

## UTICAJ KOMPENZACIONOG BAZENA NA DIMENZIONISANJE HIDROELEKTRANE I NIZVODNA OGRANIČENJA

Slobodan MILIĆ<sup>1)</sup> i Marija MILIĆ<sup>2)</sup>

<sup>1)</sup> Energoprojekt-ENTEL <sup>2)</sup> Energoprojekt –Hidroinženjering

### REZIME

Značajna uloga hidroelektrana, osim proizvodnje energije, je i obezbeđenje sistemskih usluga. Zavisno od osnovnih energetske karakteristika, hidroelektrane mogu učestvovati u regulaciji frekvenca-snaga, svim oblicima rezerve sistema, praćenju promena dijagrama opterećenja i sl.. Osnov za sve ove aktivnosti je postojanje korisne zapremine akumulacionog bazena u kojoj bi se vršilo regulisanje voda prema zahtevima elektroenergetskog sistema. Regulisanje se odvija kroz promenu kontinualnog dotoka u akumulacioni bazen tokom dana (prirodne promene protoka tokom dana su male), u bitno različita isticanja tokom dana. Ta isticanja se ograničavaju instalisanim protokom turbina (maksimalna vrednost) i ekološki prihvatljivim protokom, ili nekim drugim minimumom (minimalna vrednost). Takve oscilacije mogu, nizvodno, proizvesti neželjene negativne efekte (rušenje obala, uticaj na floru i faunu, konkretne fizičke opasnosti za život ljudi i sl.). Smanjenje ovih negativnih efekata može se ostvariti gradnjom manjeg bazena neposredno nizvodno. Osnovna namena ovog (manjeg) bazena je da se promene protoka, nivoa i sl., na nizvodnom potesu, tokom dana, smanje i dovedu na prihvatljiv nivo obzirom na bližu i dalju okolinu. Takav bazen se naziva kompenzacionim. U ovom radu je razmatran način dimenzionisanja takvog bazena, njegov uticaj na nizvodni potes i instalisani protok uzvodne elektrane.

**Ključne reči:** hidroelektrane; akumulacija; regulacija rada hidroelektrana, regulacija frekvenca-snaga; rezerva sistema; nizvodna ograničenja; kompenzacioni bazen

### 1. UVOD

Naša nauka i praksa primenjena u elektroprivredi i vodoprivredi dala je više metodoloških postupaka za definisanje akumulacionog bazena hidroelektrana. Ne

postoje (autoru nisu poznati) postupci za definisanje (određivanje parametara) kompenzacionog bazena. To dimenzionisanje se vršilo na različite načine, od slučaja do slučaja. Za to postoje i opravdani razlozi. Najpre, u toku intenzivnog projektovanja i gradnje hidroelektrana pitanjima nizvodnog negativnog uticaja se nije poklanjala potrebna pažnja. Nizak nivo privredne aktivnosti, standarda pa i svesti o negativnim posledicama, nisu ove probleme isticali do nivoa koji bi ih doveo u domen njihovog rešavanja.

Nasuprot takvom stanju u prošlosti, danas je ovo pitanje ravnopravno sa osnovnim postulatom, regulisanjem vode u akumulaciji. Neretko, postavlja se i kao limitirajući faktor.

Pored toga, do sada su realizovani svi tehnički i ekonomski povoljniji hidroenergetski objekti, a to znači objekti većih snaga, veće investicione vrednosti, većih akumulacija i sl.. Preostali objekti za realizaciju su manjih snaga i specifično skuplji (po MW i kWh). Najčešće su to objekti višenamenskog karaktera što posebno ističe problematiku njihovog projektovanja i realizacije. U tom smislu cena kompenzacionog bazena predstavlja značajnu stavku u ukupnim investicijama i postaje element koji ulazi u postupak optimizacije parametara ravnopravno sa veličinom akumulacije, instalisanim protokom, tipom brane i preliva i sl.. Za korektnu analizu i proračune neophodno je ovo pitanje rešiti metodološki i dati odgovarajući algoritam.

### 2. REGULISANJE VODA U AKUMULACIJI HIDROELEKTRANE

U osnovi regulisanje vode u akumulacijama hidroelektrana, posebno u akumulacijama koje ne mogu vršiti sezonsko regulisanje, je maksimalna proizvodnja varijabilne energije. Pod pojmom varijabilna energija podrazumeva se ona količina energije koja se može proizvesti, prema zahtevima sistema, u bilo kom vremenskom periodu sa maksimalnom snagom.

Suštinski ova količina energije se smatra upravljivom, odnosno kontrolabilnom.

Kao opšti reprezent smatra se sedmično (nedeljno) regulisanje koje se manifestuje akumuliranjem vode tokom vikenda i pražnjenje tokom narednih pet dana. Dnevno regulisanje, sa jednim ili dva maksimuma tokom dana, smatra se specijalnim slučajem sedmičnog kada su svi dani (osim vikenda) isti, tj. kada u svim danima postoji približno jednaka potreba za varijabilnom energijom.

Osnovu na kojoj je bazirana ova analiza predstavlja bilansna jednačina dotoka i isticanja za razmatranu akumulaciju hidroelektrane. Potrebna zapremina za regulisanje vode u bazenu hidroelektrane definiše se na osnovu razlika veličine i oblika dotoka u bazen i isticanja iz bazena. Ona je jednaka količini vode koju akumulacija mora da obezbedi u sopstvenom bazenu (prethodno je akumulira), da bi ostvarila maksimalnu proizvodnju varijabilne energije. U tom smislu, na veličinu potrebne zapremine akumulacije utiču:

- način regulisanja dotoka (sedmično ili dnevno) i
- režim rada u toku dana (sa jednim ili dva maksimuma).

Polazeći od sedmodnevnih protoka i sedmičnog regulisanja, uvažavajući bilansnu jednačinu, dobija se:

$$Q_{prir}(24(r+n)) = Q_k \cdot 24(r+n) + r \cdot t_{vh}(Q_{ins} - Q_k) \quad (1)$$

za  $Q_{prir} \leq Q_{ins}$

gde su:

$Q_{prir}$  - prirodan, kontinualan dotok u bazen

$r$  - broj radnih dana u sedmici

$n$  - broj neradnih dana u sedmici

$Q_k$  - konstantno isticanje ili ekološki prihvatljivi protok ili plovidbeni minimum

$Q_{ins}$  - instalisani protok

$t_{vh}$  - vreme varijabilnog rada hidroelektrana u toku radnog dana.

Prema osnovnim postavkama metode, tj. uz najoštrije uslove rada hidroelektrane i maksimiziranje varijabilne energije, izraženo kroz rad sa najvećom snagom (instalisanim protokom) za najkraće vreme a da pri tome ne dođe do preliva, relacija (1) se transformiše u:

$$Q_{prir} \cdot 24(r+n) = Q_{ins} \cdot r \cdot t_{vh} + Q_k \cdot (r+n) - r \cdot t_{vh} \cdot Q_k \quad (2)$$

Očigledno je, da prema zahtevima elektroenergetskog sistema, hidroelektrana transformiše kontinualan dotok u svoj akumulacioni bazen, u dvojako isticanje:

- isticanje sa instalisanim protokom za vreme  $r \cdot t_{vh}$ , i
- isticanje definisano ekološkim prihvatljivim protokom, plovidbenim minimumom ili sprečavanjem preliva, za vreme  $(24 \cdot (r+n) - r t_{vh})$ .

Prema relaciji (2) mogu se, za svako  $Q_{prir}$  odrediti elementi koji definišu način rada hidroelektrane ( $t_{vh}, Q_k$ ) u toku dana, a prema osnovnim postavkama metode, sedmičnom regulisanju, karakteristikama hidroelektrane ( $Q_{ins}$ ) i postavljenim zahtevima sistema ( $t_{vh,max}=18$  sati).

Na bazi ovih podataka definisana je potrebna zapremina za određen vid regulisanja (varijabilnog rada..) i prikazana dijagramom na slici 1. Dijagram je dat u relativnim vrednostima gde je kao jedinica uzeta maksimalno potrebna zapremina za sedmično regulisanje. Potrebna zapremina je data u funkciji relativnog protoka ( $Q/Q_{ins}$ ).

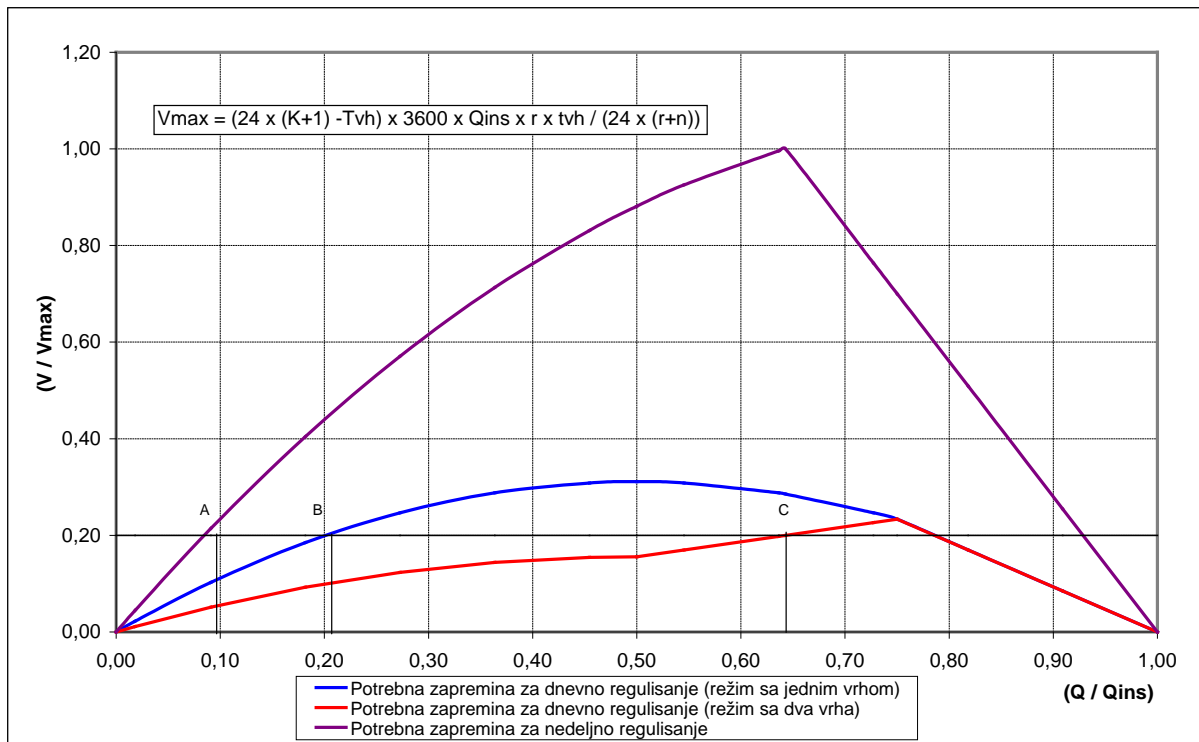
Maksimalna potrebna zapremina kod sedmičnog regulisanja pojavljuje se pri dotoku od  $64\% Q_{ins}$ , pri čemu je trajanje varijabilnog rada hidroelektrane maksimalno (18 sati dnevno). Pri dnevnom regulisanju i režimu rada sa jednim maksimumom tokom dana maksimalno potrebna zapremina se pojavljuje pri dotoku  $50\% Q_{ins}$  a trajanje varijabilnog rada iznosi 12 sati dnevno. U režimu sa dva maksimuma tokom dana, maksimalna zapremina se pojavljuje pri dotoku od  $75\% Q_{ins}$  i vremenu varijabilnog rada od 18 sati dnevno.

### 3. DEFINISANJE NIZVODNIH USLOVA TEČENJA

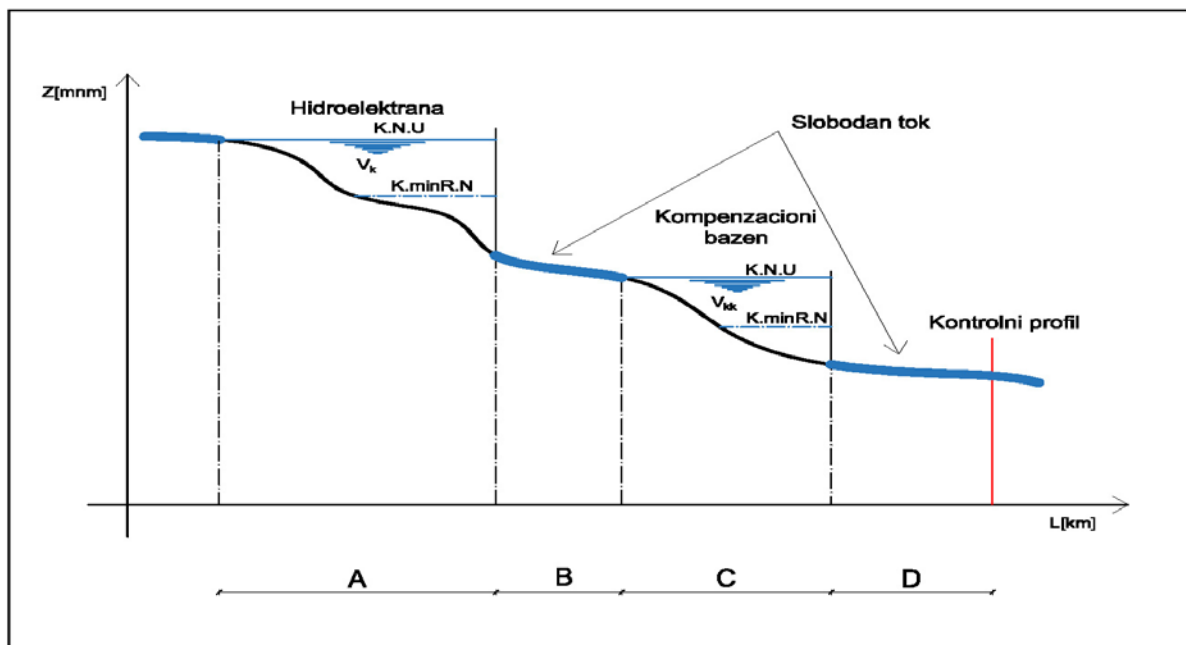
U cilju ilustracije daljih izlaganja, na slici 2 je prikazan profil vodotoka sa deonicama A, B, C i D. Hidroelektrana koja vrši regulisanje protoka prema zahtevima elektroenergetskog sistema nalazi se na deonici A. Deonica B predstavlja slobodan tok, deonica C kompenzacioni bazen a deonica D, takođe, slobodan tok. Kontrolni profil nalazi se na kraju deonice D.

Ovakav raspored objekata usvojen je kao opšti i podrazumeva:

- regulisanje (prema potrebama sistema) u uzvodnoj akumulaciji,
- obezbeđenje ekološki prihvatljivog protoka,
- kompenzaciju uzvodnog regulisanja (kompenzacioni bazen) i
- kontrolu ispunjenosti nizvodnih uslova tečenja.



Slika 1. Potrebna zapremina akumulacije za regulisanje protoka (relativne vrednosti)



Slika 2. Podužni profil vodotoka sa hidroenergetskim objektima

Nizvodni uslovi mogu biti dati na različite načine. Najčešće su definisani na konkretnom profilu ili potesu. Opšti oblik nizvodnih uslova dat vremenski ili u funkciji dotoka u akumulaciju, stanja akumulacije ili stanja okoline, jedinstveno za celu godinu ili po mesecima, sedmicama i sl., može se iskazati na jedan od sledećih načina:

- postoji uslov ekološki prihvatljivog protoka
- postoji uslov iskazan kroz veličinu promene protoka tokom dana i broja promena i
- postoji uslov iskazan kroz veličinu promene nivoa na zadatom (kontrolnom) profilu i broj promena tokom dana.

Kako su poslednja dva uslova vezana krivom proticaja na kontrolnom profilu, ( $H=f(Q)$ ), faktički postoje samo uslovi ekološki prihvatljivog protoka ( $Q_{ep}$ ) i dozvoljene denivelacije tokom dana ( $dh$ ).

U okviru mogućih nizvodnih uslova postoje i dva granična iskazana na sledeći način:

- nema nizvodnih ograničenja i
- nizvodna ograničenja su definisana prirodnim stanjem.

U prvom slučaju nema potrebe za kompenzacionim bazenom ( $V_{kk}=0$ ) a u drugom slučaju kompenzacioni bazen treba da ima istu zapreminu kao i uzvodna akumulacija čiji rad kompenzuje. U okviru ovog rada obrađen je opšti slučaj koji obuhvata i navedena dva.

#### 4. METODOLOŠKI POSTUPAK UVAŽAVANJA NIZVODNIH USLOVA

Najveća potrebna zapremina za regulisanje pojavljuje se pri sedmičnom regulisanju. To je posledica akumuliranja vode vikendom (30 do 48 sati). Ova količina vode se dalje, radnim danima, raspodeljuje podjednako. U tom smislu dnevne promene protoka obuhvataju i sedmično regulisanje.

Dnevno regulisanje može biti sa jednim ili sa dva maksimuma u toku dana (rad sa instalisanim protokom  $Q_{ins}$ , određeno vreme  $t_{vh}$ ). Pri tome je angažovanje elektrane sa dva maksimuma karakteristično za dotoke manje od polovine instalisanog protoka ( $Q_{dot} \leq Q_{ins}/2$ ). Angažovanje sa jednim maksimumom tokom dana karakteristično je za velike dotoke,  $Q_{dot} \geq Q_{ins} * t_{vh,max}/24$ . Za dotoke između navedenih, angažovanje se odvija sa dva maksimuma ali uz povećanje vremena angažovanja ( $t_{vh}$ ) do maksimalne vrednosti (18 sati dnevno).

Nije potrebno posebno dokazivati da usaglašen rad uzvodne akumulacije i kompenzacionog bazena zahteva minimalnu zapreminu bazena za kompenzaciju. Nema energetskih, pa ni drugih, razloga da se od navedenog odstupa, pa je u daljim analizama ovaj princip zadržan.

U okviru izrade projektne dokumentacije, vezano za kompenzacioni bazen, mogu nastati tri karakteristična slučaja:

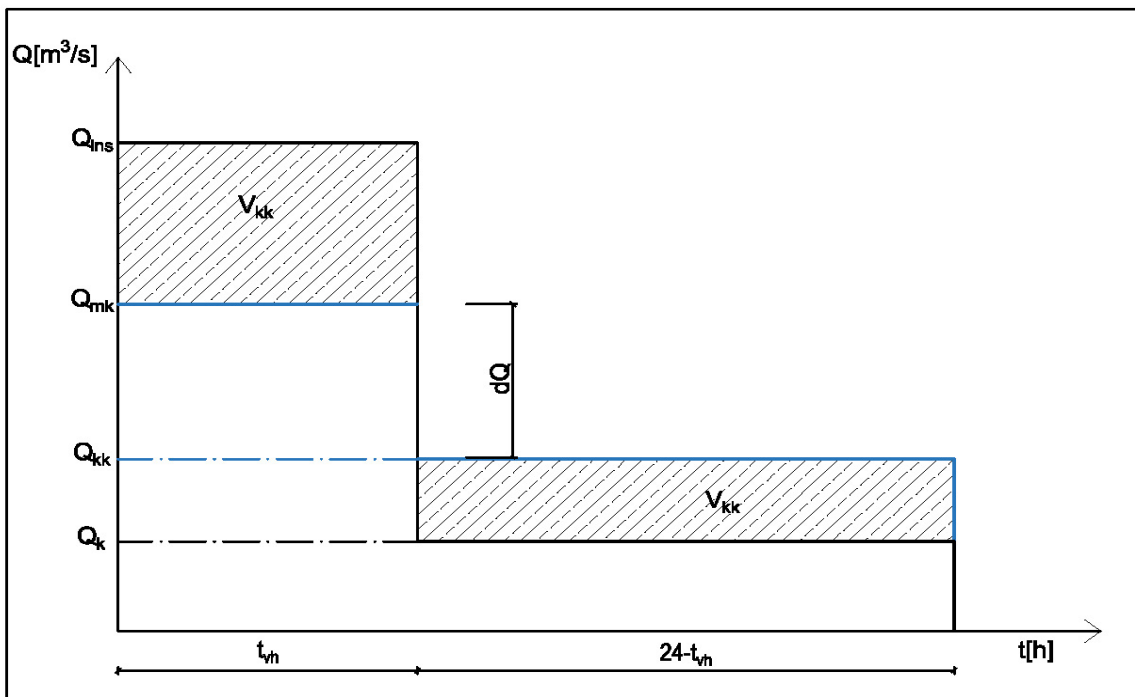
1. Postoje definisana ograničenja na kontrolnom profilu ( $dQ$ ,  $dh$ ) i instalisani protok uzvodne elektrane ( $Q_{ins}$ ), a potrebno je odrediti korisnu zapreminu kompenzacionog bazena ( $V_{kk}$ ),
2. Postoji definisan instalisani protok uzvodne elektrane ( $Q_{ins}$ ) i korisna zapremina kompenzacionog bazena ( $V_{kk}$ ) a potrebno je odrediti varijacije nivoa i proticaja na kontrolnom profilu ( $dQ$ ,  $dh$ ) i
3. Postoje definisana ograničenja na kontrolnom profilu ( $dQ$ ,  $dh$ ) i korisna zapremina kompenzacionog bazena ( $V_{kk}$ ), a potrebno je odrediti instalisani protok uzvodne elektrane ( $Q_{ins}$ ).

U svrhu metodoloških objašnjenja, na slici 3 prikazan je dijagram dotoka i isticanja iz kompenzacionog bazena za slučaj dnevnog regulisanja sa jednim maksimumom. U slučaju rada elektrane sa dva maksimuma tokom dana metodološki principi ostaju isti a promene se ogledaju samo u odgovarajućim relacijama.

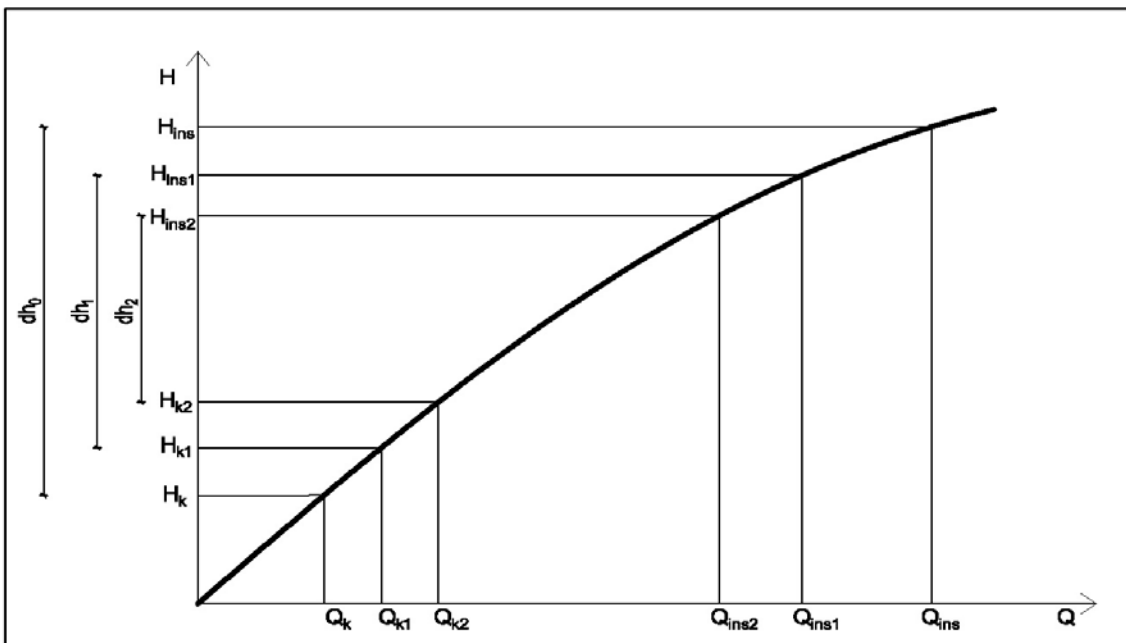
Dotok u kompenzacioni bazen iskazan je radom najkraće vreme ( $t_{vh}$ ) instalisanim protokom uzvodne elektrane ( $Q_{ins}$ ) i njenim konstantnim isticanjem ( $Q_k$ ). Konstantno isticanje u sebi sadrži sve obaveze u neprekidnim trajanju ( $24 - t_{vh}$ ).

Isticanje iz kompenzacionog bazena iskazano je ekvivalentnim trajanjem ( $t_{vh}$ ) maksimalnog protoka ( $Q_{mk}$ ) i konstantnim isticanjem ( $Q_{kk}$ ) u neprekidnom trajanju ( $24 - t_{vh}$ ).

Šrafirane površine ( $V_{kk}$ ) predstavljaju potrebnu zapreminu kompenzacionog bazena koja bi omogućila prikazani način rada. Razlika maksimalnog ( $Q_{mk}$ ) i konstantnog ( $Q_{kk}$ ) isticanja iz kompenzacionog bazena predstavlja varijaciju protoka na kontrolnom profilu ( $dQ$ ) koja se manifestuje kao razlika vodostaja ( $dh$ ), i koja je kontrolni podatak.



Slika 2 Dijagram dotoka i isticanja iz kompenzacionog bazena (dnevno regulisanje sa jednim maksimumom)



Slika 3: Kriva proticaja na kontrolnom profilu

Na slici 4 prikazana je tipična kriva proticaja na kontrolnom profilu koja je poslužila kao podloga za objašnjenje postupka.

Potrebnu zapreminu kompenzacionog bazena (slučaj 1) moguće je odrediti iterativnim putem, što je prikazano u daljem izlaganju.

Polazi se od pretpostavke da kompenzacioni bazen ne postoji. U tom slučaju cilj je definisati vrednosti instalisanog protoka ( $Q_{ins}$ ) i konstantnog isticanja ( $Q_k$ ) koje bi se uklopilo u uslove na kontrolnom profilu ( $dQ$ ,  $dh$ ).

U nultoj iteraciji, instalisani protok elektrane ( $Q_{ins}$ ) i konstantno isticanje ( $Q_k$ ) definišu nivoe  $H_{ins}$  i  $H_k$  kojima odgovara denivelacija  $dh_0$ . Ako je ova denivelacija veća od dozvoljene (pretpostavka je da jeste) smanjuje se instalisani protok na vrednost  $Q_{ins1}$  čemu odgovara novo konstantno isticanje  $Q_{k1}$ , a njima, respektivno  $H_{ins1}$ ,  $H_{k1}$  i  $dh_1$ . Ovaj postupak se nastavlja sve dok se ne dobije vrednost  $dh_n$  koja je zadovoljavajuće bliska zadatom uslovu na kontrolnom profilu. Ovako dobijene vrednosti instalisanog protoka i konstantnog isticanja su merodavne za kompenzacioni bazen ( $Q_{mk}$  i  $Q_{kk}$ ).

Na osnovu dijagrama sa slike 3 potrebna korisna zapremina kompenzacionog bazena data je relacijom:

$$V_{kk} = (Q_{ins} - Q_{mk}) \cdot t_{vh} \cdot 3600 \quad [\text{m}^3] \quad (3)$$

Ako se u relaciji (3)  $t_{vh}$  zameni vrednošću iz bilansne jednačine (2), posle sređivanja, dolazi se do relacije:

$$V_{kk} = C \cdot (Q_{ins} - Q_{mk}) \quad [\text{m}^3] \quad (4)$$

Očigledno, potrebna zapremina kompenzacionog bazena srazmerna je razlici instalisanog protoka uzvodne elektrane i maksimalnog isticanja iz kompenzacionog bazena ( $Q_{ins} - Q_{mk}$ ).

Određivanjem  $V_{kk}$  stižu se uslovi i za procenu investicione vrednosti kompenzacionog bazena i njeno uključivanje u postupak izbora parametara elektrane.

U drugom slučaju, kada je potrebno odrediti promene nivoa na kontrolnom profilu, postupak je sledeći: Prema slici 3, i relaciji (3), maksimalno isticanje iz kompenzacionog bazena dato je relacijom:

$$Q_{mk} = Q_{ins} - \frac{V_{kk}}{t_{vh} \cdot 3600} \quad [\text{m}^3/\text{s}] \quad (5)$$

a konstantno isticanje relacijom:

$$Q_{kk} = \frac{V_{kk}}{(24 - t_{vh}) \cdot 3600} + Q_k \quad [\text{m}^3/\text{s}] \quad (6)$$

Razlika ( $Q_{mk} - Q_{kk} = dQ$ ) definiše promenu nivoa na kontrolnom profilu,  $dh$ .

U trećem slučaju, kada je potrebno odrediti instalisani protok uzvodne elektrane koji se uklapa u uslove na kontrolnom profilu ( $dQ$ ,  $dh$ ) i raspoloživu zapreminu kompenzacionog bazena ( $V_{kk}$ ), primenjuje se sledeći postupak:

Za definisanu korisnu zapreminu kompenzacionog bazena ( $V_{kk}$ ) i pretpostavljeni instalisani protok ( $Q_{ins}$ ) sračunava se maksimalno ( $Q_{mk}$ ) i konstantno ( $Q_{kk}$ ) isticanje iz kompenzacionog bazena kojima, sa krive proticaja na kontrolnom profilu, odgovaraju nivoi ( $H_{ins}$ ) i ( $H_{kk}$ ) odnosno denivelacija ( $dh$ ). Promenom (smanjenjem) instalisanog protoka i ponavljanjem postupka sa istom korisnom zapreminom ( $V_{kk}$ ) smanjuje se vrednost  $H_{ins}$  a povećava  $H_{kk}$  što dovodi do smanjenja denivelacije ( $dh$ ). Postupak se ponavlja sve dok se ne dobije vrednost  $dh_n$  koja je zadovoljavajuće bliska zadatom uslovu na kontrolnom profilu. Vrednost instalisanog protoka  $Q_{ins,n}$  kojoj odgovara ovaj nivo denivelacije predstavlja instalisani protok uzvodne elektrane uslovljen zapreminom kompenzacionog bazena i dozvoljenoj denivelaciji na kontrolnom profilu. Time se stižu uslovi za procenu investicija i optimizaciju parametara elektrane.

## 5. ZAKLJUČAK

U radu je ukazano na značaj adekvatnog iskorišćenja preostalog hidroenergetskog potencijala kroz objekte maksimalne fleksibilnosti. Imajući u vidu činjenicu da su preostali objekti, uglavnom, sa malim akumulacionim prostorom, malih padova, višenamenskog karaktera i brojnim ograničenjima prioritetnih korisnika voda i prostora, prikazan je postupak dimenzionisanja kompenzacionog bazena ( $V_{kk}$ ) i elektrane ( $Q_{ins}$ ), uz poštovanje uslova i ograničenja nizvodno. Time je omogućeno da se na adekvatan način uvažavaju potrebe ostalih korisnika i maksimalno iskoristi potencijalna fleksibilnost hidroelektrana izražena kroz proizvodnju varijabilne energije i snage. Na taj način se, poštovanjem potreba ostalih korisnika, sa energetskog korišćenja vodotoka prelazi na integralno korišćenje voda i prostora što će omogućiti bržu i ekonomski povoljniju realizaciju objekata.

## LITERATURA

- [1] Milić, S.: Metodologija optimalnog korišćenje akumulacija po kriterijumu maksimizacije proizvodnje sistema, Vodoprivreda, Beograd, 2012, N<sup>o</sup> 255÷257 s. 59÷74
- [2] Milić, S.: Optimizacija korišćenja bazena akumulacionih elektrana u EPS-u, SIGRE, 2015.
- [3] Studija: Energetsko korišćenje voda u slivu Nišave, SEEC, 2009.
- [4] Studija: HE Prača, Energetske analize, Energoprojekt-Hidroinženjering, 2010.
- [5] Dasic T. i B. Djordjevic: *Incorporati of water storage reservoirs into the environment*, Scientific Journal of Civil Engineering, Vol. 2, Issue 2, Skopje 2013, (pp. 7-16) ISSN 1857-839X.
- [6] Đorđević, B.: Hidroenergetsko korišćenje voda, Građevinski fakultet, Beograd, 2001, s.542+VIII, ISBN 86-5718-017-9
- [7] Đorđević, B.: Objektivno vrednovanje obnovljive energije, Vodoprivreda, 2008, 231-253, str.19-38
- [8] Đorđević, B. i Dašić T: Određivanje potrebnih protoka nizvodno od brana i rečnih vodozahvata, Vodoprivreda, 2011, 252-254, str.151-164
- [9] Milanović P., R. Glišić, B. Đorđević, T. Dašić, N. Sudar: *Uticaj delimičnog prevođenja voda iz slivova Bune i Bregave u sliv Trebišnjice*, časopis "Vodoprivreda", 2012, 255-257 (1-3/2012), Beograd, s. 3-23,
- [10] Studija: Aktualizacija uticaja prevođenja voda Gornjih horizonata na režim površinskih i podzemnih voda, Konzorcijum: Energoprojekt - Hidroinženjering, Beograd i Zavod za vodoprivredu, Bijeljina, 2009.

## IMPACT OF COMPENSATION BASIN TO PROPORTIONING OF HYDRO POWER PLANT AND DOWNSTREAM RESTRICTIONS

by

Slobodan MILIĆ<sup>1)</sup> i Marija MILIĆ<sup>2)</sup>

<sup>1)</sup> Energoprojekt - Entel, Belgrade, Serbia, <sup>2)</sup> Energoprojekt –Hidroinženjering, Belgrade, Serbia

### Summary

An important role of hydro power plants (HPPs), in addition to energy generation, is providing of the system services. Depending on the main energy-related characteristics, the hydro power plants can also participate in the frequency-power regulation, in all forms of the system reserve, in monitoring of the load diagram changes, etc. The basis for all these activities is existence of the active storage capacity of the reservoir, within which regulation of waters would be performed in compliance with the requirements of the electric power system. The regulation is conducted through modification of continuous inflow of water into the reservoir over a day (natural modifications of discharges over a day are small), into considerably different outflows over a day. Such outflows are limited by the installed discharge of the turbines (the maximum value), as well as by the ecologically acceptable flow (EAF) or by some other minimum value. Such fluctuations may

cause negative effects in downstream direction (such as collapsing of river banks, impact on the flora and fauna, specific human life-threatening physical hazards and similar). Such negative impacts can be reduced by construction of a smaller basin immediately downstream. The main purpose of such smaller basin is to reduce and bring to an acceptable level over a day, the fluctuations of discharges, water-levels, etc. on the downstream stretch, having in mind closer or farther environment. Such basin is called a compensation basin. This paper analyses the method of proportioning of such compensation basin, its impact on the downstream stretch of river and to the installed discharge of the upstream power plant.

Key words : hydro power plants; reservoir; regulation of HPPs work; frequency - power regulation; system reserve; downstream restriction; compensation basin

Redigovano 12.11.2016.