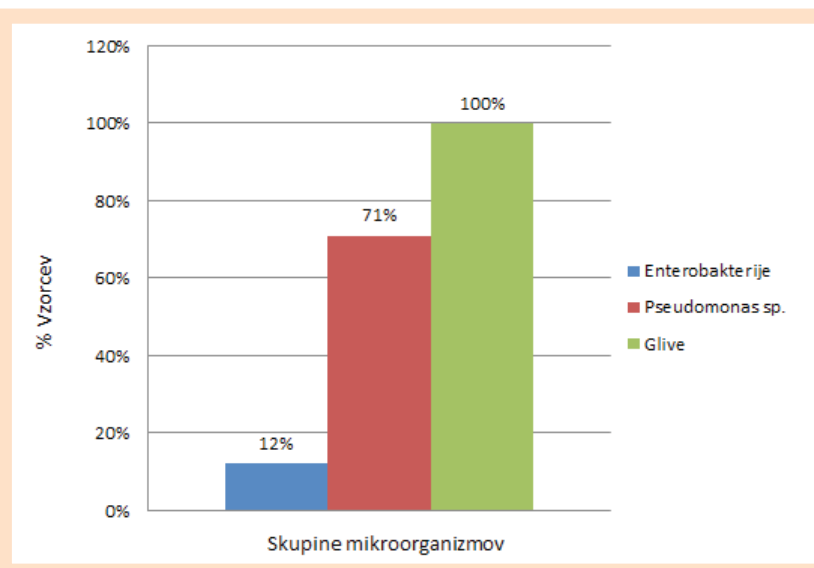
REZULTATI

V tem prispevku predstavljamo preliminarne rezultate odvzetih vzorcev v zimsko-pomladnem in poletnem terminu.

Rezultati preiskav mikrobiološke kakovosti kopalne vode

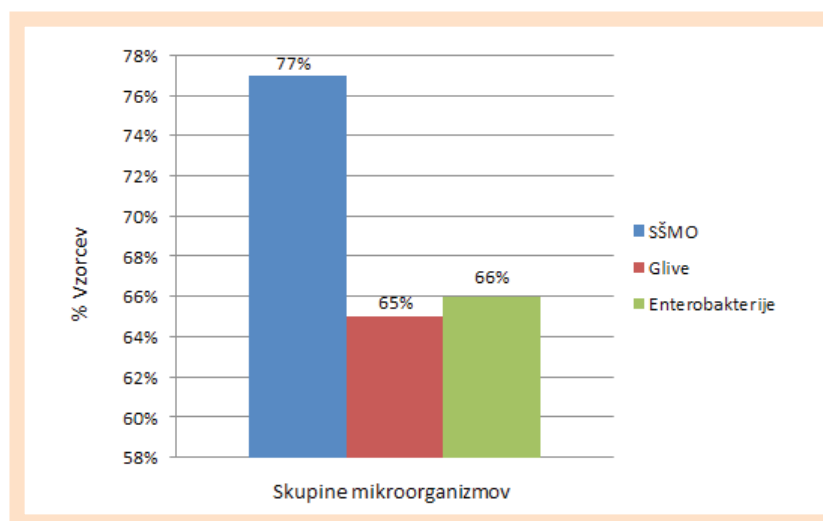
V kopalni vodi smo ugotovili glive v 24 (100 %) vzorcih, enterobakterije v 3 (12 %), predstavnike rodu *Pseudomonas* spp. v 17 (71 %) vzorcih (Slika 1). Izmed enterobakterij smo v vzorcih vode po biokemijski identifikaciji ugotovili predvsem predstavnike rodov *Pseudomonas* spp., *Yersinia* spp. in *Acinetobacter* spp., najpogostejše vrste gliv pa so bile iz rodov *Fusarium* spp., *Aspergillus* spp. in *Rhizopus* spp.

Slika 1:
Odstotek (%) vzorcev kopalne vode, v katerih smo ugotovili posamezne skupine mikroorganizmov.



Rezultati preiskav mikrobiološke kakovosti površin

Na površinah bazenskega kopališča smo SŠMO ugotovili na 62 (77 %) odtisih površin, glive na 52 (66 %) in enterobakterije na 53 (65 %) (Slika 2). Glive so bile v najvišjem številu prisotne na talni keramiki in sicer na prehodih iz nečistih v čiste dele kopališča (npr. pred bazenčkom za dezinfekcijo nog), zaradi česar predvidevamo, da se na tla kopališča prenašajo preko nog kopalcev. Glede povišanega števila gliv je izstopal še plastični ležalnik z režami. Prav tako je bilo največ enterobakterij ter bakterij rodu *Pseudomonas* na talni keramiki, predvsem na prehodih (npr. pred bazenom za dezinfekcijo nog) in lesenih stopnicah, ki so bile del bazenske ploščadi.



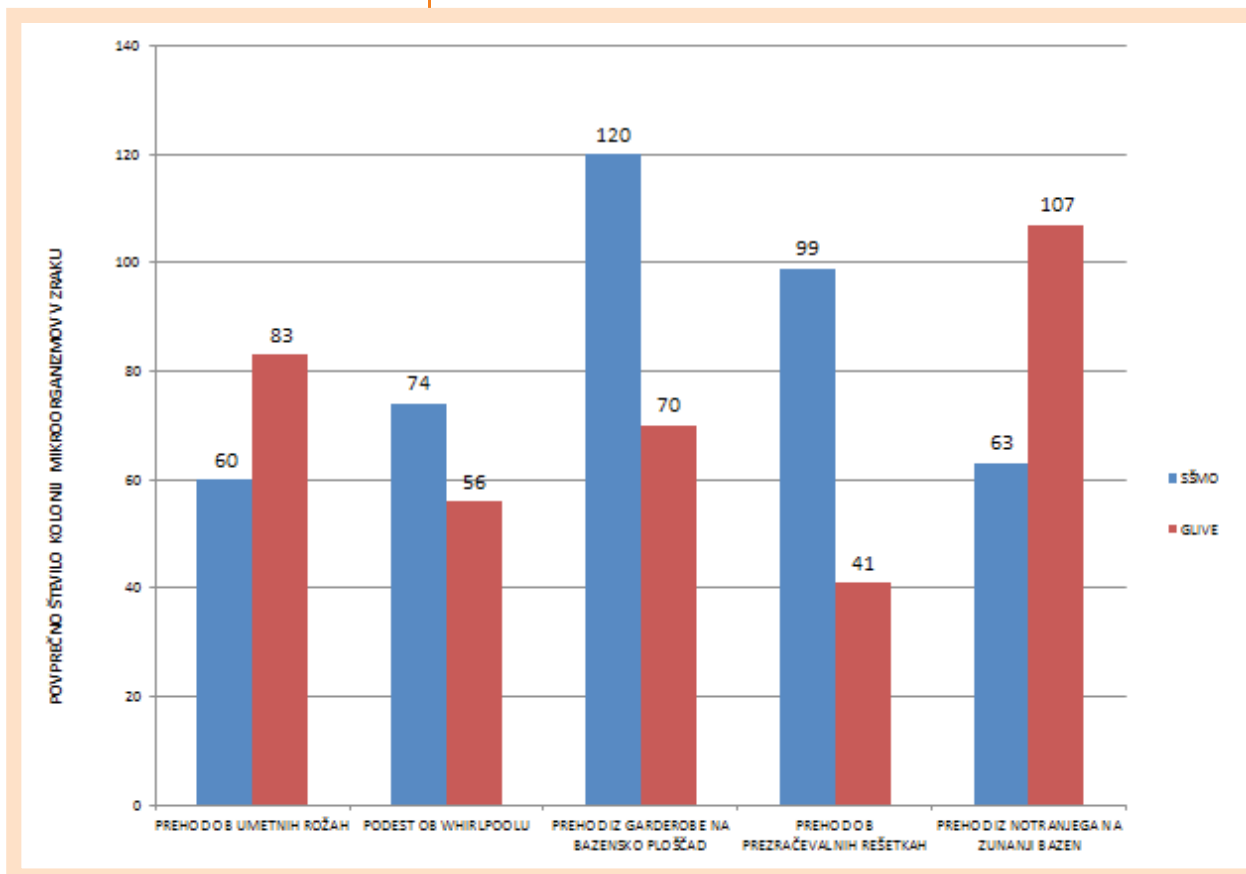
Slika 2:

Odstotek (%) odtisov površin, na katerih smo ugotovili posamezne skupine mikroorganizmov (na 25 cm²).

Rezultati preiskav mikrobiološke kakovosti zraka

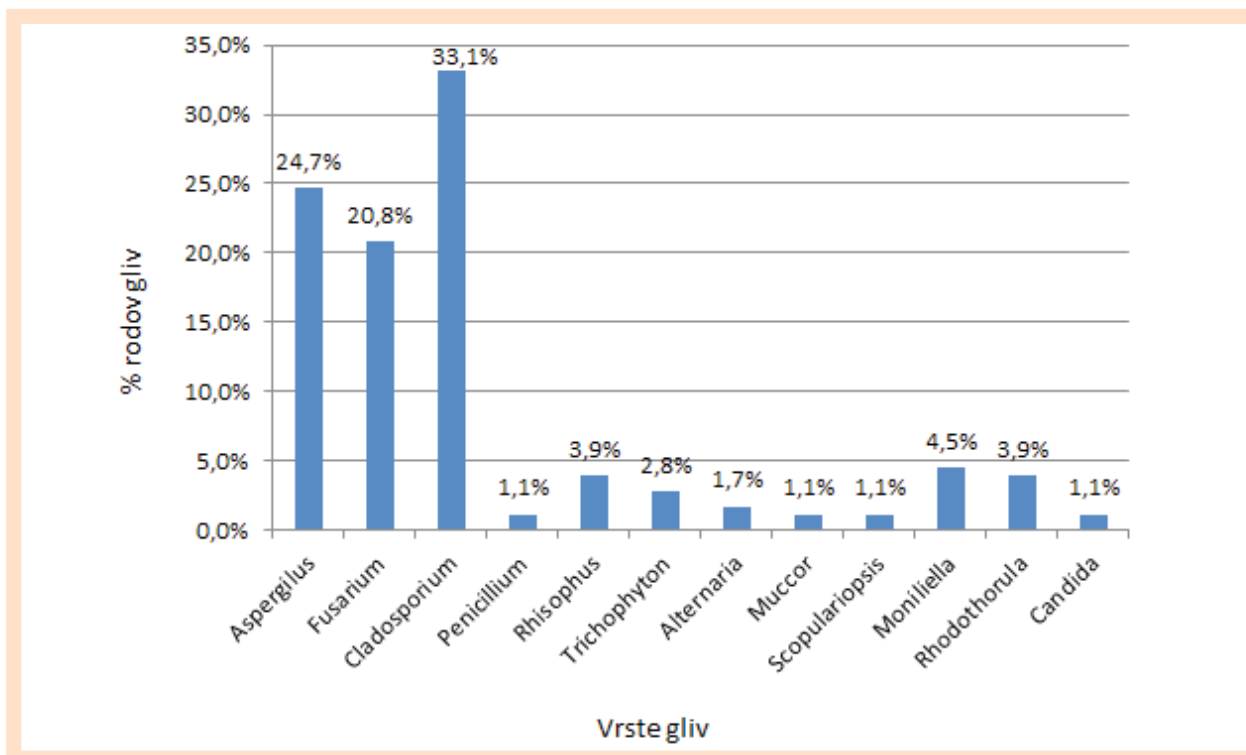
V zraku bazenskega kopališča je bilo najvišje povprečno skupno število mikroorganizmov (120 CFU/500 l) na prehodu iz garderobe na bazensko ploščad, kjer smo ob vzorčenju zaznali povečano gibanje zraka (prepih). Najvišje povprečno število kolonij gliv (107 CFU/500 l) pa smo zaznali na prehodu iz notranjega na zunanji bazen, kjer je bilo v času vzorčenja večje kroženje zraka zaradi odprtih vrat in pogostejšega gibanja obiskovalcev skozi prehod (Slika 3).

V obeh bazenskih kopališčih smo na površinah, vodi in v zraku v 33,1 % ugotovili glive rodu *Cladosporium*, v 24,7 % rod *Aspergillus* in v 20,8 % predstavnike rodu *Fusarium*. Kvasovke, zlasti iz rodov *Rhodotorula* in *Candida* so bile prisotne le v 5 % vzorcev (Slika 4).



Slika 3: Povprečno število kolonij mikroorganizmov v zraku na posameznih odzemnih mestih (v 500 l zraka).

Slika 4: Povprečen odstotek (%) posameznih rodov gliv v vseh vzorcih kopalne vode, površin in zraka v obeh bazenskih kopališčih.



RAZPRAVA

V bazenskih kompleksih predstavljajo kopalci osnovni vir okužbe, najpogosteje preko fekalne kontaminacije, vir potencialno patogenih mikroorganizmov pa predstavljajo normalna mikrobiota na koži, sluznicah in laseh ter nekateri mikroorganizmi v sluzi ali slini kopalcev [9].

V bazenskih kopališčih na higieno in s tem na kakovost kopalne vode ter ostalih površin pomembno vplivajo predvsem kopalci s svojimi navadami in načinom vedenja. Oboleli kopalci lahko s patogenimi mikroorganizmi neposredno onesnažijo kopalno vodo, površine predmetov ali materialov na objektu, kar lahko privede do okužb ostalih kopalcev, ki prihajajo v stik z onesnaženo vodo ali površinami. Kopalci so v bazenskih kopališčih pogosto izpostavljeni prisotnosti bakterij *P. aeruginosa* ter fekalnim koliformnim bakterijam [10]. V kopalni vodi lahko zasledimo še naslednje mikroorganizme: *Enterobacter* spp., *Citrobacter* spp., *Klebsiella* spp., in *Serratia* spp. [11, 12]. Kopalna voda predstavlja pomemben rezervoar za razrast in izpostavljenost bakteriji *P. aeruginosa*, saj imajo bazeni in vroče kadi kompleksen cevovodni sistem odtokov in prh, kar povzroča težave pri čiščenju [13]. *P. aeruginosa* je okoljska bakterija, ki je odporna proti mehanskemu čiščenju in izpiranju, nekateri bakterijski sevi lahko kažejo tudi odpornost proti razkužilom in antibiotikom [14].

Hajjartabar [14] je v raziskavi, ki je bila izvedena na javnih kopališčih v Teheranu ugotavljal mikrobiološko kakovost kopalnih voda. Kopalna voda je bila v 81,8 % mikrobiološko neskladna. Prisotnost bakterije *P. aeruginosa* je bila potrjena v 13 vzorcih, prisotnost fekalnih koliformnih bakterij pa v 7 od skupno 33 odvzetih vzorcev kopalne vode. Lutz in Lee [13] sta v Združenih državah Amerike izvedla raziskavo, v kateri sta ugotovila prisotnost bakterije *P. aeruginosa* v 23 vzorcih (21 %) kopalne vode in brisov, odvzetih na različnih površinah bazenov.

Tudi naši rezultati kažejo, da so predstavniki rodu *Pseudomonas* pogosto prisotni v kopalni vodi, saj smo jih našli v 17 (70,8 %) od skupno 24 vzorcev kopalne vode. Ne moremo pa potrditi, da gre za vrsto *P. aeruginosa*.

Davis in sodelavci [15] so dokazali, da so najbolj onesnaženi materiali na kopališču površine plastične prevleke ležalnikov in površine iz pene in gumijastih materialov, ki se nahajajo v vlažnem okolju bazenskega kopališča. Po naših podatkih so najbolj kritična mesta mikrobiološke kontaminacije talna keramika na prehodih ter lesene površine stopnic.

Pri obisku bazenskih kopališč pa obstaja tudi tveganje za okužbo nog z glivami, zlasti dermatofiti. Okuženi obiskovalci prenesejo glive na površine kopališča. Najpogosteje se okužba kaže kot glivična bolezen stopal, ki se imenuje *Tinea pedis*. Glive ostajajo žive na površinah v bazenskih kopališčih zelo dolgo, čas med izpostavljenostjo in pojavom bolezenskih znakov je precejšen [10, 16].

Bazenska kopališča so bogata z patogenimi in potencialno patogenimi glivami in tako lahko pri uporabnikih predstavljajo tveganje za glivične infekcije [17, 18], nevarnost za okužbo je še večja pri imunsko oslABLjenih osebah [19].

Z glivami se najpogosteje okužimo na vlažnih in toplih površinah, kjer se zadržuje veliko ljudi (skupne umivalnice, kopališča, zdravilišča, športni objekti). Bazeni za dezinfekcijo nog, ki so nameščeni na prehodu iz nečistega v čisti del kopališča, nas pred okužbo z glivami ne zaščitijo dovolj [20].

Da so glive prisotne v kopalni vodi, je bilo dokazano v raziskavi avtorjev Rasti s sod. [21], izvedeni na 200 vzorcih kopalne vode iz 4 bazenov. Ugotovili so prisotnost različnih vrst gliv v 27 % preskušanih vzorcev kopalne vode. Izoliranih je bilo 12 različnih vrst gliv, najpogosteje so bile prisotne vrste *Aspergillus* spp., *Penicillium* spp., *Rhizophus* spp. in *Fusarium* spp. Največ gliv je bilo prisotnih v poletnem času. Razlog za to naj bi bila visoka temperatura in neustrezna priprava kopalne vode (neustrezna kontrola vrednosti pH kopalne vode in neustrezna dezinfekcija). Pomembno vlogo pri širjenju glivičnih obolenj imajo tudi predhodna infektivna obolenja kopalcev [21]. Tudi naši rezultati nakazujejo, da so v kopalni vodi najpogosteje prisotne glive iz rodu *Fusarium* spp., *Aspergillus* spp. ter *Cladosporium* spp. V vseh odvzetih vzorcih kopalne vode, odtisov površin in zraka skupaj pa smo najpogosteje našli glive iz rodu *Cladosporium* spp. (33,1 %), *Aspergillus* spp. (24,7 %) in *Fusarium* spp. (20,8 %) (Slika 4).

Dejstvo, da so saprofitne glive in kvasovke v bazenskih kopališčih očitno dokaj odporne proti razkužilom, je bilo dokazano že v več raziskavah, s katerimi so v odvzetih vzorcih dokazali prisotnost nekaterih vrst gliv tako v kopalni vodi kot na površinah v kopališčih. Da so dermatofiti lahko odporni proti visokim koncentracijam klorovih pripravkov, dokazuje izolacija vrste *Trichophyton rubrum* iz bazenčka za dezinfekcijo nog, kjer so koncentracije preostalega prostega klora precej višje [22].

V raziskavi, ki jo je izvedel Hoseinzadeh in sodelavci [23], gliv v odvzetih vzorcih kopalne vode iz 4 notranjih bazenov niso našli, medtem ko so na ostalih površinah kopališča izolirali naslednje vrste gliv: *Cladosporium* spp., *Penicillium* spp., *Aspergillus* spp., *Alternaria* spp., *Aspergillus* spp., *Rhodotondula* spp. in *Phoma* spp. Kot glavni možni vzrok za odsotnost gliv v odvzetih vzorcih kopalne vode so navedli primerno dezinfekcijo kopalne vode ter primerno obnašanje kopalcev vključno z uporabo bazenčkov za razkuževanje nog. Vendar so glive ugotavljali v 100 ml in ne v 1000 ml vode.

Hilmarsdottir in sodelavci [24] so potrdili, da je obremenitev z glivami na površinah bazenskih kopališč večja v času večjega obiska kopalcev ter da je njihova prisotnost odvisna od učinkovitosti čiščenja, saj je količina gliv v odvzetih brisih površin v času pred začetkom obratovanja kopališča bistveno nižja. Tudi Viegas in sodelavci [25] so v raziskavi, ki je zajela 10 notranjih bazenskih kopališč, dokazali statistično pomembno povezavo med številom obiskovalcev kopališča ter številom gliv na površinah kopališča. Pomembnejše povezave med številom gliv v odvzetih vzorcih zraka in številom gliv iz brisov površin, niso dokazali. Prav tako niso dokazali pomembnejše povezave med številom gliv in relativno vlago ter temperaturo zraka izmerjeno na mestu odvzema brisov oz. vzorcev. Število gliv v odvzetih brisih se po izvedenem čiščenju

površin ni znižalo, v 47,3 % je bilo po čiščenju celo višje, kot pred njim, kar je v nasprotju z izsledki Hilmarisdottira s sodelavci [24].

Da je višje število izoliranih gliv lahko povezano z večjim številom obiskovalcev kopališča (dnevno povprečje v obdobju raziskave je bilo 385 obiskovalcev) je potrdil tudi Nanbakhsh in sodelavci [26]. Iz naših rezultatov ni razvidne pomembnejše povezave med številom obiskovalcev in prisotnostjo gliv na kopališčih.

Mnoge epidemiološke študije so pokazale, da glive ostanejo prisotne na tleh kopališča tudi po izvedenem čiščenju. Za čiščenje tal na bazenskih kopališčih je potrebno uporabljati učinkovita čistilna sredstva in razkužila, ki odstranjujejo in uničujejo glive [27]. Tudi UV sevanje se je izkazalo kot učinkovit ukrep za uničevanje patogenih dermatofitov na bazenskih kopališčih, kjer se termalna voda uporablja kot polnilna voda za bazene. Ta postopek zato Sisti s sod. predlaga kot ukrep za zmanjševanje tveganja z glivnimi infekcijami v bazenskih objektih [28].

Papadopoulou in sodelavci [29] so v 462 odvzetih vzorcih kopalne vode izolirali različne vrste gliv: *Candida albicans*, *Aspergillus* spp., *Mucor* spp., *Alternaria* spp., *Rhizopus* spp., *Trichophyton* spp. in *Penicillium* spp. Kot možen vzrok za prisotnost gliv so navajali vlažno okolje, večje izhlapevanje vode zaradi višje temperature vode v bazenu (34-36°C) ter neustrezen prezračevalni oziroma klimatski sistem.

Mnoge glive, ki jih lahko osamimo iz onesnaženega zraka, vode in površin, lahko predstavljajo biološko tveganje, tako za zaposlene, kot za uporabnike bazenskih kopališč, čeprav večinoma zares obolijo le imunsko oslABLJENE osebe. Brandi in sodelavci [30] so v raziskavi prikazali rezultate vzorčenja iz 10 bazenov v Italiji. V zraku in na površinah blizu bazena so bile prisotne glive iz rodov *Penicillium* spp., *Aspergillus* spp., *Cladosporium* spp., *Alternaria* spp, medtem ko kvasovke *Candida albicans* z uporabljenimi metodami niso ugotovili.

Z vidika vnosa nečistoč je higiensko zelo pomembno obvezno razkuževanje nog, prhanje, prepoved hoje v obvalu, smer obiskovalcev od nečistega k čistemu, prepoved vstopa živalim, ipd. [31].

Najpomembnejši preventivni ukrep pred okužbami z mikroorganizmi na bazenskih kopališčih je osveščanje uporabnikov kopališč o tveganjih, načinih širjenja in preprečevanju okužb, saj so glavni vir različnih mikroorganizmov v kopališčih obiskovalci sami. Ti se ne zavedajo pomena prhanja pred vstopom v bazen, oziroma uporabljajo bazen kljub temu, da niso zdravi. Pomembno je zavedanje kopalcev, da lahko z neprimernim obnašanjem na kopališču – v smislu neuporabe tuša pred vstopom v bazen, izogibanja bazenčku za dezinfekcijo nog, obisku kopališča kljub zdravstvenim težavam in podobno, prenašajo patogene mikroorganizme iz svojega telesa neposredno na bazenske površine in v kopalno vodo. Priporočljivo je, da ljudje z gastroenteritisom ne uporabljajo javnih objektov, medtem ko so bolni ali vsaj teden dni po preboleli bolezni [10]. Ljudje z glivično okužbo stopal naj ne obiskujejo kopališča, oziroma šele, ko nimajo več bolezenskih znakov. Upravljalci kopališč morajo dosledno vzdrževati površine bazenskega kopališča (čiščenje, razkuže-

vanje) predvsem sanitarnih prostorov, tušev, oblačilnic, s posebnim podarkom na površinah, kjer kopalci hodijo bos [10, 15].

Stopnja zdravstvenega tveganja za uporabnike kopališč je v tesni povezavi s številom obiskovalcev, saj so v primeru preseženih kapacitet kopališča vprašljive tehnološke zmogljivosti naprav za pripravo in vzdrževanje primerne kakovosti kopalne vode. Navedeno vodi v neizpolnjevanje fizikalno kemičnih parametrov, ki jih mora upravljavec kopališča vzdrževati ves čas obratovanja kopališča ter posledično v možen razrast raznovrstnih mikroorganizmov tako na površinah, v kopalni vodi kot tudi v zraku bazenskega kopališča. Na ta način se mikroorganizmi lahko prenašajo iz okolja bazenskega kopališča neposredno na uporabnike.

Da bi zmanjšali pojav patogenih mikroorganizmov na kopališčih je potrebno ugotoviti, kje na kopališču so mesta – kritične točke, ki jim predstavljajo ugodne pogoje za razmnoževanje. Na ta način upravljavci pri načrtovanju novih kopališč in saniranju že obstoječih lahko dobijo informacijo, kateri materiali in oprema so primernejši za uporabo in vzdrževanje. Da bi upravljavci lažje vzdrževali ustrezen higienski režim, morajo ugotoviti, kako obremenjenost kopališča, torej število obiskovalcev, vpliva na higiensko stanje.

Potrebno je motivirati upravljavce, da bolj promovirajo pomembnost tuširanja kopalcev pred vstopom v bazen ter jih ob neupoštevanju navodil temu primerno opozarjajo (npr: zaposleni na kopališču nosijo majice z napisom: Ali sem se pred vstopom v bazen stuširal?, po zvočniku v rednih časovnih presledkih javljajo opozorilo o obveznem tuširanju. Z malo vloženih stroškov lahko pripravijo in delijo zloženske obiskovalcem, kjer je razloženo, zakaj so ti ukrepi pomembni za njihovo zdravje.

Pomembno je, da se upravljavec kopališča zaveda pomena odgovorne osebe za izvajanje notranjega nadzora na kopališču, saj le ta lahko svoje delo učinkovito izvaja le v primeru zadostne strokovne usposobljenosti ter sposobnosti povezovanja različnih strokovnih znanj (mikrobiologija, kemija, tehnike priprave kopalne vode, zakonodaja, ...). Kopališča razvrščamo na majhna, srednja in velika, glede na velikost vodnih površin. Pogosto je velikost kopališča v povezavi z večjo obremenjenostjo. Večja kopališča bi zato morala za zagotavljanje ustreznega higienskega režima na mesto odgovorne osebe postaviti osebo, ki ima zadostno znanje glede prepoznavanja in obvladovanja tveganj v bazenskih objektih ter bi znala celostno pristopiti k reševanju problematike, ki se na kopališčih pojavlja, zlasti v času večje obremenjenosti s kopalci. Glede na navedeno, bi izobrazba sanitarnega inženirja v celoti ustrezala znanjem, ki jih mora imeti oseba za izvajanje notranjega nadzora na kopališču.

V nadaljevanju bomo rezultate dopolnili s preiskavami kopalne vode in rezultati na prisotnost virusov in ugotavljanjem odpornosti osamljenih sevov po Gramu negativnih bakterij proti antibiotikom v smislu širjenja odpornih mikroorganizmov v javnih objektih.

ZAKLJUČEK

Obvladovanje higienskih razmer v bazenskih kopališčih je zelo pomembno, saj se v njih nahaja veliko število ljudi, ki imajo različne higienske navade in zdravstvena stanja, kar lahko vpliva na mikrobiološko in kemijsko onesnaženost kopalne vode. Ta vloga je v glavnini prepuščena upravljavcem kopališč, vendar bi se tudi kopalci morali zavedati dejstva, da je v bazenih, bolj kot v drugih okoljih, njihovo dobro počutje in zdravje drugih ljudi, odvisno od njihovega pravilnega vedenja.

Kakovost kopalne vode v javnih bazenih je odvisna od učinkovitosti priprave kopalne vode, sanitarno higienskih razmer na kopališču in števila obiskovalcev. Upravljavec kopališča lahko prepreči onesnaževanje kopalne vode npr. s spodbujanjem tuširanja in uporabo stranišča pred vstopom na bazensko ploščad ter nadziranjem dovoljenega števila kopalcev. Možnost okužb v bazenskih kopališčih se zmanjšuje z doslednim in temeljitim čiščenjem in razkuževanjem površin, opreme in pripomočkov.

V naši raziskavi smo ugotovili, da je obremenjenost kopališč, tako kopalne vode, površin in zraka z mikroorganizmi (tudi potencialno patogenimi), velika. Zato je v prvi fazi potrebno oceniti, kje so tista najbolj kritična mesta, ki lahko predstavljajo zdravstvena tveganja za uporabnike kopališč. S tem namenom je potrebno izdelati podroben higienski načrt, v katerem se predvidi ustrezne načine čiščenja. Nadalje pa je zelo pomembno, da se upravljavec kopališča zaveda pomena odgovorne osebe za izvajanje notranjega nadzora, ki z zadostnim strokovnim znanjem vse te postopke lahko izvaja ter na ta način znižuje zdravstvena tveganja.

Opomba: Preliminarni rezultati, navedeni v prispevku, so del magistrskih del prvih dveh avtoric v okviru študija sanitarnega inženirstva 2. stopnje na Zdravstveni fakulteti v Ljubljani.

LITERATURA

- [1] Bitenc K, Gale I. Kakovost bazenskih kopalnih voda v Sloveniji v letu 2012. Ljubljana: Inštitut za varovanje zdravja RS. (Nacionalni inštitut za javno zdravje), 2013; http://www.ivz.si/Mp.aspx?ni=116&pi=5&_5_Filename=6751.pdf&_5_MediaId=6751&_5_AutoResize=false&p=116-5.3. (20.8.2013).
- [2] Bonnick DM. Swimming Pool Desinfection Techniques&Pitfalls. -In-Control of Water Quality and Public Health´ Conference at the Chancellors, Manchester. November 30, 2005.
- [3] Pravilnik o minimalnih higienskih zahtevah, ki jih morajo izpolnjevati kopališča in kopalna voda v bazenih. Ur List RS. 2011; 21(39): 5257-64.
- [4] Nacionalni inštitut za javno zdravje. Kakovost kopalne vode v bazenih v Sloveniji v letu 2013, 2014. http://www.ivz.si/Mp.aspx/?ni=116&pi=5&_5_Filename=attName.png&_5_MediaId=8176&_5_AutoResize=false&p=116-5.3 (15.07.2014).
- [5] Nacionalni inštitut za javno zdravje Republike Slovenije. Navodilo za odvzem vzorca kopalne vode, 2007. <http://www.nijz.si/> (20.8.2014).
- [6] International standard ISO 16266. Water quality – Detection and enumeration of *Pseudomonas aeruginosa* – Method by membrane filtration. International Standards Organisation, Geneva, Switzerland, 2006;1-14.

- [7] International standard ISO 6222. Water quality – Enumeration of culturable micro-organisms – Colony count by inoculation in a nutrient culture medium. International Standards Organisation, Geneva, Switzerland, 1999;1-4.
- [8] International standard ISO 18593. Microbiology of food and animal feeding stuffs – Horizontal methods for sampling techniques from surfaces using contact plates and swabs, International Standards Organisation, Geneva, Switzerland, 2004;1-8.
- [9] Pasquarella C, Veronesi L, Napoli C, Castaldi S, Pasquarella ML, Sacconi E, Colucci MF, Auxilia F, Gallucci F, Di Onofrio V, Tafuri S, Signorelli C, Liguori G. Swimming pools and health-related behaviours: results of an Italian multicentre study on showering habits among pool users. *Public health*. 2013; 127(7): 614-619.
- [10] World Health Organization. Guidelines for Safe Recreational Water Environments, Vol. 2: Swimming Pools and Similar Environments. 2006. http://www.who.int/water_sanitation_health/bathing/bathing2/en/ (15. 7. 2014)
- [11] Nabizadeh R, Samadi N, Sadeghpour Z, Beikzadeh M. Feasibility study of using complex of hydrogen peroxide and silver for disinfecting swimming pool water and its environment. *Iranian Journal of Environmental Health Science & Engineering*. 2008; 5(4), 235-242.
- [12] Agbagwa, OE, & Young–Harry, WM. Health Implications of some Public Swimming Pools located in Port Harcourt, Nigeria. *Public Health Research*. 2012; 2(6): 190-196.
- [13] Lutz JK, Lee J. Prevalence and antimicrobial-resistance of *Pseudomonas aeruginosa* in swimming pools and hot tubs. *International journal of environmental research and public health*. 2011; 8(2): 554-564.
- [14] Hajjartabar M. *Pseudomonas aeruginosa* isolated from otitis externa associated with recreational waters in some public swimming pools in Tehran. *Iranian Journal of Clinical Infectious Diseases*. 2010; 5(3): 142-151.
- [15] Davis T, Standridge J, Degnan A. Bacteriological analysis of indoor and outdoor water parks in Wisconsin. *Journal of water and health*. 2009; 7(3): 452-463.
- [16] Inštitut za varovanje zdravja Republike Slovenije. Glivična obolenja, ki se prenašajo v bazenskih kopališčih. Ljubljana, 2008; www.ivz.si (9. 12. 2013)
- [17] Ali-Shtayeh MS, Khaleel T Kh M, Jamous RM. Ecology of dermatophytes and other keratinophilic fungi in swimming pools and polluted and unpolluted streams. *Mycopathologia*. 2002; 156(3), 193-205.
- [18] Mahmoudabadi AZ, Rahnemaei S. Dermatophytic contaminations in sport centres of Jundishapur University of Medical Sciences, Ahvaz, Iran. *Turk J Med Sci*. 2012; 42(1): 177-178.
- [19] Matavulj MN, Vulikić N, Gojkovič I, Karaman MA. Conditionally pathogenic fungi in recreational waters. *Zbornik Matice srpske za prirodne nauke*. 2005; 109: 149-160.
- [20] Dolenc Voljč M. Glivične okužbe kože. Novo mesto: Krka d.d. Novo mesto. 2007; 1-20.
- [21] Rasti S, Assadi MA, Iranshahi L, Saffari M, Gilasi HR, Pourbabae M. Assessment of Microbial Contamination and Physicochemical Condition of Public Swimming pools in Kashan, Iran. *Jundishapur J Microbiology*. 2012; 5(3): 450-455.
- [22] Rafiei A, Amirrajab N. Fungal Contamination of Indoor Swimming Pools, Ahwaz, South – west of Iran. *Iranian J Publ Health*. 2010; 39(3): 124-128.
- [23] Hoseinzadeh E, Mohammady F, Shokouhi R, Ghiasian SA, Roshanaie G, Toolabi A, Azizi S. Evaluation of biological and physico-chemical quality of public swimming pools, Hamadan (Iran). *International Journal of Environmental Health Engineering*. 2013; 2(1): 21.

- [24] Hilmarsdottir I, Haraldsson H, Sigurdardottir A in sod. Dermatophytes in a Swimming Pool Facility: Difference in Dermatophyte Load in Men's and Women's Dressing Rooms. *Acta Derm Venereol* 2005; 85:267-268.
- [25] Viegas, C, Alves, C, Carolino, E, Pinheiro C, Rosado, L, Santos CS. Assessment of fungal contamination in a group of Lisbon's Gymnasiums with a swimming Pool. *International Journal of Occupational and Environmental Hygiene*. 2011; 2(1): 15-20.
- [26] Nanbakhsh H, Diba K, Hazarti K. Study of Fungal Contamination of Indoor Public Swimming Pools. *Iranian J Publ Health*. 2004; 33(1): 260-65.
- [27] Bobichon H, Dufour-Morfaux F, Pitort V. In vitro susceptibility of public indoor swimming pool fungi to three disinfectants. *Mycoses*. 1993; 36(9-10): 305-3011.
- [28] Sisti M, Pieretti B, De Santi M, Brandi G. Inactivation of pathogenic dermatophytes by ultraviolet irradiation in swimming pool thermal water. *International Journal of Environmental Health Research*. 2013. <http://www.tandfonline.com/doi/full/10.1080/09603123.2013.835034#.UsSB-9Luluc> (1. 12. 2013).
- [29] Papadopoulou C, Economou V, Sakkas H, Gousia P, Giannakopoulos X, Dontorou C, Filioussis G, Gessouli H, Karanis P, Leveidiotou S. Microbiological quality of indoor and outdoor swimming pools in Greece: investigation of the antibiotic resistance of the bacterial isolates. *International journal of hygiene and environmental health*. 2008; 211(3): 385-397.
- [30] Brandi G, Sisti M, Papparini A, Gianfranceschi G, Schiavano GF, De Santi M, Santoni D, Magini, Romano-Spica V. Swimming pools and fungi: An environmental epidemiology survey in Italian indoor swimming facilities. *International Journal of Environmental Health Research*. 2007; 17(3): 197-206.
- [31] Bauer M, Likar K. Izbrana poglavja iz higijene. Ljubljana: Visoka šola za zdravstvo, 2006; 155-158.

INSTRUCTIONS FOR AUTHORS

Scope

Sanitarno Inženirstvo/International Journal of Sanitary Engineering Research presents broad interdisciplinary information on the practice and status of research in environmental, food and occupational hygiene, epidemiology, the environmental engineering science, systems engineering, and sanitation. Papers focus on design, development of health engineering methods, management, governmental policies, and societal impacts of drink water, wastewater collection and treatment; the fate and transport of contaminants on watersheds, in surface waters, in groundwater, in the soil, and in the atmosphere; environmental biology, microbiology, chemistry, fluid mechanics, and physical processes that control natural concentrations and dispersion of wastes in the air, water, and soil; non-point source pollution on water-sheds, in streams, in groundwater, in lakes, and in estuaries and coastal areas; treatment, management, and control of hazardous wastes; control and monitoring of air pollution and acid deposition; air-shed management; and design and management of solid waste professional obligations facilities; food technology, management of food quality and food safety. A balanced contribution from consultants, sanitary engineers, and researchers is sought on engineering solutions and responsibilities.

Submission of Articles

All manuscript for Sanitarno Inženirstvo/International Journal of Sanitary Engineering Research should be submitted to:

Inštitut za sanitarno inženirstvo
Institute of Food Safety and Environment Health

Zaloška cesta 155
SI - 1000 Ljubljana
Slovenia
E-mail: info@institut-isi.si.

Your article will be submitted to the review process. All correspondence, including notification of the Editor's decision and request for revision, takes place by e-mail.

Submission of a paper implies that it has not been published previously, that it is not under consideration for publication elsewhere, and that, if accepted, it will not be published elsewhere in the same form, in English or in any other language, without the written permission of the publisher. Authors are solely responsible for the factual accuracy of their papers.

Types of Contributions

Original research articles: Research articles of 6,000-10,000 words (10 – 18 manuscript pages) in length, with tables, illustrations and references, in which hypotheses are tested and results. Research articles report on significant and innovative achievements, approaches and should exhibit a high level of originality.

Technical articles: Technical articles at least of 6,000 words (to 12 manuscript pages) in length, with tables, illustrations and references. Technical articles should re-

port on significant and innovative achievements of an already described innovation, experiences, state of the art technologies and know-how that are not based on new experiments and research.

Governmental initiatives: Reports on new or existing policies, governmental initiatives and programmes, have up to 2,000 words.

Educational Initiatives: Reports on research activities, education and training and new courses/approaches at academic institutions, training centres, initiatives of transferring knowledge, e-learning etc. The report should have 1.000 - 3.000 words (2 - 3 manuscript pages).

Conference reports: Reports on domestic and international conferences in particular interest to the readers of the *Sanitarno Inženirstvo/International Journal of Sanitary Engineering Research*. The length of the article should reach up to 2.000 words.

Book reviews, Software reviews: Reviews on new books and software relevant to the scope of the *Journal of Sanitary Engineering*, of approximately 500 – 1,000 words.

Calendar of Events: Forthcoming meetings, workshops and conferences of relevance to scope of the *Sanitarno Inženirstvo/International Journal of Sanitary Engineering Research*. The note should provide information on the date, title and venue, contact addresses for further contacts and the web page information if available.

Manuscript preparation

Cover letter: Cover letter should contain:

1. Title of the paper (without any abbreviations).
2. Full name(s) of the author(s).
3. Affiliation and addresses of the author(s).
4. Mailing address of the corresponding author (address, phone and fax number, e-mail).
5. A statement that the article is original, the manuscript or any part of it (except abstract) has not been sent to any other publisher or it is not in consideration for publication anywhere in any language.
6. A statement, that all authors read the article and agree with the content.
7. Written permission of the publisher for the use of tables, figures and any other part of the material in original form used in the article.
8. A statement of the ethical principals used during the experiments with animals (if any).

A copy of the cover letter must be signed by the corresponding author and sent to the editor by regular mail.

General: Manuscript must be prepared with Word for Windows, double-spaced with wide margin 25 mm. 12 pt Times New Roman font is recommended. Correct spelling and grammar are the sole responsibility of the author(s). Articles should be written in a concise and succinct manner. Research papers should have the following structure: 1. Title, 2. Authors and affiliations, 3. Abstract (max. 200 words), 4. Keywords (max. 6 words),

5. Introduction, 6. Methods, 7. Results and discussion, 8. Acknowledgements (if any), 10. References, 11. Vitae, 12. Figure captions and 13. Tables.

Technical and reviews articles should have a similar structure, abstracts should not exceed 150 words. All articles should be in English, except news, reviews and reports what can be in Slovenian, Croatian or Serbian. Chapters should be arranged according to the standards ISO 2145 and ISO 690. Abbreviations must be explained at the first mention in the text.

First page of the article should contain the title of the article (max. 10 words), author(s) name(s), institution and address. The corresponding author should be identified with an asterisk and footnote (the text in the footnote: to whom all correspondence should be addressed and added tel. and fax numbers, and e-mail). Second page should contain the abstract and keywords. An abstract of approximately 100 words should have the following structure: aims, scope and conclusions of the article.

Symbols and Units: Authors should follow the ISO 31 and IUPAC recommendations. Please note that all symbols should be written in italic; superscript and subscript are written normal.

Tables, figures and illustrations: Tables, figures and illustrations should be numbered consecutively and given a suitable caption, and each table, figure, and illustration should be given on a separate page and file. No vertical rules for tables should be used. Images should be of sufficient quality for the printed version (300 dpi minimum). Figures should be at good enough resolution (in EPS, JPEG, or TIFF format) to be assessed by the referees.

References: References should be numbered, and ordered sequentially as they appear in the text, methods, tables, figure captions. When numbered in the text, reference numbers should be in brackets, following the punctuation marks. If the cited reference has more than 3 authors, add the mark et al after the third author. References should be given in the following form:

- [1] Bhatt Siddharta M. Energy audit case studies II - Air conditioning (cooling) systems. *Appl Th Eng.* 2000; 20: 297-307.
- [2] American college of physicians. *Clinical Ecology.* *An Int Med* 1989; 111:168-78.
- [3] Vivian VL, ed. Child abuse and neglect: a medical community response. *Proceedings of the first AMA national conference on child abuse and neglect.* 1984 Mar 30-31; Chicago. Chicago: American Medical Assotiation, 1985.
- [4] Mansfield LW. How the nurse learns which imbalance is present. V: Moidel HC, Sorensen GE, Giblin EC, Kaufman MA, eds. *Nursing care of the patient with medical-surgical disorders.* New York: Mc Grow-Hill, 1971: 153-60.
- [5] Evaluation of the European Agency for Safety and Health at Work: http://osha.europa.eu/publications/other/20010315/index_1.htm (20. 12. 2006).

Letna naročnina za člane Zbornice sanitarnih tehnikov
in inženirjev Slovenije je vključena v članarino.

Za nečlane in pravne osebe znaša letna naročnina 140 €,
za tujino 160 € vključno z poštnino.

Annual subscription: 160 € including postage.

Na podlagi Zakona o davku na dodano vrednost
revija Sanitarno inženirstvo (International Journal of Sanitary
Engineering Research) sodi med proizvode, od katerih se
obračunava DDV po stopnji 8,5 %.

Revija Sanitarno inženirstvo izhaja 1-2 letno v 800 izvodih.
International Journal of Sanitary Engineering Research
appears 1-2 per year in 800 copies.

