



## AKUMULACIJA BUTONIGA U ISTRI – PRVA ISKUSTVA U KORIŠTENJU ZA VODOPSKRBU

dr. BOJANA HAJDUK ČERNEHA<sup>1</sup>

### Sažetak

Postrojenje za kondicioniranje vode Butoniga, I. faza, kapaciteta 1000 l/s, jedan je od kapitalnih vodoopskrbnih objekata u Istri. Namijenjeno je pročišćavanju površinske stajaće vode, a cjelokupna tehnologija pročišćavanja prilagođena je kvaliteti vode akumulacije. Veličina i kapacitet te degradacija kvalitete akumulacije glavni su ograničavajući faktori za efikasnost procesa kondicioniranja i sigurnost osiguranja kvalitete vode za piće.

Problemi akumulacije proizlaze iz razlika u očekivanim ukupnim dotocima koji su značajno manji od planiranih, dok su maksimalni protoci višestruko veći od proračunatih. Kvaliteta vode u akumulaciji lošija je od očekivane i potrebne za optimalan rad postrojenja za kondicioniranje. Akumulacija ima nepovoljan temperaturni režim zbog plitke geometrije, povećan je unos hranjivih tvari i time povećan stupanj trofije te su nepovoljni trendovi kretanja nekih kritičnih parametara (organske tvari, mangana i željeza, amonijaka, fosfora). Predimenzionirani distribucijski sustav dodatno ugrožava sigurnu isporuku kvalitetne vode za piće potrošačima.

U ovom radu analizirani su podaci iz više objavljenih vlastitih radova te osobna iskustva u ranom periodu korištenja postrojenja za kondicioniranje vode Butoniga.

**Ključne reči:** akumulacija Butoniga, Istra, kvaliteta vode, vodoopskrba.

### Abstract

Butoniga water treatment plant, phase I, capacity 1000 l/s, is one of the capital water supply facilities in Istria. It is designed for the surface water treatment, and the entire treatment technology is adapted to the quality of the reservoir water. The size, the capacity and the degradation of the reservoir water quality are the main limiting factors for the efficiency of the conditioning process and the assurance of drinking water quality. The reservoir problems arise from differences in expected total inflows that are significantly lower than planned, while maximum flows are many times higher than calculated. The water quality in

<sup>1</sup> Dr. Bojana Hajduk Černeha, dipl. ing., Istarski vodozaštitni sustav d. o. o., Buzet.



the reservoir is worse than expected and necessary for optimal operation of the conditioning plant. The reservoir has an unfavorable temperature regime due to shallow geometry, increased nutrient intake and thus increased trophic level, and unfavorable trends in some critical parameters (organic matter, manganese and iron, ammonia, phosphorus). The oversized distribution system further jeopardizes the safe delivery of quality drinking water to consumers. In this paper, data from several published own papers and personal experiences in the early period of using the Butoniga water treatment plant are analyzed.

**Keywords:** Istria, reservoir Butoniga, water quality, water supply.

## 1. UVOD

Vodoopskrbni sustav Istre – Vodovod Butoniga sustav je koji osigurava dio količina vode za piće za južnu polovinu istarskog poluotoka. Sastoji se od vodozahvata sirove vode iz akumulacije Butoniga koja ima punu zapreminu oko 19,5 milijuna prostornih metara, postrojenja za kondicioniranje vode Butoniga kapaciteta 1.000 litara vode u sekundi te mreže magistralnog cjevovoda u dužini od preko 80 km s popratnim vodospremama i prekidnim komorama dimenzioniran za drugu fazu, ukupno 2.000 l/s. Sustav je povezan s distribucijskim sustavom Istarskog vodovoda, pa nastavno i Vodovoda Pula, a u funkciji je od 2002./2003. godine sezonski, a od 2004. godine kontinuirano, tijekom cijele godine. Sustav od rujna do svibnja radi sa svega 10 – 20 % nominalnog kapaciteta, dok se tijekom tri ljetna mjeseca isporučuje voda prema povećanoj potrošnji, s time da potrebe ne prelaze 600 l/s.

Treba naglasiti da je sustav u radu već 19 godina, da obavlja vodoopskrbnu funkciju i da bez Butonige Istra ne bi imala sigurnu vodoopskrbu, ni ovakve mogućnosti razvoja turizma.

Osnovni problemi koji se javljaju u procesu kondicioniranja vode na Butonigi proizlaze iz dvaju razloga. Prvi je plitkoća akumulacije i s time povezana nedovoljna količina i neadekvatna kvaliteta sirove vode, za koju je potreban zahtjevan i skup postupak obrade, a drugi je predimenzioniranost sustava za niski kapacitet kojim se radi veći dio godine.

Postupak na postrojenju za kondicioniranje vode Butoniga podijeljen je na četiri glavne faze: predtretman, brza filtracija, ozoniranje i filtracija na sporim pješčanim filtrima.

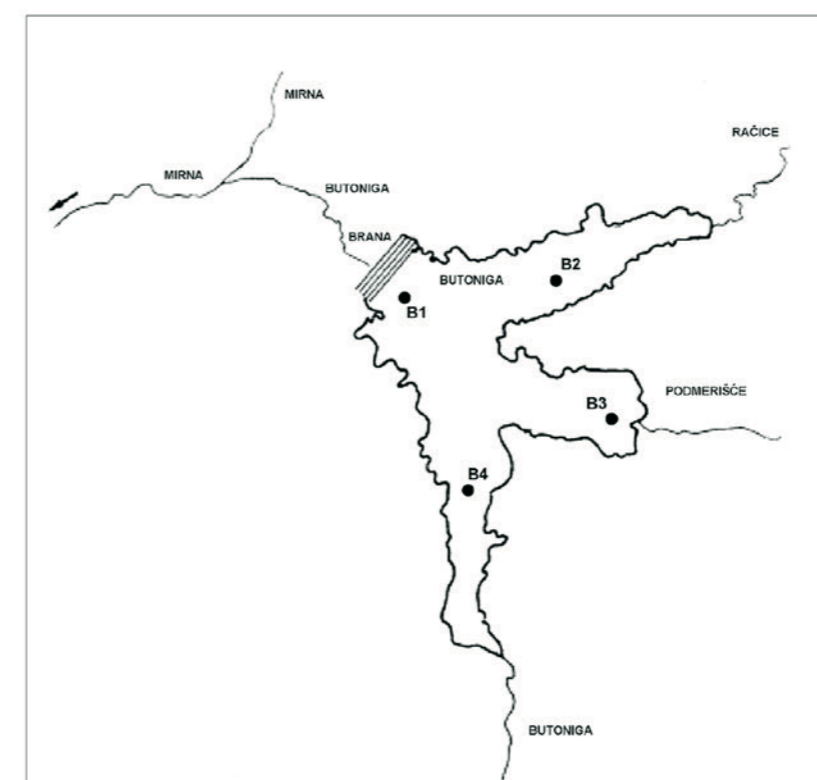
**Predtretman** se sastoji od predozoniranja, koagulacije – flokulacije s aluminijskim flokulantom uz dodatak sumporne kiseline te flotacije s otopljenim zrakom radi uklanjanja flokula. U toj fazi uklanja se najveći udio mutnoće sirove vode, alge, mikroorganizmi i suspendirana organska tvar te željezo i mangan, a u sljedećem stupnju na dvoslojnim **brzim filtrima** uklanja se zaostala mutnoća. Namjena **glavnog ozoniranja** je, osim dezinfekcije, i oksidacija otopljene organske tvari, čime se ona prevodi u manje i lakše razgradive molekule prije filtracije na **sporim pješčanim filtrima**, na kojima izrasli sloj mikroorganizama uvriježenog njemačkog naziva *smutzdecke* razgrađuje biorazgradivu organsku tvar. Podešavanje ravnotežne pH-

-vrijednosti zasićenom vapnenom vodom i dezinfekcija klorom radi reziduala u distribucijskom sustavu zadnji su stupanj obrade.

Cilj je ovog rada prenijeti neka iskustva iz početnih godina korištenja akumulacije za vodoopskrbu te skrenuti pozornost na probleme i izazove korištenja vode iz akumulacije kao dopunskog sustava vodoopskrbe.

## 2. KARAKTERISTIKE AKUMULACIJE BUTONIGA

Akumulacija Butoniga relativno je mlada i plitka višenamjenska akumulacija formirana 1987. godine na istoimenom vodotoku u slivu rijeke Mirne u Istri. Površina sliva akumulacije je oko 73 km<sup>2</sup>, a smješten je unutar flišolike serije sastavljene od izmjene lapora, pješčenjaka i sporadičnih pojava konglomerata i breča. Laprovite strukture jako su podložne trošenju, ispiranju i akumuliranju sedimenta u pridnenim slojevima zaplavnog prostora akumulacije. Budući da minerali gline koje sadrže lapori imaju veliki prihvatni kapacitet, vrlo su pogodni za adsorpciju pojedinih polutanata i njihovo taloženje u akumulaciji te redistribuciju u reduktivnim uvjetima, kako u stupu sedimenta u akumulaciji tako i u vodenom stupcu iznad njih (Hajduk Černeha et al., 2007). Srednja godišnja oborina u slivu akumulacije, za period od 1987. do 2012., prema podacima prikupljenim na meteorološkoj postaji na samoj brani akumulacije, iznosi oko 990 mm, a temperatura oko 13,5 °C. U slivu se nalazi veći broj sela, naselja i manjih zaselaka s oko 1.800 stanovnika koji se većim dijelom bave ekstenzivnom poljoprivredom i, u novije vrijeme, turizmom u kućama za odmor.



Slika 1: Skica akumulacije Butoniga s pripadajućim pritokama i mjernim postajama.



Osnovne dimenzije akumulacijskog prostora su sljedeće: pri koti praga preljeva na 41 m n. m. volumen joj iznosi 19,5 mil. m<sup>3</sup>, od čega na mrtvi prostor za prihvat nanosa otpada 2,2 mil. m<sup>3</sup>, površina iznosi 2,5 km<sup>2</sup>, a srednja dubina 7,8 m. Kota dna akumulacije, tj. ulaznog praga temeljnog ispusta iznosi 23,5 m n. m., tako da maksimalna dubina u akumulaciji u odnosu na kotu praga preljeva iznosi 17,5 m. No, s obzirom na to da se u prvim godinama eksploatacije akumulacije razina vode održavala na nižim kotama te uslijed nataloženog nanosa, proizlazi da je srednja dubina vode u akumulaciji svega oko 5 m.

Prema podacima iz glavnog projekta (Elektroprojekt, 1981), prognozirani srednji godišnji dotok u akumulaciju iznosio je 0,95 m<sup>3</sup>s<sup>-1</sup>, odnosno ukupno godišnje oko 30 mil. m<sup>3</sup>, što bi bila jedna i pol izmjena ukupnog volumena. Planirano je da akumulacija funkcionira sa stalnom maksimalnom ispunjenošću, a da za transformaciju velikih vodnih valova služi samo dio zaplavnog prostora iznad kote praga preljeva. Velike vode preuzete su iz ranijih simplificiranih obrada (Elektroprojekt, 1977), pa je maksimalni 100-godišnji protok prognozirani s vršnom vrijednosti od svega 120 m<sup>3</sup>s<sup>-1</sup> i volumenom 3,9 mil. m<sup>3</sup>.

No razdoblje nakon izgradnje akumulacije pokazalo je tri veoma nepovoljne činjenice: dotoci u akumulaciju manji su od prognoziranih i s nepovoljnom raspodjelom tijekom godine, velike vode višestruko su veće od prognoziranih, a procesi degradacije kakvoće vode u akumulaciji značajni su. Prema dokumentu iz 1996. (Rubinić) procijenjeni je srednji godišnji protok u akumulaciju od 0,830 m<sup>3</sup>s<sup>-1</sup>, odnosno 26,2 mil. m<sup>3</sup>, a pojedinih godina javljaju se i daleko manji prosječni godišnji dotoci. Tako su u nizu hidroloških godina 1988./1989. te 1989./1990. zabilježeni ukupni dotoci 10,7 mil. m<sup>3</sup> i 10,9 mil. m<sup>3</sup>. Ipak, najniži dotoci u dvije uzastopne godine od postojanja akumulacije Butoniga zabilježeni su 2011. i 2012., kada su izmjerene količine godišnjih oborina bile 694 i 805 mm.

Istovremeno, na temelju analize najvećeg zabilježenog vodnog vala iz listopada 1993. (sa srednjim maksimalnim satnim protokom od 301,4 m<sup>3</sup>s<sup>-1</sup> i ukupnim volumenom od preko 6 mil. m<sup>3</sup>), proračunati maksimalni protoci su višestruko veći od ranijih procjena.

Zbog potrebe zadržavanja vodnog vala odlučeno je da se akumulacija samo iznimno smije napuniti do kote preljeva (npr. u lipnju, neposredno prije pojačanog korištenja za vodoopskrbu) te se u pravilu provodi režim ispuštanja s održavanjem nivoa barem 1 metar ispod kote preljeva.

### 3. PROBLEMATIKA KOLIČINA VODE NA RASPOLAGANJU ZA ZAHVAĆANJE

Za zahvaćanje vode iz akumulacije Istarskom je vodovodu dodijeljena koncesija za korištenje 10 mil. m<sup>3</sup> godišnje. Najviše je zahvaćeno oko 8,1 mil. m<sup>3</sup> (2007.), i to s režimom zahvaćanja od oko 200 l/s izvan sezone pa do 500 l/s tijekom ljeta, uz godišnji prosjek 256 l/s.

Na temelju potrebe za vodom u vodoopskrbi može se izračunati stvarna godišnja potreba za vodom. Pri radu postrojenja minimalnim kapacitetom tijekom cijele godine, uvećanom

ljeti 2 mjeseca na 500 l/s, zahvatilo bi se godišnje 7.776.000 m<sup>3</sup> vode. Koncesija dozvoljava zahvaćanje 10 mil. kubika, a za rad sa pola kapaciteta postrojenja za kondicioniranje bilo bi potrebno 15,5 mil. kubika. Na te količine potrebno je dodati gubitke u obliku isparavanja i procjeđivanja (ukupno oko 3 mil. kubika godišnje), vodu za osiguravanje kontinuiranog biološkog minimuma nizvodno (količina još nije definirana) te količinu koju je potrebno ispustiti prije jesenskog miješanja slojeva jezera, a najmanje oko 3,7 mil. kubika. Potreba za jesenskim ispuštanjem biti će dodatno pojašnjena kasnije.

Tablica 1: Procjena potrebnih godišnjih količina vode iz akumulacije.

POTREBNE KOLIČINE VODE	OSNOVNO	PREMA KONCESIJI	Rad sa 50 % kap. cijele godine
godišnja potreba na postrojenju Butoniga	7.776.000	10.000.000	15.552.000
isparavanje (procjena prema površini)	1.500.000	1.500.000	1.500.000
procjeđivanje (procjena na osnovu 50 l/s)	1.576.800	1.576.800	1.576.800
jesensko ispuštanje (kota oko 38 na kotu 36)	3.700.000	3.700.000	3.700.000
<b>UKUPNO</b>	14.552.800	16.776.800	22.328.800
	14,5 milijuna m <sup>3</sup>	16,8 milijuna m <sup>3</sup>	22,3 milijuna m <sup>3</sup>

Iz ovog pojednostavljenog izračuna potrebnih količina vode iz Tablice 1 vidljivo je da u sušnim godinama (kada su dotoci na godišnjoj razini svega oko 10 milijuna kubika) nedostaje oko 50 % minimalno potrebne količine vode za pokrivanje ovih redovnih potreba. To se i pokazalo u ljeto 2012., kada je zbog nedostatnih količina vode u akumulaciji Butoniga (naravno, uz sušom uzrokovanu nedostatnu izdašnost ostalih izvora za vodoopskrbu), morala biti proglašena redukcija vode u Istri. Osim problema nedostatka vode to je izazvalo i političku krizu, jer se do tada smatralo da je dovršetkom projekta Butoniga vodoopskrba Istre osigurana. Postalo je jasno da takvi projekti nikada nisu dovršeni – oni uvijek traže velik angažman oko održavanja te stalne nadogradnje i optimizacije sustava.

### 4. PROBLEMATIKA KVALITETE VODE NA RASPOLAGANJU ZA ZAHVAĆANJE

Akumulacije u umjerenom klimatskom pojasu ponašaju se prema određenim zakonitostima koje su prvenstveno uvjetovane klimatskim prilikama, oblikom i dubinom akumulacije, stanjem njezinog dna, slivnim područjem, količinom vode i načinom upravljanja akumulacijom, a karakterizira ih izrazita termalna stratifikacija.

Temperatura vode u akumulaciji Butoniga, odnosno njezina termalna stratifikacija, u potpunosti određuje i kvalitetu vode kao sirovine za vodoopskrbu, ali i dugoročno stanje ekosustava akumulacije.

U rano proljeće (ožujak) započinje zagrijavanje vode u gornjem sloju akumulacije, pri čemu se uslijed razlike u gustoći formiraju dva sloja vode:

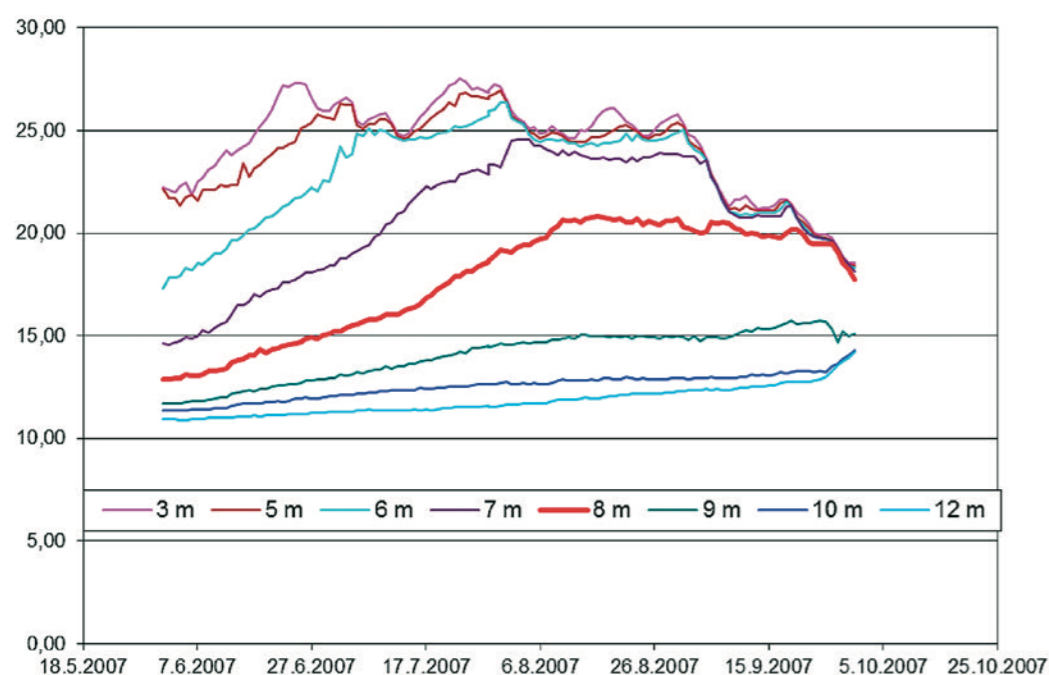
- epilimnij – topliji sloj na površini, bogat kisikom i svjetlom, stoga povoljan za razvoj algi i ostalih mikroorganizama



- hipolimnij – hladniji sloj pri dnu, u kojem s vremenom dolazi do pada koncentracije kisika i potpune anoksije, bogat organskom tvari i produktima njena raspada te anorganskim tvarima koje se uslijed promjene kemijske kvalitete vode oslobađaju iz sedimenata.

Kvaliteta vode u epilimniju praktički nije prihvatljiva za vodoopskrbu. Visoka temperatura vode i dovoljna količina svjetlosti pogoduju rastu algi i svih ostalih mikroorganizama. Alge mogu biti opasne iz više razloga: značajno povećavaju koncentraciju organske tvari, stvaraju filamentozne nakupine koje začepuju filtre i ostale dijelove uređaja za pročišćavanje vode te proizvode specifične toksine koji mogu biti opasni za zdravlje ljudi ako se ne uklone u procesu kondicioniranja vode. U prvim godinama rada Butonige to pitanje nije bilo posebno naglašeno, ali danas prisutnost mikotoksina u vodi za piće izaziva sve veću zabrinutost.

Ipak, glavni je ograničavajući faktor temperatura vode. Zakon o vodi za ljudsku potrošnju iz kojeg proizlazi Pravilnik<sup>2</sup> ograničava najvišu dozvoljenu temperaturu na 25 °C, dok dobra proizvodna praksa nalaže korištenje vode temperature ne više od 20 °C, a to je ujedno i parametar na koji se ne može utjecati u procesu kondicioniranja.



**Slika 2:** Temperaturne krivulje na različitim dubinama ispod površine u akumulaciji.

Na *Slici 2* prikazano je kretanje temperatura u akumulaciji u ljetnoj sezoni 2007., što je reprezentativno za svaku godinu. Temperatura sirove vode mjerena je na postaji B1 (Slika 1; najdublje područje jezera) kroz cijeli stupac vode pomoću 8 instrumenata *Stow Away TidbiT Temp Logger* (nabavljeni iz Amerike) koji su programirani da prikupljaju podatke o temperaturi svakih 30 minuta. Instrumenti su pričvršćeni na užu, koje je vezano na plovak, a postavljani su u stupcu vode na razmacima od jednog ili dva metra. Podaci su očitani tako da su

instrumenti izvađeni, spojeni na računalo pomoću optičkog kabla. Potom su podaci preneseni pomoću programa *Box car pro 4.0.* i analizirani izračunom dnevnih srednjih vrijednosti.

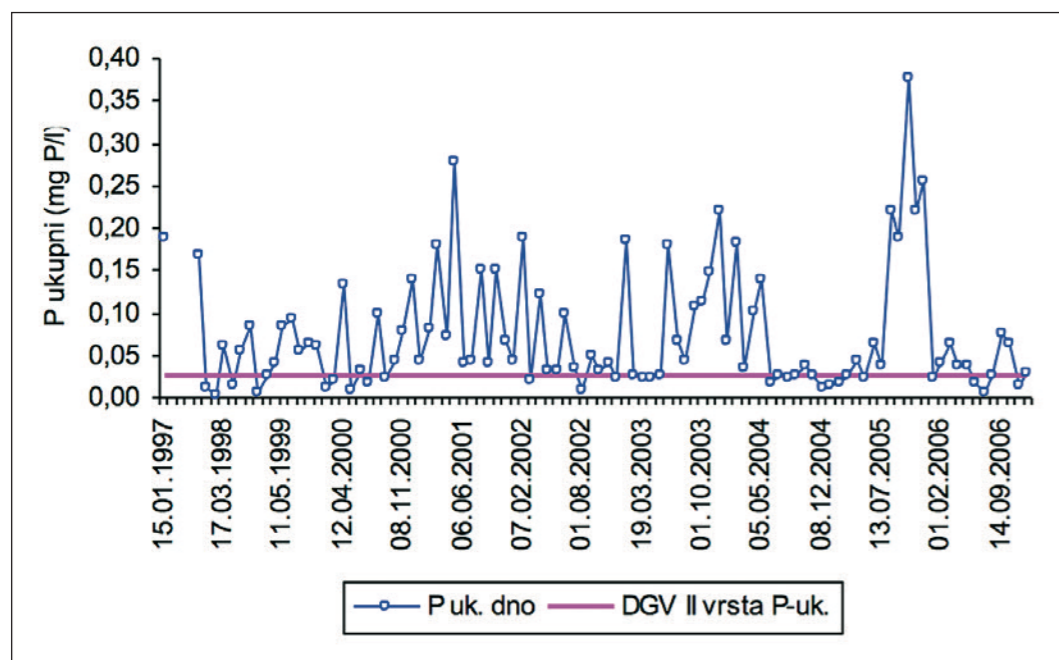
Iz temperaturnih krivulja može se zaključiti da je voda pogodna za vodoopskrbu isključivo na dubinama većim od 9 m ispod površine. Položaj vodozahvatnog tornja koji je pomaknut prema boku akumulacije gdje je dubina jezera niža od maksimalne ostavlja mogućnost zahvaćanja vode samo na 4. i najdubljem usisu, a od njega je do sedimenta svega 2 – 3 m stupca vode. Otvori za zahvat vode su na kotama 37,0, 34,3, 31,7 i 29,0 m n. m., pa su, u slučaju djelomično ispunjene akumulacije do kote 38,0 m n. m., ostali usisni otvori neupotrebljivi.

Kvaliteta vode u hipolimniju ovisi o stupnju trofije i stanju dna akumulacije, što je u slučaju Butonige veoma nepovoljno, jer je dubina hipolimnija na mjestu zahvata mala, a to znači da je utjecaj sedimenta značajan. Mikroorganizmi koji rastu i razvijaju se u gornjem sloju imaju kratke životne cikluse, odumiru i tonu u donji sloj gdje se odvijaju procesi njihove razgradnje. Budući da nema miješanja vode između dva sloja, koncentracija kisika u donjem sloju opada uslijed utroška u biokemijskim procesima i vrlo rano u godini dolazi do stanja potpune anoksije. Produkti raspada organske tvari mijenjaju pH-vrijednost vode i dolazi do remobilizacije anorganskih tvari iz sedimenta, stoga je u pridnenom sloju vode iz Butonige krajem ljeta povišena koncentracija specifičnih organskih spojeva, željeza i mangana, amonijaka i fosfata. Prisutnost ovih tvari uz nižu pH-vrijednost vode uzrokuju zahtjevniji proces pročišćavanja uz veći utrošak kemikalija, ozona, vapnene vode za korekciju pH-vrijednosti, što je sve povezano s većim troškovima proizvodnje vode s jedne strane, ali i većom nesigurnošću u efikasnost procesa s druge.

Osim ovih nepovoljnih utjecaja na kvalitetu vode za dugoročno stanje akumulacije najopasnija je povišena koncentracija fosfora, koji se, osim što kontinuirano dotječe u jezero putem otpadnih voda i ispiranja s poljoprivrednih površina, remobilizira iz sedimenta i generira proces trofije, odnosno propadanja jezera i pretvaranja u baru. Jednom kada trofija uznapreduje potrebni su jako rigorozni zahvati za njeno zaustavljanje (pražnjenje akumulacije, odmuljivanje dna – praktički kretanje »od nule«).

Granični faktor eutrofikacije je ona tvar čije pomanjkanje ograničava procese primarne produkcije u jezeru, a određuje se empirijskim putem, izračunom masenog odnosa koncentracije ukupnog dušika i ukupnog fosfora. Ukoliko je taj odnos  $\geq 6$ , tada je granični faktor eutrofikacije površinske vode fosfor (Volterra, 2002), što vrijedi za Butonigu. U stajaćim vodama za koje je granični nutrijent fosfor, koncentracija fosfata već od 0,01 mg/l dovoljna je za održavanje rasta planktona, dok će koncentracije od 0,03 do 0,1 mg/l vjerojatno dovesti do pojačanog rasta, do »cvjetanja algi«, što je za vodoopskrbnu akumulaciju nepoželjno, a može biti opasno u smislu zdravstvene ispravnosti vode.

<sup>2</sup> Pravilnik o parametrima sukladnosti, metodama analize, monitoringu i planovima sigurnosti vode za ljudsku potrošnju te načinu vođenja registra pravnih osoba koje obavljaju djelatnost javne vodoopskrbe, Narodne Novine, 125/2017.



Slika 3: Izmjerene vrijednosti ukupnog fosfora u akumulaciji Butoniga od 1997. do 2006.

Na Slici 3 prikazano je kretanje koncentracija ukupnog fosfora u vodi akumulacije Butoniga u periodu od 10 godina, iz koje se vidi da su izmjerene vrijednosti u rasponu od 0,006 do 0,376 mg P/l, što su koncentracije koje usmjeravaju jezero prema eutrofikaciji.

## 5. UPRAVLJANJE AKUMULACIJOM

Osnovni konflikt u upravljanju malom akumulacijom je zadovoljavanje njezine uloge obrane od poplava, za što ona mora biti »što praznija« kako bi se osigurao dovoljan prostor za prihvat vodnog vala. Za vodoopskrbnu ulogu akumulacija bi morala biti »što punija«, trebala bi se napuniti već u jesenskim mjesecima kada su najobilnije padavine, kako bi se s dovoljnom količinom vode dočekao sušni period od srpnja do listopada.

Zbog termalne razdiobe akumulacije poseban je problem način kako će se njome upravljati, radi održavanja na što nižem stupnju trofije. Hipolimniji je sloj koji bi na kraju ljeta trebalo u potpunosti ispustiti iz akumulacije kroz temeljni ispust na brani. Naime, kada se vanjske temperature postupno smanjuju, opada i temperatura u gornjem sloju akumulacije, a u donjem sloju već je došlo do porasta temperature vode. Razlika u gustoći vode sve je manja, nestaje fizikalna barijera i dolazi do jesenskog miješanja akumulacije (*turnover*). Za to je dovoljan sasvim mali vanjski poticaj, što može biti pojačani dotok vode u akumulaciju uslijed kiše ili vjetar. U tom slučaju svi produkti raspada i otopljene tvari iz sedimenata koje su se tijekom ljeta nakupile u hipolimniju raspoređuju se u potpunom vodenom tijelu te na taj način onečišćuju svu količinu vode koja je preostala u jezeru.

Da bi se izbjegle ove nepovoljne pojave, mora se u određenom trenutku, neposredno prije početka miješanja akumulacije (što se može predvidjeti mjerenjem parametara temperature

i kvalitete vode u akumulaciji), ispustiti što veću količinu vode s dna. Za Butonigu konkretno bilo bi poželjno ispustiti kompletan hipolimniji. Termin potrebnog ispuštanja može varirati u razmaku od mjesec dana, od kraja kolovoza do kraja rujna, a ovisi o klimatskim prilikama i stanju akumulacije. Propuštanjem pravovremenog ispuštanja nastaje za akumulaciju nepopravljiva šteta. Ovaj način upravljanja akumulacijom, uz obvezno jesensko ispuštanje, bio je ustanovljen već nakon njezinog formiranja 1987., prvenstveno radi osiguranja dovoljnog slobodnog volumena za zaštitu od poplava u jesensko-zimskom periodu. Tadašnjim pravilnikom bio je određen datum ispuštanja (vjerojatno 1.9.) pa se na taj način nekih godina događalo da se voda ispustila nakon jesenskog miješanja, što je već tada negativno utjecalo na kvalitetu. Nakon uključivanja vodovoda u upravljanje akumulacijom ispuštanje vode kroz temeljni ispust dogovaralo se zajednički na osnovu mjerenja temperature te se u periodu do 2008. takav način funkcioniranja pokazao optimalnim. Međutim, 2008. bila je prva godina kada je postao očit problem nedostatka vode jer je početak sezone vodoopskrbe dočekan s »praznim« jezerom (ispod kote 38 m n. m., više od 3 metra ispod pune akumulacije) te se od tada počelo reducirati jesenje ispuštanje, a pogotovo je to izraženo nakon krize 2012. Naravno da se tijekom jeseni i zime ispuštaju svi viškovi vode, međutim to nema utjecaj na održanje kvalitete u akumulaciji, kao što je to slučaj s ispuštanjem prije *turnovera*.

Posljednjih godina javljaju se dodatni problemi s kvalitetom vode iz akumulacije koji bi mogli biti povezani upravo s nepravovremenim ispuštanjem vode prije jesenskog miješanja.

## 6. PROBLEMATIKA PREDIMENZIONIRANOG DISTRIBUCIJSKOG SUSTAVA I MIJEŠANJA VODE IZ RAZLIČITIH SUSTAVA

Prije početka rada postrojenja za kondicioniranje vode Butoniga prema projektu za vodoopskrbu bilo je zamišljeno samo sezonsko korištenje sustava Butoniga, međutim takav način rada odmah je napušten, već na osnovu iskustva iz prve dvije sezone.

Magistralni cjevovod za opskrbu Istre vodom iz Butonige dimenzioniran je na kapacitet od 2.000 l/s, na osnovu početnih izračuna o dovoljnim količinama vode na raspolaganju i bez uzimanja u obzir fluktuacije kvalitete. Prvi dio distribucijskog sustava je tlačni vod dužine 7,5 km i promjera 1.200 mm do vodospreme Ladavci gdje prelazi kotu 335 metara nad morem. Glavna trasa magistralnog gravitacijskog voda do prekidne komore Loborika duga je oko 56 kilometara, s time da se promjer postepeno smanjuje od 1.000 do 600 mm. Već u Pazinu je prvi odvojak za opskrbu područja Pazina koji se grana u dužini oko 8 km, a drugi je nakon rezervoara Kanfanar za Rovinj dužine oko 18 km. Nakon prekidne komore Loborika cjevovod se grana dodatnih desetak kilometara do vodospreme Monte Serpo i Valtura za opskrbu šireg područja Pule.

Magistralni cjevovod počeo se koristiti 1988. godine, djelomično sa sirovom vodom, a djelomično s pročišćenom vodom na privremenom uređaju Beram kapaciteta 150 l/s. U takvim uvjetima već su se od početka u cjevovodu počeli stvarati talozi i naslage mikroorganizama, te je prije početka vodoopskrbe iz novog postrojenja Butoniga bilo potrebno cijeli sustav isprati, iako bi za postizanje dobrog efekta čišćenja sustav trebalo mehanički očistiti, posebnim *robot-*



-četkama za cjevovode. Za ispiranje je te 2002. utrošeno oko milijun kubika pročišćene vode, što je povezano s jedne strane s velikim troškovima pročišćavanja i pumpanja vode koja za vodovod predstavlja gubitak vode te s druge strane s problemom ispuštanja vode od ispiranja sustava u okoliš.

U ljetnoj sezoni 2002. javio se još jedan značajni problem za vodoopskrbu – kod krajnjih potrošača na lokacijama koje inače troše vodu iz drugih sustava došlo je do pojave zamućene i »crvene« vode. Problem je odmah dospio i u novine što je napravilo jaku lošu »reklamu« za sustav Butoniga, a to su iskoristili brojni neprijatelji ovog projekta. Kako su sve analize u vodospremama vode iz Butonige pokazivale da je voda besprijeorne kvalitete, trebalo je uzroke tražiti u perifernim dijelovima distribucijskog sustava. Naime, poznato je da u situaciji upuštanja vode iz novog sustava u neki ranije postojeći sustav, čak i zbog vrlo malih razlika u kvaliteti vode (pH-vrijednost, temperatura, tvrdoća vode i zasićenje kisikom), dolazi do poremećaja ravnoteže što može uzrokovati otapanje postojećih taloga. Jedan od parametara koji se može primijeniti za kontrolu stanja vode u tom slučaju je Langelierov indeks stabilnosti (LSI). Pokazalo se da je voda iz sustava Butoniga, u periodu kada su se desili problemi sa zamućenjem i obojenjem u sustavu imala nizak LSI (u rangu oko -0.5, što znači da je pH vode bio za 0,5 pH-jedinica niži od ravnotežnog) te je uvedeno svakodnevno određivanje LSI prema metodi *Calcite Saturation acc. DIN38404-10-R2 (Strohecker & Langelier)*, uz obvezno korigiranje pH-vrijednosti zasićenom vapnenom vodom. Situacija se tada smirila, međutim šteta je već bila počinjena. Slični problemi su se pojavili i kasnije u korištenju, kada se voda upuštala u nove ogranke ili dijelove distribucijskog sustava, ali lokalizirano i u manjoj mjeri.

Nakon ljetne sezone 2002. sustav je isključen iz funkcije, izvedene su potrebne dorade i optimizacije na postrojenju, međutim u proljeće 2003. pokazala se ponovno potreba za sustavnim ispiranjem cijelog distribucijskog cjevovoda. Osim problema konzervacije distribucijskog sustava, potpunog pražnjenja, čišćenja, konzervacije i mirovanja postrojenja i ovdje opisanog problema miješanja vode različitih karakteristika koji bi se očekivao na početku svake sezone, javlja se i problem operativnog tima koji je neophodan za rad sustava Butoniga, a koji bi trebao biti bez stvarnog posla oko pola godine, zbog čega je već od 2004. donesena odluka o cjelogodišnjem radu sustava Butoniga minimalnim kapacitetom.

## 7. SUSTAV ZA NADOPUNJAVANJE AKUMULACIJE IZ IZVORA BULAŽ

Nakon prve realne krize s nedostatkom vode u jezeru Butoniga 2008., kada je početkom lipnja razina jezera bila ispod kote 38 m n. m. i voda na raspolaganju topla i u hipolimniju, pokrenut je projekt izgradnje oko 12 km dugog transportnog cjevovoda iz izvora Bulaž u dolini rijeke Mirne do postrojenja Butoniga, s crpnom stanicom kapaciteta 500 l/s za nadopunjavanje sustava Butoniga. Dopuna vodom iz ovog izvora planirana je na dva načina: direktno dovođenjem vode na ulaz u proces pročišćavanja na postrojenju ili nadopunjavanjem akumulacije tijekom veće izdašnosti izvora Bulaž, za osiguranje zaliha vode za ljetnu sezonu. Pregledom podataka o kvaliteti vode izvora Bulaž uočeno je da su koncentracije fosfora u rasponu 0,035 – 0,141 mg P/l, što za izvor nije visoko, ali za akumulaciju je to značajno povišena koncentracija fosfata. Takvu vodu nije preporučljivo upuštati u akumulaciju bez predtretmana,

odnosno procesa uklanjanja fosfora. Ovaj projekt je realiziran, ali samo do faze spajanja na ulazni cjevovod u postrojenje. Za nadopunu vode u jezero bilo je zamišljeno prethodno pročišćavanje u predtretmanu i na brznoj filtraciji te upuštanje u jezero putem novog cjevovoda ili postojećeg za sirovu vodu, ali se te opcije još razmatraju. Ipak već i miješanjem vode iz akumulacije s dijelom vode iz Bulaža postignut je povoljan efekt, dobivena je dodatna količina vode stabilnije kvalitete i niže temperature (13 – 14 °C) te je ukupno za nekoliko stupnjeva spuštena temperatura vode koja se pumpa u distribuciju.

## 8. ZAKLJUČAK

- Vodoopskrbni sustav Istre – Vodovod Butoniga projektiran je na vršni kapacitet od 2.000 l/s na osnovu pojednostavljenih izračuna o kapacitetu akumulacije i dostupnim količinama vode. Količine vode su se u eksploataciji pokazale nedostatne čak i za prvu, izgrađenu fazu od 1.000 l/s.
- Kvaliteta vode koja je na raspolaganju u ljetnim mjesecima izuzetno je nepovoljna za vodoopskrbu zbog visoke temperature i povišenih koncentracija organske tvari, željeza i mangana te amonijaka. Proces pročišćavanja je stupnjevito, dobro se uklanjaju sva onečišćenja, međutim ostaje problem povišene temperature vode na ulazu u distribuciju.
- Za upravljanje akumulacijom u smislu smanjenja stupnja trofije (uklanjanje fosfora) nužno je ispuštanje pridnenog sloja hipolimnija prije jesenskog miješanja, ali to često nije moguće zbog male količine vode u jezeru na kraju ljetne sezone.
- Sezonski rad, s polugodišnjim prekidima, ovako velikog i složenog sustava nije moguć, već postrojenje i distribucija vode mora biti u funkciji tijekom cijele godine između ostalog i zbog održavanja stalnog omjera voda iz različitih izvora u distribucijskoj mreži.
- Sustav nadopunjavanja vodom iz obližnjeg izvora donio je benefite kako za dodatne količine vode na raspolaganju tako i za poboljšanje kvalitete, zbog niže temperature vode koja posredno utječe na cijeli niz parametara kvalitete vode.

## LITERATURA I VIRI

1. Elektroprojekt, 1977. Brana na Botonegi - I etapa izgradnje - glavni projekt. Zagreb. Nepubl.
2. Elektroprojekt, 1981. Brana na Botonegi - Izmjena glavnog projekta. Zagreb. Nepubl.
3. Hajduk Černeha, B. et al., 2007. Akumulacija Butoniga – problemi bilance i kakvoće vode, 4. Hrvatska konferencija o vodama: Hrvatske vode i Europska unija - izazovi i mogućnosti. Opatija.
4. Pravilnik o parametrima sukladnosti, metodama analize, monitoringu i planovima sigurnosti vode za ljudsku potrošnju te načinu vođenja registra pravnih osoba koje obavljaju djelatnost javne vodoopskrbe. Narodne Novine, 125/2017.
5. Rubinić, J., 1996. Plan natapanja na području istarskih slivova – hidrologija. Labin. Nepubl.
6. Volterra L., 2002. Dostupno na: <http://ec.europa.eu/environment/water/water-nitrates/pdf/eutrophication.pdf>. [srpanj 2021].