

ELEMENTI BILANSA VODOVODNIH SISTEMA – METODOLOGIJA I TERMINOLOGIJA

Branislav BABIĆ, Ognjen GOVEDARICA, Aleksandar ĐUKIĆ
Univerzitet u Beogradu - Građevinski fakultet

REZIME

U domaćoj literaturi i praksi planiranja, projektovanja i eksploatacije vodovodnih sistema postoje različiti termini i metodologije za obračun i prikazivanje komponenti potrošnje vode za piće i drugih komponenti vodnog bilansa u vodovodima. Za potrebe vodoprivrednih analiza i planiranja, u praksi i legislativi Republike Srbije nije unificirana metodologija i terminologija određivanja potreba za vodom za vodosnabdevanje. U radu je dat predlog terminologije i metodologije koja na jasan i nedvosmislen način definiše pojedine komponente potrošnje i potreba za vodom. Analizirana je kompatibilnost predložene metodologije sa podacima sa kojima obično raspolažu vodovodska preduzeća, kao i sa IWA metodologijom bilansa u vodovodima.

Ključne reči: vodovod, potrošnja vode, potrebe za vodom, zahvaćena voda, metodologija

1. UVOD

Količine vode koje je potrebno zahvatiti iz raspoloživih vodnih resursa za potrebe snabdevanja vodom za piće naselja sastoje se od nekoliko komponenti:

- potrošnje vode različitih kategorija potrošača (domaćinstva, ustanove, industrija, itd.),
- gubitaka vode (isticanje kroz spojeve i oštećenja cevovoda, preliivanja iz rezervoara, ilegalna potrošnja, greške u očitavanju i obračunu potrošnje itd.),
- protivpožarnih potreba za vodom i dr.

Poslednjih decenija jedna od značajnijih konceptijskih promena u vodnom sektoru dešava se u sferi odnosa prema bilansu vode u sistemu gde se pažnja preusmerava na pouzdano poznavanje bilansa vode, smanjivanje gubitaka vode, informatičku podršku merenju i vođenju procesa, smanjivanju neodređenosti u merenju i povećanju pouzdanosti čuvanja i obrade podataka.

Obzirom da su se metodologije određivanja vodnog bilansa razlikovale u pojedinim zemljama, Radna grupa Međunarodne asocijacije za vodu (IWA) predložila je metodologiju za određivanje vodnog bilansa [1], koja je prihvaćena i od strane AWWA [2].

Međutim, preporuke IWA vode računa o bilansu vode samo u vodovodnom sistemu, od mesta ulaza prečišćene vode u distributivni vodovodni sistem, i ne vodi računa o zahvaćenim količinama voda iz prirode.

Za potrebe vodoprivrednih analiza i planiranja, kod nas nije unificirana metodologija i terminologija određivanja potreba za vodom za vodosnabdevanje. Analizom pravne regulative, planskih dokumenata vodoprivrede (Vodoprivredna osnova, Strategija upravljanja vodama), preporuka stručnih asocijacija i inženjerske prakse, uočene su razlike pre svega u korišćenoj terminologiji, ali i u metodološkim postupcima određivanja potrošnje i potreba za vodom.

2. ISKAZIVANJE POTROŠNJE I SPECIFIČNE POTROŠNJE VODE ZA PIĆE U REGULATIVI, PLANSKIM DOKUMENTIMA I PRAKSI

Potrošnja vode za piće u nekom naselju se može iskazati kao zapremina vode u jedinici vremena (L/s, m³/dan, m³/god). Ako se ova količina podeli sa brojem stanovnika u naselju onda se dobija veličina „specifična potrošnja vode“ koja se najčešće iskazuje u jedinicama L/st.dan.

U domaćoj literaturi i praksi mogu se naći različite metode određivanja i iskazivanja specifične potrošnje vode za piće:

- Prema [3], specifična potrošnja vode se dobija kada se ukupna isporučena voda nekom naselju (obuhvata i gubitke vode u vodovodnom sistemu) podeli sa ukupnim brojem stanovnika naselja (bez

- obzira da li su priključeni na vodovodni sistem ili ne),
- U Vodoprivrednoj osnovi Srbije - VOS [4], nema pojmovnika koji definiše korišćene termine, ali iz dokumenta se može zaključiti da se koristi termin “norma potrošnje” koja se iskazuje u jedinicama litara (L) po korisniku i danu (L/kor.dan), verovatno u nameri da naglasi činjenicu da se vrednosti potrošnje vode za piće iskazuju po stanovniku koji je priključen na vodovod (odnosno po korisniku vodovoda), a ne uprosečeno za celokupan broj stanovnika naselja, kakva je praksa bila decenijama pre izrade ovog dokumenta. Iz objašnjenja u VOS proizilazi da ova veličina pored potrošnje vode korisnika obuhvata i gubitke vode iz vodovodnog sistema.
 - U Zakonu o vodama [5] pojam potrošnje vode iz vodovoda nije detaljnije obrađivan.
 - U Strategiji upravljanja vodama na teritoriji R. Srbije [6], za istorijske podatke o potrošnji vode za piće koristi se termin „specifična potrošnja“, dok se za buduću potrošnju vode za piće, slično kao u VOS, koristi termin “norma potrošnje”. Obe veličine se iskazuju u jedinicama L po korisniku i danu (L/kor.dan), i ova veličina obuhvata i gubitke vode u vodovodnom sistemu.

- U domaćoj praksi, naučnim i stručnim radovima prisutno je više različitih termina i pristupa iskazivanju potrošnje i specifične potrošnje vode za piće. Često se nailazi na iskazivanja dve veličine specifične potrošnje vode, na primer [7]:
 - Ukupna specifična potrošnja vode – bruto – sa uračunatim gubicima vode (L/stan.dan)
 - Ukupna specifična potrošnja vode – neto – bez uračunatih gubitaka vode (L/stan.dan)

Iz svega navedenog jasno je da u domaćoj teoriji i praksi postoje u upotrebi različiti termini i metodologije za obračun i iskazivanja potrošnje i specifične potrošnje vode za piće. Pored ovoga, sami nazivi pojedinih veličina nisu dovoljno precizni tako da neko ko nije iz uske branše ne može samo na osnovu naziva termina da ispravno zaključi koja veličina je ovde u pitanju.

3. METODOLOGIJA IWA

Na slici 1 prikazane su komponente bilansa vode u vodovodu prema metodologiji Međunarodne asocijacije za vode (IWA), koja je široko prihvaćena u praksi. Treba primetiti da IWA metodologija obrađuje samo bilans u distributivnom vodovodnom sistemu i ne obuhvata pripremu vode za piće i zahvat vode iz prirode.

Dotok vode u distributivni vodovodni sistem	Legalna potrošnja	Fakturisana potrošnja	Fakturisana izmerena potrošnja	Voda koja donosi prihod	
			Fakturisana neizmerena potrošnja		
		Nefakturisana potrošnja	Nefakturisana izmerena potrošnja		
			Nefakturisana neizmerena potrošnja		
	Gubici vode	Prividni gubici	Nelegalna potrošnja		Voda koja ne donosi prihod
			Greške u merenju potrošnje		
			Greške u obradi i rukovanju podacima		
		Stvarni gubici	Procurivanje u transportnim i distributivnim cevovodima		
			Procurivanje i prelivanje iz rezervoara		
			Procurivanje na priključcima, od mesta vodomera		

Slika 1. IWA metodologija vodnog bilansa

Komponente vodnog bilansa se uobičajeno određuju u toku nekog vremenskog perioda, najčešće godinu dana, i obuhvataju:

- **Dotok vode** u distributivni vodovodni sistem. To je godišnja količina vode uneta u distributivni vodovodni sistem iz svih izvora snabdevanja vodom.
- **Legalna potrošnja** je godišnja količina vode koju utroše svi potrošači koji su registrovani i legalno priključeni na vodovod. U ovu kategoriju spadaju i oni potrošači koji su implicitno ovlašćeni da mogu zahvatiti vodu iz vodovodnog sistema, iako se ta potrošnja ne meri (voda za gašenje požara, pranje ulica, ispiranje cevovoda i kanalizacije i dr.). Ova količina vode može biti merena na vodomera kod potrošača ili neizmerena (procenjena), fakturisana od strane vodovodskog preduzeća ili nefakturisana. Ova količina vode uključuje i količine vode koje se upućuju drugim sistemima vodosnabdevanja. Pod utrošenom vodom kod potrošača podrazumeva se celokupna voda koju utroše potrošači, uključujući i gubitke vode na procurivanjima nizvodno od vodomera i neracionalnu potrošnju.
- **Gubici vode** predstavljaju razliku između količine vode unete u vodovodni distributivni sistem i legalne potrošnje. Oni se sastoje od prividnih i stvarnih gubitaka.
 - **Prividni gubici vode** obuhvataju:
 - nelegalnu potrošnju (nelegalnu potrošnju vode iz hidratanata, potrošnju preko nelegalnih priključaka na mrežu, nelegalnu potrošnju koja uključuje neovlašćeno podešavanje vodomera ili ugradnju oblilaznih vodova oko vodomera),
 - sve vrste grešaka merenja potrošnje potrošača (greške vodomera),
 - greške u obradi i rukovanju podacima o količini unete vode u sistem i potrošnje vode.
 - **Stvarni ili fizički gubici vode** obuhvataju:
 - količine vode koje isteku iz transportnih i distributivnih cevovoda kroz, prsline, pukotine ili spojeve cevi,
 - curenja i prelijanja vode iz rezervoara
 - količine vode koje isteku iz pukotina i oštećenja na cevima kućnih priključaka, od mesta priključenja na distributivnu cev do vodomera.

U metodologiji IWA, prvenstveno vodeći računa o tome da vodovodska preduzeća posluju po ekonomskim principima, uvode se dve nove zbirne komponente vodnog bilansa:

- **Voda koja donosi prihod** - predstavlja naplaćenu legalnu potrošnju vode (zbir izmerene i neizmerene fakturisane potrošnje vode).
- **Voda koja ne donosi prihod** - predstavlja razliku između količine vode unete u sistem i naplaćene legalne potrošnje (količine vode koja donosi prihod).

4. PREDLOŽENA METODOLOGIJA

Kod definisanja pojma „kategorija potrošnje“ važno je naglasiti da svaka kategorija predstavlja mesto potrošnje, a ne nužno i samog potrošača. Na primer, stanovnik nekog naselja troši vodu u svom domaćinstvu, ali i na mestu gde je zaposlen, u ustanovama koje posećuje i dr. Tako će ukupna količina vode koju neki stanovnik utroši biti registrovana kao potrošnja vode domaćinstva, privrede i ustanova, u zavisnosti gde je potrošnja vode realizovana. Ovaj način iskazivanja potrošnje vode je prilagođen načinu registracije korisnika i merenja njihove potrošnje od strane vodovodskih preduzeća.

U cilju preciznog iskazivanja pojedinih kategorija potrošnje, u skladu sa svim navedenim, predlaže se sledeća terminologija i metodologija u vezi vodnog bilansa u vodovodima:

- **Potrošnja vode domaćinstava** (ili fakturisana potrošnja vode domaćinstava) predstavlja količinu vode koja je registrovana i fakturisana kao voda utrošena u domaćinstvima.
- **Potrošnja vode ustanova** (ili fakturisana potrošnja vode ustanova) predstavlja količinu vode koja je registrovana i fakturisana kao voda utrošena u ustanovama.
- **Potrošnja vode privrede** (ili fakturisana potrošnja vode privrede) predstavlja količinu vode koja je registrovana i fakturisana kao voda utrošena u privredi.
- **Ukupna potrošnja vode** (ili ukupna fakturisana potrošnja vode) predstavlja sumu (fakturisanih) potrošnji vode u domaćinstvima, ustanovama i privredi u nekom naselju (naseljima).
- **Ukupna potreba za vodom naselja** jedanka je isporučenoj vodi u vodovodni distributivni sistem, i

predstavlja zbir ukupne (fakturisane) potrošnje vode i gubitaka vode u vodovodnom distributivnom sistemu naselja (nefakturisanih količina vode). Ova veličina jednaka je količini vode koja se unosi u vodovodni distributivni sistem (npr. sa postrojenja za pripremu vode za piće).

- **Gubici vode** u distributivnom sistemu (ili samo gubici vode, ili nefakturisane količine vode) predstavljaju razliku između isporučene vode u distributivni vodovodni sistem i ukupne (fakturisane) potrošnje vode. Gubici vode u distributivnom sistemu sastoje se od nefakturisane legalne potrošnje, fizičkih gubitaka (curenja, prelijanja iz rezervoara) i različitih vrsta tzv. prividnih gubitaka (ilegalna potrošnja, greške u merenju protoka i potrošnje, greške u obradi podataka o potrošačima i potrošnji vode).
- **Ukupna zahvaćena količina vode** (ili zahvaćena voda) predstavlja ukupnu potrebu za vodom naselja

uvećanu za gubitke na transportu sirove vode i sopstvenu potrošnju vode postrojenja za pripremu vode za piće (PPV).

Sve gore navedene veličine mogu se iskazati u jedinicama L/s ili m³/dan.

Ako se ove veličine podele sa brojem stanovnika koji su priključeni na vodovodni sistem, onda govorimo o specifičnoj potrošnji vode, specifičnoj potrebi za vodom, specifičnim gubicima vode, specifičnoj isporučenoj vodi, specifičnoj zahvaćenoj vodi, i sve one se izražavaju u jedinicama litara po stanovniku (koji je priključen na vodovod, odnosno po korisniku) po danu (L/stan.dan ili L/kor.dan).

Na narednom dijagramu prikazane su predložene komponente vodnog bilansa u vodovodnom sistemu.

Potrošnja vode domaćinstava (fakturisana)	Ukupna potrošnja vode (fakturisana)	Potrebe za vodom (Isporučena voda naselju)	Zahvaćena voda
Potrošnja vode ustanova (fakturisana)			
Potrošnja vode privrede (fakturisana)			
Nefakturisana legalna potrošnja vode	Gubici vode u distributivnom vodovodnom sistemu (Nefakturisane količine vode)	Gubici na transportu sirove vode i potrošnja PPV	
Fizički gubici			
Prividni gubici			

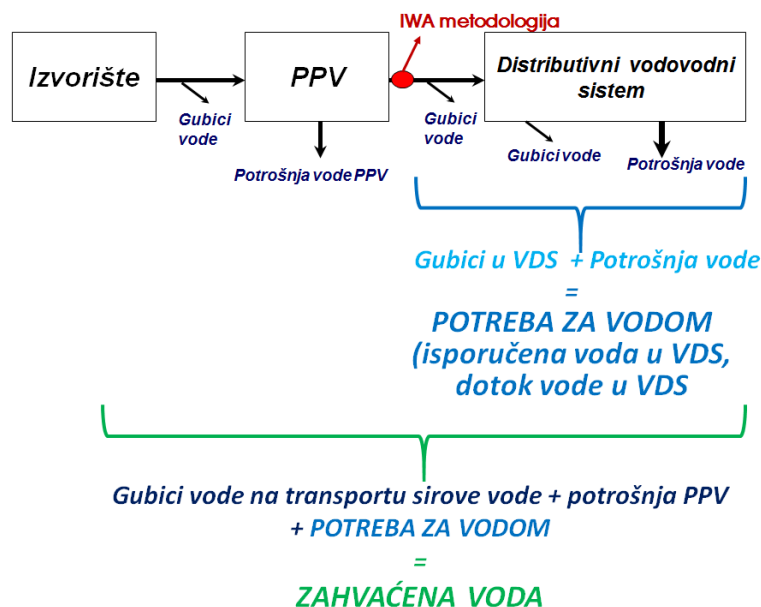
Slika 2. Predložene komponente vodnog bilansa u vodovodnom sistemu

Ne treba zaboraviti da potrebe za vodom naselja i zahvaćena voda na izvoru nisu iste veličine. U slučaju dugih dovoda sirove vode ili kompleksnih sistema za pripremu vode za piće (PPV) ove razlike mogu biti značajne: kod konvencionalnih PPV sopstvena

potrošnja vode PPV je obično nekoliko procenata od proizvedene vode (obično do 10%), odnosno u ovom slučaju količini vode koja se plasira u distributivni vodovodni sistem (prema Slici 2, to odgovara potrebama za vodom, odnosno isporučenoj vodi). U

slučaju primene samo dezinfekcije vode pre isporuke potrošačima, zahvaćena vode sa izvorišta i potrebe za vodom su praktično jednake. Sa druge strane kod procesa membranske filtracije količina vode koja se odbacuje u toku prerade može biti veoma velika, čak i preko 30% od ukupne količine vode koja ulazi na preradu na PPV.

Poređenjem pojedinih komponenti sa slika 1 i 2 jasno se mogu uvideti sličnosti i kompatibilnost između ova dva načina iskazivanja komponenti bilansa voda u vodovodnim sistemima. Na slici 3 naznačena je razlika između IWA i predložene metodologije komponenti vodnog bilansa.



Slika 3. Komponente vodnog bilansa – metodološke razlike

Za potrebe praćenja rada vodovodskih preduzeća, ali i za potrebe vodoprivrednih analiza i planiranja, od velike važnosti je poznavati bilans voda u vodovodima. Određivanje pojedinih komponenti bilansa je neophodno bazirati na merenjima u sistemu, i potrebno je stalno unapređivati kvalitet merenja i pouzdanost izmerenih podataka. Od najveće važnosti je uvesti precizna merenja ukupnih količina vode koje se zahvataju iz prirode, a naročito količina voda koja se unose u distributivni vodovodni sistem (odnosno potreba za vodom, kako je ovde definisano), jer je ova veličina osnov za procenu bilansa voda u vodovodu. Obzirom da zapremina dotekle vode u VDS ima najveću vrednost od svih komponenti vodnog bilansa, od izuzetne je važnosti da preciznost glavnih merača protoka bude velika, odnosno da neodređenost ove zapremine bude što manja (npr. manja od $\pm 2\%$, pri intervalu poverenja od 95%). Obzirom na propagaciju neodređenosti, veća vrednost negativno utiče na pouzdanost daljih proračuna. Ovo je naročito značajno

ukoliko postoji samo jedno izvorište vodosnabdevanja. U većim vodovodnim sistemima sa jednim izvorištem, instalaciju dva merača u seriji treba posmatrati kao strategiju za smanjenje neodređenosti u proračunim vodnog bilansa. Pri većem broju izvorišta ukupna neodređenost zapremine vode koja je dotekla u VDS se smanjuje.

Za održavanje i povećanje pouzdanosti procena pojedinih komponenti bilansa, odnosno potrošnje vode, potrebno je stalno unapređivati sistem merenja potrošnje vode potrošača, tačnost vodomera i sistem za akviziciju i obradu podataka o potrošačima.

5. ZAKLJUČAK

Predložena terminologija i metodologija za iskazivanje komponenti vodnog bilansa u vodovodima je precizna i jasna: korišćeni termini precizno odražavaju suštinu svake veličine, čime se olakšava njihovo razumevanje i

komunikacija kako između stručnjaka koji se bave vodosnabdevanjem i vodoprivrednim planiranjem, tako i prema drugim strukama, javnosti i donosiocima odluka. Metodologija uvodi jasnu razliku između pojmova „potrošnja“ i „potrebe“ za vodom, koja u dosadašnjoj praksi nije bila jasno definisana. Predložene pojedine veličine komponenti potrošnje odgovaraju standardnim postupcima merenja i akvizicije podataka o zahvaćenoj vodi i potrošnji vode kod potrošača u vodovodskim preduzećima, tako da je moguće u praksi jasno vezati merene podatke za pojedine komponente vodnog bilansa. Ovo ne važi za gubitke vode koji se direktno ne mere, već se procenjuju iz ostalih izmerenih komponenti vodnog bilansa. Naglašava se da je predložena terminologija i metodologija kompatibilna sa preporukama Međunarodne asocijacije za vode (IWA), što je od velikog značaja jer je IWA metodologija široko prihvaćena u praksi ocene rada i efikasnosti vodovodskih preduzeća.

LITERATURA

- [1] Alegre, H., Baptista, J.M., Cabrera, E., Cubillo, F., Duarte, P., Hirner, W., Merkel, W. and Parena, R. (2006): Performance Indicators for Water Supply Services. - Second Edition, Manual of Best Practice, IWA Publishing, London, UK.
- [2] AWWA. (2003). "Committee report: Applying worldwide BMPs in water loss control." Journal AWWA
- [3] Milojević M. Snabdevanje vodom i kanalizacija naselja, Građevinski fakultet Univerziteta u Beogradu, 2004
- [4] Vodoprivredna osnova Srbije, Sl. gl. RS. 2002
- [5] Zakon o vodama (Sl. glasnik RS", br. 30/2010, 93/2012, 101/2016, 95/2018 i 95/2018 - dr. zakon)
- [6] Strategija upravljanja vodama na teritoriji Republike Srbije, Sl. gl. RS. 3/2017
- [7] Radivojević D. Tehnički pokazatelji za ocenu stanja i predlog mera za unapređenje uspešnosti funkcionisanja manjih vodovodnih sistema u Republici Srbiji, doktorska disertacija, Univerzitet u Nišu, Arhitektonsko građevinski fakultet, 2013

ELEMENTS OF WATER BALANCE IN WATER SUPPLY SYSTEMS – METHODOLOGY AND TERMINOLOGY

by

Branislav BABIĆ, Ognjen GOVEDARICA, Aleksandar ĐUKIĆ
University of Belgrade - Faculty of Civil Engineering

Summary

In Serbian literature and practice of planning, designing, and exploitation of water supply systems, different terms and methodologies are used for determining and presenting the components of drinking water consumption and other components of the water balance in water supply systems. For water management analysis and planning, a unified methodology and terminology for determining water needs for water supply do not exist in Serbian practice and legislation. This paper presents a proposal for terminology and

methodology that clearly and unambiguously defines individual components of water consumption and needs. The compatibility of the proposed methodology with the data usually available to water utilities, as well as with the IWA water balance methodology, was analyzed.

Key words: waterworks, water consumption, water demand, abstracted water volume, methodology