

## MJERENJA U AKUMULACIONIM BAZENIMA

B. Davidović, dipl.inž.gradj.  
 D. Dukić, dipl.inž.elekt.  
 Zavod za hidrotehniku Gradjevinskog  
 fakulteta, Sarajevo

### REZIME

U radu su prikazane metode i oprema za mjerenje dubine, snimanje morfologije potopljenih terena, mjerenje nekih parametara kvaliteta akumulirane vode i podvodna snimanja. Prikazana mjerena tehnika izradjena je dijelom u laboratorijama Zavoda za hidrotehniku Gradjevinskog fakulteta u Sarajevu i primjer je kako se modificiranjem postojeće, raspoložive opreme može nadomjestiti nedostatak gotove, namjenske.

### MEASURING IN ACUMULATED WATER BASIN (RESERVOIR)

In this paper is represented methodology and equipment for measuring deepu, recording morfology of underwater ground, measuring some quality parameters of acumulated water and underwater picture recording. Measuring tehnique described in this paper in one part developed by laboratory Institute for water recources engineering, Civil engineering faculty of Sarajevo and it is example how modifide equipment can change ready made equipment for real purpose.

KLJUČNE RIJEČI: mjerenje, akumulacija, dubina, kvalitet vode, podvodna snimanja.

### 1. UVOD

Optimalno korištenje i upravljanje vodnim akumulacijama uslovljeno je, izmedju ostalog, i poznavanjem morfoloških karakteristika akumulacionih bazena i stanja kvaliteta akumuliranih voda. Egzaktne veličine tih parametara mogu se dobiti samo direktnim mjerenjima na terenu.

Ovisno o svrsi istraživanja, parametrima akumulacije koji se mjere, zahtijevanoj tačnosti mjerenja i lokalnim specifičnim uslovima, vrši se izbor potrebne mjerne tehnike. Savremena mjerna tehnika za hidrotehnička istraživanja, do sada razvijena u svijetu, sposobna je da ispuni skoro sve zahtjeve istraživača. Medjutim, njena primjena u domaćim uslovima ograničena je veoma suženim mogućnostima kupovine i racionalnim korištenjem opreme na konkretnim zadacima. U takvim uslovima, a uz stalno nastojanje da se dobije što je moguće viši stepen kvaliteta mjerenih veličina, istraživači su prisiljeni rješavati postavljene zadatke angažujući se na konstruisanju i izradi potrebne namjenske mjerne tehnike.

U ovome radu prikazane su neke metode i oprema razvijeni i izradjeni u Zavodu za hidrotehniku Gradjevinskog fakulteta Sarajevo, korišteni u ispitivanjima prirodnih i vještačkih vodnih akumulacija. Opisane metode i oprema odnose se na snimanje dubine i

morfologije dna, mjerenje nekih parametara kvaliteta akumulirane vode i podvodna snimanja.

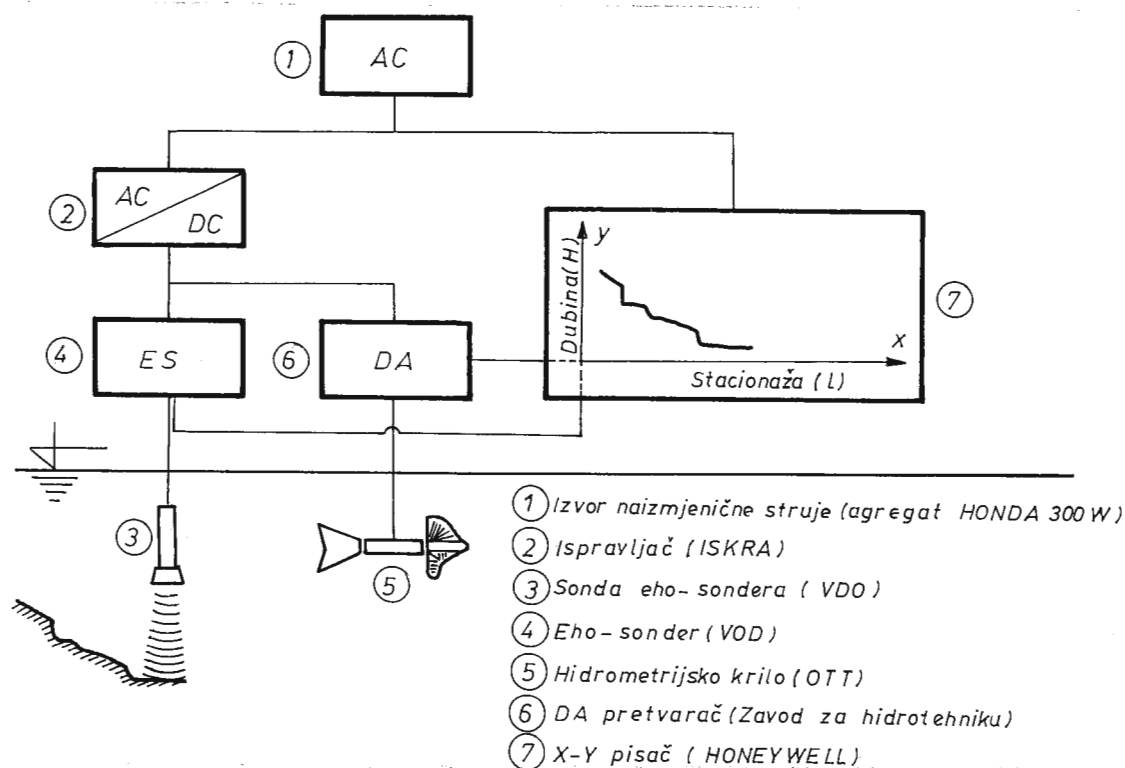
## 2. MJERENJE DUBINE I SNIMANJE MORFOLOGIJE DNA AKUMULACIONIH BAZENA

Najčešće korišteni način mjerenja dubine vode (naročito za potrebe plovnih objekata) je primjenom eho-sondera (ultrazvučnog dubinomjera).

Koristeći jedan gotov eho-sonder (VDO, SR Njemačka) u Zavodu za hidrotehniku GF Sarajevo izradjen je uređaj za mjerenje i registrovanje dubina, odnosno snimanje terena potopljenog vodom. Nabavka jednog sličnog gotovog, uvoznog, uređaja bila bi finansijski i administrativno komplikovana a za njegovu izradu, u ovom slučaju, iskorištene su komponente koje je Zavod već posjedovao.

Konkretan zadatak je bio da se snimi i nacрта karta jednog dijela dna akumulacije u razmjeri 1:500. Ocijenjeno je da je najpogodniji način za to definisanje poprečnih profila u interesantnom području. Eho-sonder, koji je korišten u radu, mogao je mjeriti samo dubinu a za snimanje poprečnih profila dna za svaku snimljenu tačku potrebna je još i druga koordinata - stacionaža od poznate referentne tačke na obali. Za mjerenje stacionaža upotrijebljeno je hidrometrijsko krilo. Snimani profili trenutno su iscrtavani na pisaču.

Izradjeni sklop šematski je prikazan na slici 1.



Slika 1. Šematski prikaz uređaja za snimanje morfologije dna

Čitav uređjaj instalira se na motorni čamac tako da sonda ③ eho-sondera i hidrometrijsko krilo ⑤ budu potopljeni pod vodu. Broj okretaja elise hidrometrijskog krila ⑤ DA pretvarač ⑥ transformiše u predjeni put a strujni impuls iz ⑥ kao x-input u x-y pisač ⑦ određuje x-koordinatu snimljene tačke. Istovremeno, eho-sonder ④ registruje trenutnu dubinu vode u tački na kojoj se nalazi sonda ③ a strujni impuls iz ④ kao y-input u x-y pisač ⑦ određuje y-koordinatu snimljene tačke. Na taj način x-y pisač iscrtava profil dna iznad koga se čamac kretao. Ukoliko se odabere pogodna razmjera na pisaču, dobijeni profili dna mogu se dalje koristiti bez ikakvih dorada. Osnovna pogodnost ovog uređjaja je što razmjera x-koordinate, tj. predjenog puta ostaje ista bez obzira na promjene brzine kretanja čamca. Brzinu čamca treba uskladiti prema intervalu brzina koje tačno može registrovati hidrometrijsko krilo.

Registrovane dubine na pisaču potrebno je povećati za dubinu potapanja sonde eho-sondera ③ ispod površine vode.

Kontrolnim odmjeravanjem dubine pomoću geodetske pantljičke ustanovljeno je da maksimalna greška pri mjerenju dubina ovim uređjajem iznosi 1,5-2%. Greška mjerenja rastojanja je oko 3%. Opisani uređjaj i metoda uspješno su primijenjeni za snimanje dna više prirodnih i vještačkih akumulacija.

Karakteristika raznih materijala da različito apsorbuju odnosno reflektuju ultrazvučne talase može se iskoristiti za snimanje sedimenata na dnu akumulacionih bazena. Ako pisač eho-sondera na istoj vertikali iscrtava dvije linije dna to znači da se na dnu istaložio sediment čija je debljina jednaka rastojanju tih dvaju linija (u razmjeri brzine rasprostiranja ultrazvučnih talasa kroz nataloženi materijal).

Postoji nekoliko ograničenja za primjenu opisane tehnike za snimanje potopljenih terena.

Prije svega, u većini slučajeva, potrebno je obezbijediti snimanje pravolinijskih profila što je naročito otežano u uslovi- ma pojačanog vjetera i jakih strujanja vode. U ovim okolnostima moguće su značajne greške u mjerenju stacionaža.

Ovim uređjajem ne može se precizno snimiti morfologija dna ukoliko u profilu ima naglih i čestih lomova terena. Eho-sonder ne može registrovati uske i duboke škrape, pukotine, vrtače i sl. nego registruje gornju anvelopu njihovih rubova. Sa povećanjem dubine smanjuje se mogućnost snimanja ovakvih dijelova potopljenih terena.

### 3. MJERENJE NEKIH PARAMETARA KVALITETA AKUMULIRANE VODE

Za mjerenje parametara kvaliteta na malom broju uzoraka vode koriste se poznate terenske i laboratorijske metode, međjutim, u slučaju potrebe za masovnim mjerenjima na nekoliko stotina tačaka i na velikim dubinama u akumulacijama potrebno je prilagoditi mjernu tehniku u smislu pojednostavljivanja rada, uštede vremena i mjerenja na većim dubinama.

U svijetu (SAD, Francuska, V.Britanija, Norveška,...) već je proizvedena odgovarajuća oprema za ovakva mjerenja u slatkim

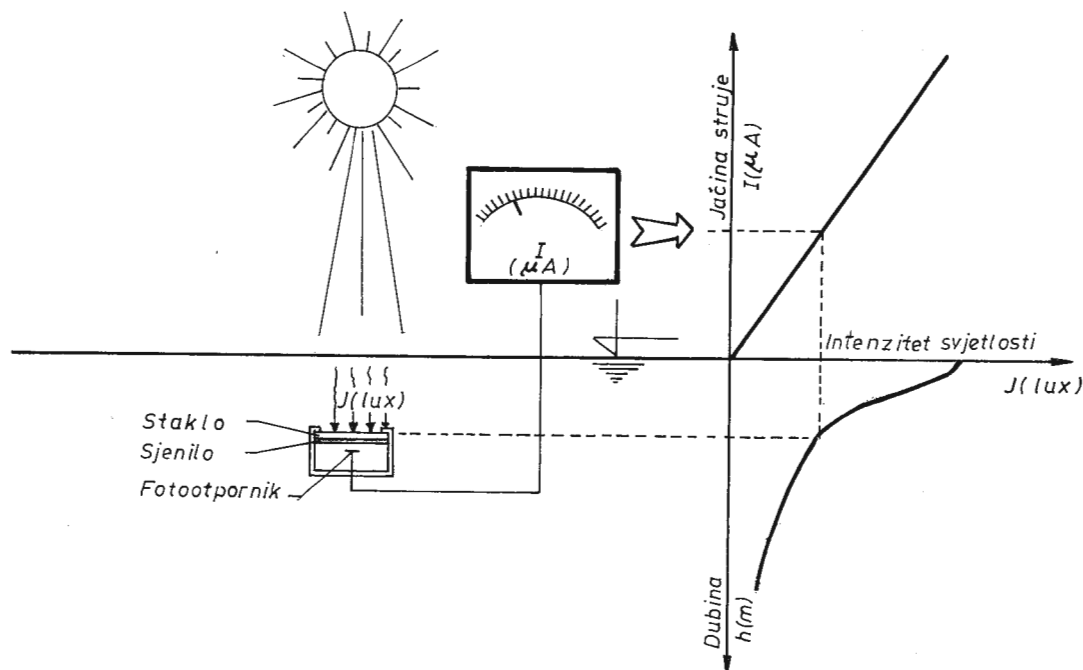
i u slanim vodama. Prilikom snimanja stanja kvaliteta vode u akumulaciji za potrebe modeliranja transformacije kvaliteta vode akumulacije u funkciji ulaza i meteoroloških prilika, pored standardnih mjerenja: temperature vode -  $t$  ( $^{\circ}\text{C}$ ), rastvorenog kiseonika -  $\text{O}_2$  (mg/l), elektro-provodljivosti -  $C$  ( $\mu\text{S}/\text{cm}$ ), imali smo potrebu i za mjerenjem providnosti vode. Ovdje je prikazana mogućnost korištenja konvencionalne opreme uz minimalne preinake za mjerenje navedenih parametara kvaliteta.

Za mjerenje temperature vode korišten je elektronski termometar 21 ISKRA (Jugoslavija) i YSI OXYGEN METER, model 57 (SAD). Isti instrument korišten je za mjerenje rastvorenog kiseonika.

Elektro-provodljivost vode mjerena je konduktometrom ISKRA 65967.00 (Jugoslavija).

Providnost vode grubo se mjeri pomoću SECCHI diska. Da bi se izbjegao veliki uticaj subjektivnosti u ovom mjerenju veoma je pogodno koristiti instrument za mjerenje intenziteta svjetlosti koju voda propušta iz atmosfere.

Za mjerenje intenziteta svjetlosti na raznim dubinama, u Zavodu za hidrotehniku GF Sarajevo izradjen je fotometar na bazi fotootpornika FWC 9801 SIEMENS (SR Njemačka) (slika 2).



Slika 2. Šematski prikaz metode mjerenja intenziteta svjetlosti na raznim dubinama primjenom fotometra sa fotootpornikom

U posebno izradjeno vodonepropusno kućište od mesinga, ispod staklene ploče debljine 10 mm ugrađen je fotootpornik sa odgovarajućim sjenilom. Jačina struje  $I$  ( $\mu\text{A}$ ) koju fotootpornik propušta pod uticajem različitih intenziteta svjetlosti  $J$  (lux)

registrovana je mikroampermetrom. Baždarenje takvog fotometra izvršeno je preciznim "luxmetrom" pri čemu je ustanovljeno da postoji linearna zavisnost:

$$J(\text{lux}) = a \cdot I(\mu\text{A}),$$

gdje je  $a$  konstanta proporcionalnosti u ovom slučaju:

$$a = 11,628.$$

Mjerenja su vršena iz čamca stacioniranog iznad mjerne vertikale. Ručno ili vitlom spuštana je sedmožilni kabl dužine 100 m na čijem jednom kraju su priključene sonde-receptori temperature, kiseonika i elektro-provodljivosti, a na drugom kraju svi mjerni instrumenti.

Iz ovoga sistema isključen je fotometar zbog sprečavanja mogućnosti da druge sonde svojom sjenom utiču na mjerenje.

Očitavanje svih mjerenih parametara vrši se istovremeno na odabranim dubinama. Pokazalo se da se svi navedeni instrumenti mogu koristiti za mjerenje do dubina 100 m izuzev sonde OXYGEN METER-a model 57 čiji proizvođač YSI ne preporučuje njenu upotrebu na dubinama većim od 70 m.

Primjedba se može staviti i na rad ISKRINOGElektronskog termometra 21 zbog velike tromosti odnosno vrlo spore reakcije na promjene temperature.

Korištenjem kablova sa većim brojem međusobno izoliranih provodnika pruža se mogućnost priključivanja dodatnih sondi za mjerenje i drugih parametara kvaliteta vode. Umjesto manuelnog zapisivanja izmjerenih veličina rad se može pojednostaviti korištenjem elektronskih pisaača ili štampača odnosno direktnim upisivanjem tih veličina u računarsku memoriju.

Prednosti ovakvog načina mjerenja su višestruke: mogućnost mjerenja u bilo kojoj tački akumulacije, istovremeno očitavanje svih mjerenih veličina u istoj dubini, velika jednostavnost i brzina mjerenja što daje mogućnost da se mjerenjem u jednom danu pokrije veliki prostor, velike mogućnosti povećanja broja parametara kvaliteta koji se mjere bez uzimanja uzoraka vode, ovakav način mjerenja zahtijeva primjenu savremenih elektronskih instrumenata koji uglavnom imaju malu grešku mjerenja što ima povoljan uticaj na kvalitet dobijenih rezultata.

#### 4. PODVODNA SNIMANJA

Za potrebe projektovanja vodozahvata, temelja hidrotehničkih objekata, trasa podzemnih voda i sl., inspiciranje dijelova izvedenih objekata i druge svrhe potrebno je detaljno poznavati potopljene dijelove terena, stanje podvodnih gradjevina,...

Mjerenja sa površine vode, ma kako precizna bila, ne mogu dati pouzdanu sliku o detaljima te je u nekim slučajevima neposredan uvid nezamjenljiv način spoznaje. Angažovanje ronilaca u velikom broju slučajeva rješava problem neposrednog uvida u objekat ali u uslovima jakog strujanja vode, velikih dubina ili relativno malih gabarita istražnog objekta u koje ronilac ne može ući, problem ostaje.

Upotreba video tehnike je korisna pri ovim radovima jer pored neposrednog uvida u objekat pruža mogućnost registrovanja i trajnog čuvanja snimljenog materijala.

U okviru rješavanja konkretnih zadataka za potrebe snimanja podvodnih objekata u Zavodu za hidrotehniku GF Sarajevo konstruisan je i izradjen metalni batiskaf za podvodna snimanja cilindričnog oblika vanjskog promjera  $\emptyset$  30 cm dužine u koji je ugradjena video kamera TOSHIBA (Japan). Batiskaf je konstruisan za spuštanje na relativno velike dubine (do 100 m) te je problem daljinskog upravljanja kamerom riješen tako da se režimom snimanja uspješno moglo upravljati sa površine. Objektiv kamere fiksiran je u vertikalni položaj prema dole tako da je omogućeno snimanje samo horizontalnih dijelova objekta, međutim, promjenom nagiba ose batiskafa lako se može podesiti i bilo koji drugi ugao snimanja. Nedostatak dovoljne količine svjetla za snimanje na relativno velikim dubinama nadomješten je tako što su na batiskaf pričvršćena četiri reflektora sa po dvije sijalice, svaka snage 250 W. Iz sigurnosnih razloga za rasvjetu je korištena struja napona  $U = 48$  V i jačine  $I = 20$  A.

Cijela oprema namontira se na splav ili čamac odgovarajuće veličine. Batiskaf, obješen na čelično užje, vitlom se spušta na potrebnu dubinu a njegov horizontalan položaj diktiran je položajem splava (čamca).

Kamera je povezana sa videorekorderom i monitorom instaliranim na splav tako da se na monitoru može posmatrati objekat snimanja i korigirati položaj kamere kako bi se izvršilo snimanje cijelog interesantnog područja.

Maksimalna dubina na koju je spušten batiskaf je 80 m, a bila je limitirana prohodnošću pukotine u dnu jezera koju se željelo istražiti.

Iskustva u konstruisanju i korištenju ove opreme za podvodna snimanja ukazuju na velike mogućnosti njene primjene uz izvjesne modifikacije odnosno prilagodjavanje zahtjevima koje postavljaju konkretni uslovi.

## 5. ZAKLJUČAK

U velikom broju slučajeva raspoloživa mjerna tehnika, koju posjeduju istraživački centri i koriste je za konvencionalna mjerenja, uz odgovarajuće modifikacije može poslužiti i za mjerenja za koja nije prvobitno predviđena. U cilju racionalizacije, sve te mogućnosti potrebno je iskoristiti.

Iskustva i rezultati koje je Zavod za hidrotehniku GF Sarajevo postigao u izradi i primjeni takve mjerne tehnike su, u svakom slučaju, pozitivni i podstrek su u angažovanju na njenom daljem usavršavanju.