

# MODELI REŠENJA U CILJU POBOLJŠANJA KVALITETA PIJAĆE VODE

dipl. maš. inž. Danko Milenić

**Rezime:** Integracija savremenih rešenja i naučnih dostignuća u zaštiti prirodnih izvorišta vode i u procesu proizvodnje i prerade otpadnih voda, doprinosi stvaranju uslova za razvoj zdrave sredine sa zdravim ljudskim resursima. Kvalitet pijaće vode je jasan pokazatelj društveno ekonomskog stanja jedne regije ili pak države u celini. Samo zdrava pijaća voda je kvalitetna voda. Svetska kretanja ukazuju da će izvorišta čistih voda u 21. veku biti važnija od izvorišta nafte i prirodnog gasa. To nam ukazuje da moramo, na svaki mogući način da zaštitimo naše resurse.

**Ključne reči:** kvalitet pijaće vode, modeli rešenja, poboljšanja, proces predozonizacije.

**Abstract:** Integration of modern solutions and scientific achievements in the protection natural sources of fresh water and in the same way process of production and in processing of waste water, contributes to the creation of conditions for the development of a healthy environment with healthy human resources. Quality drinking water is a clear indicator of social economic state of one region or state as a whole. Only healthy drinking water is a quality water for drinking. World trends indicate, that clean water sources in 21st century will be more important sources, then oil and natural gas. That indicate to us, that we have to protect our resources in every possible way.

**Key words:** quality of drinking water, models of solutions, improvements, ozone process.

## 1. UVOD

Voda je najznačajniji prehrambeni proizvod na celom svetu. Problem nepostojanja ili zdravstveno neispravnih voda za ljudsku upotrebu pogađa veći broj ljudi nego glad i nehranjenost. Procenjuje se da 1.1 milijarda ljudi nema pristup čistoj pijaćoj vodi, dok 2.6 milijardi ljudi nema odgovarajuće sanitarne uslove. Većinski deo stanovništva sa ovim životnim problemima se nalazi na prostoru Afrike i Azije. Troškovi za rešavanje ovakvih problema su visoki, a problemi se uvećavaju kako rastu pritisci za pijaćom vodom. U vršenim analizama proračunato je da za stvaranje novih akumulacija za preradu vode, novac koji bi se izdvojio iznosio bi od 20 do 55 dolara po osobi, dok izrada cevovoda do kuća potrošača iznosi od 92÷142 dolara po osobi. Ovakvi problemi pogađaju i zemlje u razvoju. Značaj distribucije zdrave pijaće vode je životno pitanje. Ukoliko ne vodimo računa o izvorištima i prirodnoj sredini u kojoj živimo imamo predispozicije da trajno zatrujemo naše akumulacije sirove vode. Stepenn zagađenosti sirove vode direktno utiče na kvalitet pijaće vode, a takođe poskupljuje proces proizvodnje pijaće vode.

Razmatramo koji kvalitet pijaća voda mora da zadovolji, trenutno stanje u oblasti pijaće

vode-region, lokalni problemi koji se odnose na kvalitet vode, rešenja u cilju poboljšanja kvaliteta pijaće vode, koji se mogu odnositi na sve zemlje u razvoju.

## 2. KVALITET PIJAĆE VODE NA PODRUČJU EVROPSKE REGIJE

Područje Balkana u velikoj meri što se tiče vodenih resursa zavisi od atmosferskih padavina, koje se na godišnjem nivou konkretno na teritoriji Bugarske kreće od 9 do 24 milijarde metara kubnih. Ovakav ishod u vodenim resursima imaju Poljska, Češka, Belgija i Kipar što predstavlja nepovoljne obime vodenih resursa i čini ih najsiromašnijima po tom pitanju. Uzimajući u obzir rezultate naših suseda i svih regionalnih dešavanja, a posebno prirodne promene u našem regionu, dolazimo do podataka da se protok površinskih voda smanjio za 24÷40%. Ovi podaci su dokaz globalnih ekoloških poremećaja.

Bugarska sa vodom raspolaže u sledećim odnosima;

- Snabdevanje pijaćom vodom 8÷10%
- Navodnjavanje 5÷35%
- Industrisko snabdevanje vodom 20÷26%

- Proizvodnja drugih vrsta energije uz pomoć vode 15÷35%

Što se Srbije tiče, naši resursi su veliki i po podacima iz UN nalazimo se na 47. mestu po rezervama zdravih i pitkih voda, a po kvalitetu smo među kvalitetnijima u svetu. Naše obaveze prema nama samima, a takođe i prema zahtevima EU su da do 2015. obezbedimo da polovini stanovništva bez održivog pristupa ispravnoj pijaćoj vodi, omogućimo pristup istoj. Pre 20 god. kvalitet naše vodovodne vode bio je jednak najboljim inostranim flaširanim vodama, tako da u oblast proizvodnje pijaće vode treba uložiti 2 milijarde eura da bi se očuvalo normalno snabdevanje stanovništva pijaćom vodom. Što se tiče profita koji ostvaruju pogoni za proizvodnju pijaće vode i prečišćavanje otpadnih voda on iznosi od 2÷5% na godišnjem nivou. Ovi indikatori ukazuju da fabrike za proizvodnju i preradu voda imaju male kapacitete da investiraju u adaptiranje i nadogradnju proizvodnih kapaciteta. Sto se tiče problema u snabdevanju pijaćom vodom uglavnom se poklapaju sa problemima bilo koje fabrike vode.

Oko 88% cevovoda za snabdevanje pijaćom vodom izrađeni su od azbestno-cementnih cevi i čeličnih cevi od nastanka vodovoda pa sve do devedesetih godina prošlog veka, tako da su ovi sistemi odavno prevaziđeni i imaju znatno umanjeni stepen operacione efikasnosti. Seoska domaćinstva se snabdevaju iz lokalnih izvorišta i nisu priključena na vodovodnu mrežu sem u slučajevima gde magistralni cevovodi prolaze kroz atare istih. S obzirom na kapacitete kojima gradovi raspolazu, snabdevanje vodom i u kritičnom letnjem periodu je stabilno ali se vrši apel na građane, da ne rasipaju vodu na zalivanje zelenih površina ili u prigradskim sredinama na zalivanje bašta i povrtnjaka.

Problem gubitaka pijaće vode je univerzalan i on pogađa direktno proizvodnju, gubici na nivou fabrika voda u Bugarskoj iznosili su i do 60% od ukupne proizvodnje. Uzročnici ovolikih gubitaka su:

- Amortizacija cevovoda za snabdevanje pijaćom vodom, kao rezultat isteka

amortizacionog perioda i poroznosti materijala;

- Neispravnosti merača protoka (odstupanja pri merenjima);
- Neispravnost zaštitne opreme cevovoda, pumpnih stanica;
- Neefikasna operativnost na sistemu za vodosnabdevanje;
- Energetska neefikasnost;
- Krađa vode iz sistema.

Svi opisani problemi su problemi koji se javljaju u bilo kojem vodovodnom sistemu, stoga postoji samo stepen uspešnosti otkonjenih problema. Jasno je i da stepen razrešenih problema zavisi od mnogo faktora. Jedno je sigurno da svi ovi parametri presudno utiču na kvalitet pijaće vode, koja se distribuirala korisnicima u bilo kojoj regiji.

### **3. MERE ZA REŠAVANJE PROBLEMA I UNAPREĐENJE KVALITETA VODOVODNIH USLUGA**

Uvek se teži postizanju kvantiteta i kvaliteta u snabdevanju korisnika zdravom pijaćom vodom. Stepem naše uspešnosti zavisice od nas samih u kojoj meri budemo zaštilili izvore sirove vode i realizovali mere koje su svaka za sebe od izuzetne važnosti;

- ✓ Unapređenje u upravljanju vodovodnim resursima uvođenjem ISO standarda (npr. sertifikacija laboratorija za ispitivanje pijaće vode);
- ✓ Regulacija izvorišta (vodotoka reka, čišćenje bumara i sl.);
- ✓ Podela visinskih zona i sekcija (racionalizacija pritisaka u cevovodu srazmerno potrošnji);
- ✓ Zaštita zahvata od prekomernog iscrpljivanja;
- ✓ Stvaranje što šireg ekološkog bezbednog pristupa oko izvorišta (akumulaciona jezera, narušavanje eko sredine usled ljudskog faktora);
- ✓ Uvođenje upravljačkih informacionih sistema (SCADA u vodosnabdevanju);

- ✓ Osavremenjavanje procesa prerade vode (proces ozonizacije, ultravioletno svetlo, reverzibilna osmoza,);
- ✓ Rekonstrukcija vodovodne infrastrukture (vodovodnih cevi i opreme kao sastavnog dela cevovoda i pumpnih stanica);
- ✓ Provera rezervoara (ispitivanje čistoće, mogućih gubitaka vode, zaštita od spoljašnjih uticaja);
- ✓ Redovno ispiranje deonica cevovoda;
- ✓ Ekonomsko regulisanje cene vode u zavisnosti od namene potrošnje vode i podela cenovnika na osnovu potrošnje.

Razmotrimo kako poroznost cevi utiče na;

- Frekventna pucanja cevovoda, samo pucanje vodovodne cevi izaziva kontaminaciju pijaće vode i nakon saniranja, jer se deo nečistoća zadrži u delovima linija u nekom kratkom periodu,
- Uvećavaju se troškovi održavanja (aktivirana mehanizacija, ljudstvo i oprema, raskopavanje ulica ili privatnih poseda),
- Nezadovoljstvo građanja zbog nestanka pijaće vode,
- Direktna curenja iz sistema i direktne troškove, jer se vrši rasipanje gotovog proizvoda (uvećani troškovi proizvodnje),
- Gubici energije za transport fluida.

Da bi na ovaj način poboljšali kvalitet pijaće vode postoje primenjene metode, koje savetuju i primenjuju sledeće aktivnosti;

- ✓ Podelom vodovodnog sistema na zone i sektore radi lakšeg evidentiranja gubitaka u pojedinim sektorima (ugradnja merača protoka),
- ✓ Upotreba odgovarajuće ispitivačke opreme za efikasnu kontrolu i ispitivanje gubitaka vode iz sistema,
- ✓ Oprema za detektovanje kvarova (curenja na mreži),
- ✓ Postepena rekonstrukcija vodovodne mreže i izvorišta.

Jedno od velikih pitanja posebno u zemljama u razvoju je ulazak privatnih i stranih investitora u proces prerade pijaće vode. Postoje

razni modeli privatizacije ovog sektora, a jedan od mogućih scenarija je davanje određenih izvorišta u zakup na određeni period ili već izrađenih vodovodnih sistema uz obaveze koje se dogovaraju u skladu sa interesom države i stanovništva. Ovaj pristup ne garantuje poboljšanje kvaliteta pijaće vode i nosi sa sobom dodatne rizike.

#### 4. KONTROLA KVALITET PIJAĆE VODE

Za proces proizvodnje pijaće vode, veoma je bitno odrediti karakteristike sirove vode njeno fizičko, hemijsko i mikrobiološko stanje, Detaljna analiza kvaliteta vode bilo koje akumulacije uzima u obzir posebne analize kretanja prosečnih vrednosti koncentracije gvožđa, mangana i utroška kalijum-permanganata u funkciji vremena. Svi rezultati prikupljeni na osnovu analiza o kretanju kvaliteta vode su naš direktni pokazatelj u kojoj meri treba izvršiti prečišćavanja sirove vode.

Analize naših voda ukazuju da je:

- konstantno slabo alkalna,
- kvalitet vode na akumulacijama zavisi od dva faktora, a to su: temperatura vode i biološki procesi.

Ovo se odnosi na dva procesa – proces stratifikacije<sup>1</sup> i eutrofikacije<sup>2</sup> i količine organskih materija.

Temperatura vode, ima direktan uticaj na sadržaj kiseonika u vodi, na koncentraciju amonijaka, nitrata i ostalih parametara. Sa aspekta dva faktora zaključujemo da promena godišnjih doba direktno utiče na kvalitet pijaće vode tkz. hidrološki ciklus, dok biološki procesi u okviru akumulacije utiču na povećanje koncentracije organskih materija, mangana i boje.

<sup>1</sup> Slojevi unutar akumulacije.

<sup>2</sup> Cvetanje vode-taloženje štetnih primesa na površini vode. (soli, bakterija i algi koje onemogućavaju obogaćivanje vode kiseonikom)

## Godišnji ciklusi i periodi promene parametara;

**Temperatura vode:** od minimalne (mesec februar) do maksimalne vrednosti (septembar).

**Sadržaj rastvorenog kiseonika:** (u funkciji temperature vode i stratifikacije vodenih slojeva različitih gustina tokom godine). Minimalne vrednosti registrovane u septembru (mg/l), dok se maksimalna vrednost beleže u martu ( mg/l).

**pH vrednost:** u opsegu od – do(-).

**Sadržaj gvožđa:** od (mg/l) ÷ do (mg/l) maksimalnih vrednosti maj mesec.

**Sadržaj mangana:** odražava se u odnosu na količinu ratvorenog kiseonika i temperauru vode. Minimalne vrednosti zabeležene su u februaru martu i aprilu, a maksimalne vrednosti zabeležene su u septembru (mg/l).

**Utrošak kalijum permanganata:** čime se meri prisustvo i drugih oksidabilnih elemenata. Maksimalna dozvoljena količina do 8mg/l. Maksimalne registrovane količine se beleže u mesecu (mg/l) martu, a minimalane (mg/l) julu.

**Sadržaj amonijum jona:** je visok u periodu jun-septembar..

**Sadržaj nitrita:** od-do (mg/l).

**Mutnoća vode:** opseg od-do (NTU)

**Boja u vodi:** period merenja tokom cele godine i vrednosti (Pt-Co skale).

Dodatna ispitivanja u toku godine se vrše po dubini po parametrima; temperatura vode, rastvoreni kiseonik, provodljivost, pH vrednost i prozirnost vode. Analiziraju se dodatni parametri; alkalitet, UV, NTU, ukupna tvrdoća, utrošak KMnO<sub>4</sub>, sadržaj gvožđa, mangana , amonijum jona i TOC.

Vrše se i ispitivanja sirove vode na ulazu u postrojenje po svim navedenim parametrima.

Na osnovu dobijenih analiza vrši se izbor procesa prerade vode, a kao jedino savremeno rešenje u tretmanu vode jeste proces

predozonizacije koje predstavlja konvencionalno rešenje.

## 5. PROCES OZONIZACIJE

Ozon kao izuzetno oksidaciono sredstvo brzo reaguje sa većinom organskih i neorganskih jedinjenja, unistavajući mikroorganizme i viruse, pri čemu je neželjeni efekat dejstva na prerađenu vodu jednak nuli tj. nema ga. Ubacivanjem ozona u vodu pri širokom opsegu temperatura i pH vrednosti efekat koji se ostvaruje je fizička disorpcija, hemijska oksidacija i hemijska oksidacija slobodnim radikalima. Uvođenje procesa ozonizacije vezuje se za uklanjanje gvožđa i mangana unutar pijaće vode i ovde se zahteva veći stepen energije radi uklanjanja štetnih elemenata.

*Ozon potpomaže proces koagulacije i flokulaciju dispregovanih čestica, direktno smanjujući neophodnost drugih hemikalija u procesu prerade u proseku od 30-40%. Upotreba ozonskog prečišćavanja javila se kao posledica pooštavanja zahteva za kvalitetom pijaće vode, a posebno za smanjenjem nusprodukata dezinfkacionih sredstava. Činjenica je da je proces ozonizacije započet na početku prošlog veka, a u službu ljudskog dobra se počeo širiti 60-ih godina prošlog veka, dok se sada postrojenje za preradu vode ne može zamisliti bez ovog delimičnog procesa prerade pijaće vode. Efekat ozona se povećava ako sirova voda pre procesa ozonizacije prođe tretman uklanjanja organskih, suspendovanih materija i mutnoće. Osnovno, zbog čega se ozon primenjuje jeste da nema *kancerogeno* dejstvo i da se u prisustvu oksidujućih materija vrlo brzo raspada u vodi. Ozon predstavlja trovalentni kiseonik koji je teži od vazduha i slabo je rastvorljiv u vodi, a specifičnog je mirisa, izuzetno je toksičan u koncentracijama većim od 0.02mg/l vazduha. Njegovo prisustvo u vazduhu je jako opasno i 1% ozona u vazduhu izaziva smrt u roku od 10 minuta.*

### Prednosti primene ozona

- Oksiduje gvožđe, magnezijum sulfide;
- Otklanja elemente koji vodi daju ukus, miris i boju;

- Vreme kontakta u procesu dezinfekcije je minimalan;
- pH vrednost sirove vode nije uslovljena za primenu tretmana ozonom;
- Veća efiksnost u otklanjanju mikroorganizama i virusa u odnosu na hlor, hlor-dioksid i hloramin;
- Ne formiraju se halogeni-supstituisani dezinfekcioni nus produkti;
- Nakon razgradnje ozona kao rezidual se jedino javlja kiseonik.

### Mane primene ozona

- Početna cena opreme za ozonizaciju je visoka;
- Zahteva generalizaciju velike količine energije;
- Potrebni su biološki aktivni filteri za uklanjanje asimilirajućeg organskog ugljenika i biodegradibilnih dezinfekcionih nus produkata;
- Ozon nema rezidualno dejstvo;

## 6. PRAVILNIK O HIGIJENSKOJ ISPRAVNOSTI VODE

### *Pravilnik o higijenskoj ispravnosti vode za piće ("Sl. list SRJ", br. 42/98 i 44/99)*

Ovim pravilnikom se propisuje higijenska ispravnost vode za piće koja služi za javno snabdevanje stanovništva ili za proizvodnju namirnica namenjenih prodaji.

Sva preduzeća koja se bave preradom pijaće vode svoje parametre vode moraju da usaglase sa postojećim pravilnikom i svako nepridržavanje u skladu sa postojećim pravilnikom predstavljalo bi ugrožavanje ljudskih života i strogo kršenje zakona.

Sve fabrike voda se u potpunosti vode zakonskim aktima odnosno pravilnikom o higijenskoj ispravnosti vode za piće ("Sl. list SRJ", br. 42/98 i 44/99). Poseduju adekvatne laboratorije za analizu pijaće vode po mogućstvu u centrima za preradu vode i centralnu laboratoriju koja vrši apsolutnu kontrolu nad ostalim laboratorijama i usputno prema zakonskim normama vrši dodatne kontrole pijaće vode. Neophodna je akreditacija laboratorija prema ISO 17025:2005 standardu. Akredizaciono telo koristi

standard ISO 17025:2005, za priznavanje kompetentnosti Laboratorija, koji definiše zahteve za to, a koji se odnose na: (QM) Laboratorije, i tehničke kompetencije dobijenih rezultata ispitivanja (QA) Laboratorije.

Poštovanje zakonskih regulativa, osavremenjavanje laboratorija i usavršavanje stručnog kadra iz ove oblasti i uvođenje stanarda su četiri osnovna aspekta koja vode do poboljšanja kvaliteta pijaće vode. Jednostavno rečeno, ako imamo što tačnije parametre izlaznih vrednosti, u većoj meri možemo delovati na ulazne vrednosti i regulisati ih na kvalitetniji način, umanjujući troškove i stvarajući viši stepen kvaliteta.

## 7. ZAKLJUČAK

Dvadeseti vek predstavljao je vek energenata, tako da 21. vek nosi novi vid energije koji će se u sve većoj meri primenjivati, a kao rezultat nemarnosti prema izvoristima predpostavlja se da će vrednost pijaće vode prevazići vrednosti naftnih derivata. Uloga svih fabrika voda u preradi pijaće vode je da obezbedi kvalitetnu pijaću vodu za građane i da je sa svojim tehničkim i tehnološkim znanjima stalno unapređuje. Vizija fabrika voda je da razvija savremenu samoodrživu proizvodnu instituciju koja može da ima kvantitet i kvalitet u proizvodnji. Kreativnost fabrika voda se odnosi na primenu savremene tehnologije kao rešenja za praktičnu profesiju. Doprinos fabrika voda se odnosi na podršku regionalnom razvoju u kome ima za cilj da širenjem svojih kapaciteta zadovolji potrebe rasta gradske i prigradske sredine.

Iz izloženog se vidi da:

- Prerada pijaće vode nosi izuzetne kompleksne i dinamične zahteve koji su praćeni rizikom,
- Proces proizvodnje i postizanje kvaliteta pijaće vode zahteva primenu sistemskog i procesnog pristupa primene ISO standarda,
- Jedini i pravi put je očuvanje i unapređenje tretmana pijaće vode, pojedinih procesa koji su dugotrajni i iziskuju puno sredstava, tako da se evidentiraju i postepeno planski rešavaju,
- Još jedna važna činjenica koja može bitno da utiče na kvalitet pijaće vode jeste ekološka svest građana, koja se mora podići na što viši nivo radi zaštite prirodne sredine i indirektno izvorišta sirove vode.

## 8. LITERATURA

- [1] „Urban water menagment“- Roumen Arsov, Jiri Marsalek, Ed Watt and Evzen Zeman(IV Earth Enviromental Sciences- vol. 25);
- [2] „Pravilnik o higijenskoj ispravnosti vode“ - (“Sl. list SRJ”, br. 42/98 i 44/99);
- [3] “Akreditovana Laboratorija kao Model za Unapredenje Kvaliteta u Organizaciji”-

Vidosav D. Majstorović, Nada Majkić (Mašinski fakultet, Beograd Institut za medicinsku biohemiju, Farmaceutski fakultet i Klinički centar, Beograd);

- [4] “Educate-Yourself”-*The Freedom of Knowledge, The Power of Thought* © By Ken Adachi [Editor@educate-yourself.org](mailto:Editor@educate-yourself.org) <http://educate-yourself.org/ozone/>