

KAKO OSTVARITI VISOKU POUZDANOST REGIONALNOG SISTEMA VODOSNABDEVANJA CRNOGORSKOG PRIMORJA?

Prof. dr Branislav ĐORĐEVIĆ
Redovni član Akademije inženjerskih nauka SCG
branko@grf.bg.ac.yu

REZIME

Članak predstavlja autorizovano izlaganje autora na Okruglom stolu "Vodosnabdijevanje Crnogorskog primorja", održanog u Podgorici 28.maja 2004. U radu autor razmatra probleme potrebne visoke obezbeđenosti regionalnog sistema, u svetlu nekih od razmatranih izvorišta. Zaključuje da kao potencijalno izvorište za regionalni sistem treba ozbiljno razmotriti Moraču u neposrednoj zoni njenog ušća u Skadarsko jezero, jer bi time bili zadovoljeni visoki zahtevi obezbeđenosti isporuke vode.

Ključne reči: snabdevanje vodom, izvorišta, Crnogorsko primorje, obezbeđenost isporuke, Morača

KLJUČAN ZAHTEV - OSTVARITI VISOKU OBEZBEĐENOST SISTEMA

Na veoma ozbiljan razvojni problem Crne Gore o kome razgovaramo danas - snabdevanje vodom tako važne regije kakva je Crnogorsko primorje - ja gledam kroz dva para naočara: Teorije pouzdanosti i Teorije odlučivanja. To su relativno nove i veoma važne discipline Tehničke kibernetike, i mislim da i tu optiku moramo primenimo u današnjem sučeljavanju mišljenja.

Tako značajna turistička regija, koja treba da postane jedna od "lokomotiva razvoja" Crne Gore, mora da ima visoku probabilističku obezbeđenost snabdevanja vodom, koja ne sme da bude manja od 97% po postulatima planiranja regionalnih vodovodnih sistema. To podrazumeva da se u 97% vremena voda isporučuje bez ikakvih ograničenja i redukcije, jer je apsolutna obezbeđenost od 100% teorijski nemoguća, a i da je moguća koštala bi enormno, jer bi to bio preskupo rezerviran sistem. No, vrlo je bitno pitanje šta se dešava sa ona 3% vremena kada su izvesne redukcije

neminovne. Sada se smatra da u takvim velikim regionalnim sistemima to ne sme da bude potpuna redukcija, koja označava "suve slavine". U periodima redukcija koeficijent redukcije ω , koji predstavlja odnos između isporučene (Q_{ispor}) i tražene količine vode ($Q_{\text{traž}}$), ne sme se spustiti ispod vrednosti $\omega = Q_{\text{ispor}} / Q_{\text{traž}} = 0,7$. To znači da se u tim kratkotrajnim periodima smanjene isporuke u sistemu javljaju neki problemi u vidu izvesnog pada pritiska i smanjenja isporuke vode nekim kategorijama potrošača, ali se ipak isporučuje bar 70% od količine vode koju sistem traži. To su kriterijumi koji se sada u svetu postavljaju kao polazište pri razvoju nekog velikog i značajnog regionalnog vodovodnog sistema. Regionalni vodovodni sistem Crnogorskog primorja ja svrstavam upravu u tu klasu najvažnijih sistema. Zbog čega? Upravo zbog toga što je tako pouzdana opskrba vodom preduslov bez koga se ne može ostvariti prosperitetan razvoj jedne turističke regije. Turizam u uslovima suvih slavina i drastičnih redukcija je unapred osuđen najpre na siromašno tavorenje, a zatim i na ekonomski i organizacioni slom. Obilazio sam velika turistička područja Španije, Turske, Tunisa, i drugih zemalja i upravo sam se kao vodoprivredni ekspert uverio da su oni prvo ispunili te kriterijume pouzdanosti svojih vodovoda, kao preduslov za prelazak u ekspanzivan turistički razvoj. Gradnja hotela i drugih smeštajnih kapaciteta i turističkih sadržaja nema nikakvog smisla dok se ne obezbedi ovako pouzdan vodovodni sistem.

Kao što vidimo, ulog je veoma veliki i potrebno je da sa punom odgovornošću sagledamo pod kojim uslovima možemo da ispunimo te vrlo stroge zahteve. Da bi mogli da strateški valjano planiramo, moramo da taj uslov obezbeđenosti ugradimo u polazne kriterijume. I moramo da se malo distanciramo od stereotipije koja je često prisutna kada se nastavlja potpuno isti sled razmišljanja pri razvoju jednog sistema.

SLED RAZVOJA VODOVODNIH SISTEMA

Postavljam samo naizgled retoričko pitanje: kako su se razvijali svi naši sistemi? Odgovor je - uvek sa istom zdravom milenijumskom logikom. Najpre se kaptira najbolji i najbliži izvor, pa kad je on postane nedovoljan ide se na sledeći, malo udaljeniji, pa još udaljeniji, kasnije se doda i neka pumpa, da bi se zahvatile i vode koje su na nižim horizontima od naselja. Upravo su se tako razvijali i naši i svi svetski vodovodi. Prema podacima koje sam izvadio iz nedavno usvojene Vodoprivredne osnove Crne Gore (ubuduće: VOCC) sada su u Crnoj Gori koristi oko 3,3 m³/s podzemnih voda, od čega je iz tzv. razbijenih karstnih izdani 2,5 m³/s, dok je iz zbijenih izdani 0,8 m³/s. Tamo stoji i važna napomena da su "u Crnogorskom primorju zahvaćene u potpunosti minimalne izdašnosti karstnih izvora - vrela" (str.28). Ja to ističem kao važnu činjenicu, afirmativnu činjenicu, koja pokazuje da je u svih šest opština koje će se ubuduće povezati na Regionalni sistem učinjen veliki napor da se obezbedi konzum u uslovima njegovog brzog rasta. Međutim, ta činjenica je dosta bitna za naše odlučivanje o daljoj strategiji razvoja sistema, posebno kada je izbor izvorišta u pitanju.

Kako podmiriti narasli konzum u budućnosti?

Postavlje se logično pitanje: dokle se može slediti ta logika postupnog širenja sistema po istom principu - angažovanjem sve udaljenijih karstnih i zbijenih izdani? To je moguće samo dok se može održavati prihvatljiv balans u četvorouglu: **vršna potrošnja - raspoložive vode u malovodu - zahtevana obezbeđenost - ekološka ograničenja**. Kada se taj balans radikalno naruši, nastupa ono što se u filozofiji, koja neumoljivo deluje i u tehničkim naukama, naziva prelaskom kvantiteta u kvalitet - mora se preći na novu orbitu daljeg razvoju sistema. Zadržavanje ranije strategije širenja izvorišta više nije više moguće i mora se preći na neki nov pristup pri razvoju sistema, oslanjanjem na izvorišta koja su primerenija vrlo visokoj zahtevanoj obezbeđenosti isporuke vode pri znatno naraslom konzumu.

Kako stvar stoji sa maksimalnom potrošnjom? I

ona je uzeta iz oficijelnog dokumenta, VOCC (str. 314). Dopustite mi najpre jedan lični komentar. Turisti su u celom svetu jedan dosta razmažen narod, koji se što na plaži, što u hotelu stalno "brčka", tako da je u svetu izmereno, pa je i usvojeno kao neka norma specifične potrošnje, da jedan turista u hotelu visoke kategorije potroši čak 600 L/turist.dan, dok u privatnom smeštaju

to ide preko 350 L/turist.dan. Slažem se sa svima vama koji ćete sada uzviknuti da je to rasipnički, ali to je cena koja se mora platiti ako hoćete da imate tzv. "visoki turizam". I ako hoćete da vam taj turista ponovo dođe. Kada to pretočite u maksimalne dnevne potrošnje, koje ujedno imaju i izuzetno visoke koeficijente dnevne neravnomernosti (koeficijenti dnevne neravnomernosti idu i preko 1,8 jer se svi turisti gotovo istovremeno tuširaju pre doručka, pre večere) dobijamo maksimalne dnevne potrebe za vodom u onim opštinama / naseljima koji su predviđeni za povezivanje sa RVCGP (VOCC, str. 314) u L/s:

Opština	2011	2021
Bar	740	1020
Budva	620	900
Kotor	475	600
Tivat	340	445
Ulcinj	845	1080
Herceg Novi	605	840
Ukupno	3625 L/s	4885 L/s

To je znatno više no što se planira u prezentiranom dokumentu JP Regionalni vodovod "Crnogorsko primorje", ali se ovde navodi kao pokazatelj iz oficijelnog dokumenta (VOCC), odnosno, kao potrošnja koja će se kad-tad i realizovati, možda ne u tim vremenskim horizontima. Ukoliko se uzme u obzir izdašnost lokalnih izvora u kritičnim malovodnim periodima, koji koincidiraju sa vršnim potrošnjama u jeku sezone, čini se logičnim da se računa sa oko 3000 do 3500 L/s koje bi trebalo pokriti iz Regionalnog vodovoda u nekim udaljenijim vremenskim preseccima (za dve do tri decenije).

Izvorišta koja su najčešće u "optičaju". Razmatrana izvorišta moraju se posmatrati kroz prizmu bilansa ne samo u ovoj, već i narednim fazama razvoja Regionalnog vodovoda Crnogorskog primorja (RVCGP). Stanje sa postojećim izvorištima je veoma napregnuti. Sva lokalna pa i ona udaljenija karstna izvorišta su aktivirana. Prepumpava se i preko većih vododelnica, kao što je slučaj sa Budvom. Herceg Novi dobija vodu sa strane, pod okolnostima koje su van njegove potpune upravljačke kontrole. Očito je da je već sada ozbiljno narušen bilans raspoloživih voda u lokalnim izvorištima i potrošnje u vršnim periodima, zbog čega je obezbeđenost svedena na veoma niske vrednosti, koje se ne bi mogle da tolerišu ni u najneuređenijim seoskim vodovodima. Redukcije koje se leti vrše spadaju u kategoriju onih najdrastičnijih, sa

potpunim prekidima u snabdevanju u dužim periodima dana u vršnim delovima turističke sezone.

Zbog toga je logično da se u razmatranje uzimaju i ona dosta udaljena izvorišta - vrulje u neposrednom slivu Skadarskog jezera i vode jezera. Pogledajmo kako stoji sa njihovim bilansima. U razmatranje se uvode dva lokaliteta: vrulje "Karuč" i "Volača", koje su razmatrane u VO CG, i vodozahvat "Modra oka", koja nije razmatrana u VO CG, ali koja je obuhvaćen studijom SAUR-a iz 2000. godine.

(a) **Rešenje sa vruljom "Karuč"**. Prema podacima iz VO CG (str. 17 i 77) minimalna izdažnost - izmerena ili procenjena - vrulja Karuč i Volača, koja se u Osnovi pominju kao novo izvorište za RVCGP jeste $1200 + 440 = 1640$ L/s. Svi mi znamo da se pri kaptiranju ne može kapacitet izvora iscrpiti do kraja, da postoji i neki koeficijent iskoristivosti κ koji je uvek manji od 1 ($\kappa < 1$). Nije umesno licitirati sa tim koeficijentom iskoristivosti, jer on zavisi ne samo od tehničkih rešenja već i od ekoloških odluka, ali je izvesno da se i pri optimističkim pretpostavkama iz tih vrulja ne može dobiti više od 1500 L/s. Po svemu sudeći i ta cifra je veoma optimistička vizija, jer ta vrulja nije podrobnije ispitivana, jer je veoma teška za merenja protoka, a još je teža za kaptiranje i za vođenje trase cevovoda po muljevitoj dnu jezera. No, usvojimo da je kapacitet novih, neangažovanih izvorišta na lokaciji "Karuč" oko $1200 \div 1500$ L/s jedna tačka onog četvorougla o kome je bilo reči - nove raspoložive količine vode u malovođu.

To treba posmatrati kroz optiku već pomenutog zahteva da obezbeđenost isporuke vode mora da bude $P=97\%$, sa $\omega = 0,7$, što je veoma strog zahtev, koji treba ostvariti u uslovima najvećih malovođa, upravo kada su svi kapaciteti zahvaćenih izvora na najnižim granicama. Iz te analize je jasno - **vrulja Karuč nije rešenje koje može da zadovolji tako stroge uslove.**

(b) **Rešenje sa vodozahvatom na lokalitetu "Modra Oka"**. Da bi se moglo ocenjivati rešenje sa neposrednim vodozahvatom iz Skadarskog jezera na lokalitetu "Modra Oka", po tehničkom rešenju koje je predložio SAUR (2000. godine), potrebno je uvesti neke kriterijume na osnovu kojih će se tražiti polazište za izbor strategije daljeg razvoja Regionalnog sistema vodosnabdevanja Crnogorskog primorja. Bazni postulati planiranja takvih sistema nameću neke kriterijume, od kojih su najbitniji sledeći:

- Lokalna izvorišta koja su do sada angažovana i dalje se koriste, čuvaju i štite na ekološki valjan način (bez forsiranja / nadeksploatacije koja bi dovela u pitanje ekološke funkcije određenih vodotoka). Iz Regionalnog vodovoda se dodaju samo nedostajuće količine vode, dok se sva kvalitetna lokalna izvorišta zadržavaju.
- Zbog bezbednosti tih najvitalnijih infrastukturalnih sistema, veoma osetljivih i sa gledišta nacionalne bezbednosti, ne treba koristiti one vode i vodotoke na čiji se kvalitet može delovati izvan granica zemlje. (Ozbiljna država neće postaviti izvorište tako važnog vodovoda u zoni koju ne može da kontroliše u celosti).
- Mora se naći rešenje koje omogućava elastični fazni razvoj sistema, koji bi pratio dinamiku realnog razvoja konzuma, bez preinvestiranja, koja bi sistem ekonomski opteretili i doveli do njegovog sloma.
- Moraju se ostvariti gore navedeni zahtevi obezbeđenosti, u pogledu kapaciteta izvorišta. Izvorišta moraju biti potpuno jasno definisana u pogledu raspoloživih kapaciteta u periodima malovođa, koji najčešće koincidira sa periodima maksimalne potrošnje.
- Sistem mora da zadovolji kriterijume mehaničke i hidrauličke pouzdanosti i raspoloživosti, sa gledišta Teorije pouzdanosti.
- Regionalni sistem mora da zadovolji uslove pogodnosti za održavanje, kako u slučaju ispada iz pogona, tako i sa stanovišta investicionog i tekućeg održavanja.
- Sistem treba da bude potpuno usklađen sa ostalim komponentama integralnog korišćenja i zaštite voda, kao i sa svim ostalim korisnicima prostora.
- Sistem treba da bude u saglasnosti sa osnovnom strategijom koja je definisana Vodoprivrednom osnovom Crne Gore, kao važećim dokumentom koji ima karakter ključnog strateškog dokumenta, koji po načinu svog donošenja ima karakter uredbe.

Po kriterijumima koji su ovde uvedeni (a koji su i tehnički i sa gledišta pouzdanosti takvi da bi ih trebalo apriorno usvojiti - pre ulaska u proces odlučivanja o lokaciji izvorišta) lokacija "Modra Oka" postaje vrlo dubiozna kao izvorište regionalnog sistema. Razloga ima više, ali je najbitniji taj da je to izvorište na čiji se kvalitet po više osnova ne može sasvim uticati: • Skadarsko jezero nije pod našom isključivom upravljačkom kontrolom što se kvaliteta ulaznih

e-fluena tiče, • jezero je podvrgnuto intenzivnim procesima eutrofikacije, sa dosta velikom vremenskom inercijom tog fenomena, koja se, takođe, teško može kontrolisati. To se mora odraziti i na izbor tehnoloških linija za prečišćavanje vode, koji će morati da vodi računa o organskim materijama u vodi zahvaćenoj iz jezera, što će zahtevati odgovarajuću tehnologiju sa ozonom već na samom početku procesa. Zbog toga po mom dubokom uverenju i koncepcija sa zahvatanjem vode iz jezera u zoni 'Modra Oka' nije strategija na kojoj bi se smela graditi dugoročna strategija jednog tako značajnog regionalnog vodovodnog sistema.

MORAČA KAO IZVORIŠTE VODE KOJE ZADOVOLJAVA SVE KRITERIJUME

U Vodoprivrednoj osnovi Crne Gore jasno je definisano da se sva naselja u domenu obuhvata Regionalnog vodovoda snabdevaju najpre iz lokalnih izvorišta, a da se sa Regionalnim vodovodom Crnogorskog primorja povezuju preko rezervoara na ulasku u distributivne sisteme, kako bi se u njih dopremile one količine vode koje nedostaju, posebno u vršnim delovima potrošnje. Osnova je bila dovoljno fleksibilna, te je kao izvorište za Regionalni vodovod Crnogorskog primorja dala nešto širi spektar mogućih izvorišta, za oba razmatrana vremenska horizonta: 2011. i 2021. godine. Za dalji vremenski horizont su predviđene i vode Morače.

Veoma bitni pokazatelji koji su relevantni za odlučivanje između predloženog tehničkog rešenja sa zahvatom "Modra oka" i zahvatom na Morači, negde u samom njenom donjem toku, neposredno pre utoka u jezero, su sledeći:

- Prema kategorizaciji po nameni za piće voda Morače i ispod Podgorice spada u A2 klasu kvaliteta (VOCG, str. 288), što znači da se vrlo uspešno može prečišćavati klasičnim tretmanom, koji je sasvim uobičajen u postrojenjima za prečišćavanje koja se sada planiraju i u slučaju korišćenja vode iz akumulacija. U svakom slučaju, tehnološka linija koja bi se koristila za prečišćavanje vode Morače ne bi bila ni malo složenija i skuplja od tehnološke linije koja se mora koristiti za postrojenje za prečišćavanje "Modra oka". Čak bi se moglo proceniti da bi tehnološka linija za PPV "Modra oka" morala da bude složenija - verovatno sa primenom ozona već na početku i sa GAU filtrima na kraju, što je "najteža artiljerija" tehnoloških linija u postrojenjima za prečišćavanje vode (PPV).
- Prema drugoj podeli, prema sadržaju BPK5 i pogodnosti za kupanje, Morača spada u II klasu, što je, takođe, veoma respektabilan kvalitet, koga bi bilo gde u svetu tretirali kao odlično izvorište za regionalni sistem koji zahteva veće količine vode.
- Mala mesečna voda verovatnoće 95% ($Q_{\text{mal.mes.95\%}}$) iznosi $10,65 \text{ m}^3/\text{s}$, a tzv. mala tridesetodnevna voda verovatnoće 95% ($Q_{\text{mal.30d.95\%}}$) iznosi $10,3 \text{ m}^3/\text{s}$. Ti protoci su merodavni za sagledavanje mogućnosti izvorišta i iz tih cifara se može izvući zaključak da je Moraču moguće koristiti kao izvorište i u uslovima bez čeonih akumulacija u slivu. Ostvarila bi se u svim fazama razvoja sistema obezbeđenost koja je tražena ($P=97\%$ sa $\omega = 0,7$). Naravno, čeonu akumulaciju na Morači (Andrijevo, u bilo kojoj izvedbi, i tri nizvodne protočne stepenice), znatno bi poboljšala situaciju u pogledu kvaliteta, ali uopšte nije neophodno da se čeka sa njihovom realizacijom. Bilansi voda su sasvim zadovoljavajući i bez te kaskade jezera na Morači.
- Zahvat na Morači i postrojenje za prečišćavanje vode lokacijski su čak i nešto bliži od lokacije "Modra oka", a koridor za vođenje magistralnog cevovoda je pogodniji, jer se može koristiti koridor pruge i most preko Skadarskog jezera kod Virpazara.
- Značajna prednost korišćenja voda Morače je u tome što je ta reka potpuno pod našom kontrolom i ne postoje nikakva ograničenja u tom pogledu. Otpadaju i teškoće sa značajnim organskim materijama i komplikacijama u tehnološkoj liniji zbog tog fenomena.
- Korišćenje vode Morače moglo bi se realizovati po fazama, kao što je to i uobičajeno u uslovima realizacije postrojenja za prečišćavanje voda (PPV). Takva se postrojenja realizuju u modulima, pri čemu bi ovde moduli mogli da budu po oko 1000 L/s .
- Postrojanje bi se moglo realizovati u samom donjem toku Morače, pre uliva u jezero, po već definisanom modulnom principu, pri čemu je realizacija prvog modula uslovljena isključivo stanjem u sistemu i dinamikom razvoja konzuma. Međutim, autor ovog razmatranja je uveren da je bolje ukoliko se što pre o takvom rešenju planerski razmišlja, jer je potpuno sigurno da se bez njega ne može u iole daljoj perspektivi ostvariti zahtevana pouzdanost funkcionisanja vodovodnog sistema Crnogorskog primorja.

- Trasa magistralnog cevovoda od Virpazara ide već utvrđenom trasom do rezervoara "Đurmani", odakle se u potpunosti zadržava već definisana konfiguracija sa severnim krakom do Herceg Novog i južnim krakom do Ulcinja.
- U slučaju realizacije akumulacija na Morači ta varijanta postaje neuporedivo povoljnija, jer će se omogućiti potpuno upravljanje i količinom i kvalitetom vode, koja će u takvim okolnostima preći u klasu A1-A2, odnosno I-II, što bi se veoma povoljno odrazilo na troškove prečišćavanja.

Analize pokazuju da je za pouzdano funkcionisanje sistema, bez obzira na vrstu izvorišta, potrebno znatno uvećavanje rezervoarskog prostora. To je posebno bitno u uslovima veoma velikih koeficijenata neravnomernosti potrošnje, koji prati turističke regije.

Modularno realizovano postrojenje za prečišćavanje vode (PPV), u uslovima van sezone, kada potrošnja nije velika, može se koristiti samo delimično, a u nekim okolnostima može da bude u ulozi koja je u Teoriji pouzdanosti poznata kao "stand by" rezerva. To su oni slučajevi kada lokalna izvorišta zadovoljavaju sve potrebe, i kada nema nikakve potrebe da se angažuje PPV. Ujedno, ti su periodi posebno pogodni za investiciono i tekuće održavanje Regionalnog vodovoda.

ZAKLJUČAK

Ukoliko se usvoje kriterijumi koji su navedeni za izbor izvorišta, najveću prednost kao izvorište za Regionalni vodovod Crnogorskog primorja ima reka Morača u neposrednoj zoni ušća, kao izvorište koje ispunjava sve

postavljene kriterijumske zahteve. Za izbor tog rešenja su posebno relevantne sledeće činjenice:

- Kvalitet vode reke Morače potpuno zadovoljava sve potrebne uslove kao izvorište regionalnog vodovoda. Voda se bez problema može održavati u klasama A2, odnosno II, zavisno od vrste klasifikacije.
- Količine vode su potpuno zadovoljavajuće, i mogu podmiriti potrebe i u prirodnim režimima, bez ikakvih akumulacija u čeonom slivu Morače. Sa vodama Morače se može neograničeno dugo održavati zahtevana obezbeđenost sistema od $P = 97\%$, sa $\omega = 0,7$. Na taj način bi Regionalni vodovod imao obezbeđenost koja je na nivou pouzdanosti najboljih svetskih regionalnih vodovoda.
- Reka Morača je potpuno pod domaćom kontrolom u pogledu kvaliteta i u njoj nema nikakvih problema sa pojavama eutrofikacije, što je osnovna slabost izvorišta "Modra oka" koje predviđa korišćenje vode neposredno iz Skadarskog jezera.
- Postrojenje za prečišćavanje po konfiguraciji tehnološke linije ne bi bilo ništa složenije od konfiguracije PPV "Modra oka".
- Ukoliko i kada dođe do izgradnje akumulacija na Morači, ta varijanta izvorišta dobija izvanredne prednosti u odnosu na varijantu "Modra oka".
- Moguć je vrlo povoljan fazni razvoj postrojenja.
- Trasa magistralnog cevovoda je kraća i na početnom delu pogodnija za realizaciju magistralnog cevovoda.

HOW TO ASSURE HIGH RELIABILITY FOR THE REGIONAL WATER SUPPLY SYSTEM OF THE MONTENEGRO COAST?

by

Branislav ĐORĐEVIĆ, Ph.D.

Full Member of the Academy of Engineering Sciences of SCG

Summary

The paper is based on the author's presentation at the Round Table Discussion on the water supply of the Montenegro coast (Podgorica, 28.05.2004). At that occasion, he proposed that the main source of the system should be the river Morača immediately upstream from its inflow into the Lake of Skadar. Direct

intake from the lake would be incorrect since the water quality would be out of control, as well as because of the intensive eutrophication processes in the lake.

Key words: water supply, water sources, Montenegro Adriatic Sea coast, water supply reliability, Morača River

Redigovano 26.04.2005.