

# Izzivi komunalne higiene – primer zagotavljanja zdravstveno neoporečne pitne vode

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

Irena **SUŠELJ ŠAJN**<sup>1</sup>, Stanko **TOMŠIČ**<sup>2</sup>, Polonca **TREBŠE**<sup>3</sup>,  
Nevenka **FERFILA**<sup>3\*</sup>

Received: 14. 10. 2014

Accepted: 6. 11. 2014

<sup>1</sup> Javno podjetje Kovod Postojna, vodovod, kanalizacija, d.o.o., Jeršice 3, 6230 Postojna, Slovenija

<sup>2</sup> Komunala Trebnje d.o.o., Goliev trg 9, 8210 Trebnje, Slovenija

<sup>3</sup> 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 higiena, 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 zadostna 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 flokule 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/m<sup>2</sup> oz. 40mJ/cm<sup>2</sup> 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 ustrežno 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](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](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.