

VEŽBA 4

Naziv vežbe	ODREĐIVANJE PROTOKA U OTVORENIM TOKOVIMA PRISTUPOM V - A
Trajanje vežbe	45'
Potrebno predznanje	Osnovna znanja iz analize merne nesigurnosti i hidraulike otvorenih tokova
Broj studenata	1
Cilj vežbe	U ovoj vežbi je potrebno odrediti protok u reci, primenom metode brzina – proticajni presek ($V - A$). Za određivanje srednje profilske brzine V , koristiće se podaci dobijeni uz pomoć hidrometrijskog krila u 22 vertikalne proticajnog preseka. Površinu proticajnog preseka A je potrebno odrediti na osnovu merenja dubina vode, koja su ostvarena u istim vertikalama gde je merena brzina.

TEORIJSKE OSNOVE

Merenje protoka, u tokovima gde se javlja tečenje sa slobodnom površinom, se karakteriše kao složen i osetljiv problem. Pri određivanju optimalne merne metode za merenje ili određivanje protoka, imajući u vidu specifičnosti tečenja u hidrotehničkim sistemima, neophodno je razmotriti zahteve i operativna ograničenja u svakom pojedinom slučaju. Zadatak odabira adekvatne merne metode ispunjava se u skladu sa hidrauličkim uslovima, karakteristikama fluida, fizičkim karakteristikama provodnika i zdravstvenim uslovima (posebno značajno u kanalizacionim sistemima).

Uglavnom, merenja protoka se obavlja koristeći jedan od navedenih pristupa:

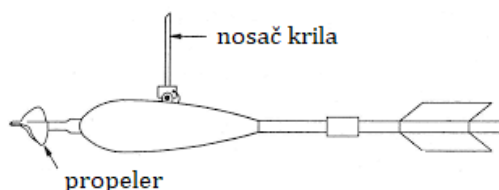
1. Merenjem dubina u uslovima gde postoji jasna i jednoznačna veza između protoka i dubine – upotreba $Q - h$ krive (npr Merno suženje, Merni preliv)
2. Merenjem srednje profilske brzine i dubine odnosno primenom grupe metoda Brzina – Proticajni presek $V - A$ (naš slučaj).

Dosadašnja istraživanja su pokazala da se u slučajevima, gde je merno mesto projektovano u skladu sa svim karakterističnim pravilima i ograničenjima, može postići merna nesigurnost u merenju protoka od 2 - 5%, za slučaj primene pristupa 1. dok je ta vrednost nešto veća za slučaj primene pristupa 2. i iznosi 5 - 10%. Međutim, u praksi je češće neophodno primeniti drugi pristup ($V - A$), prvenstveno zbog činjenice da na željenom mernom mestu nije moguće uspostaviti jednoznačnu vezu između Q i h . Dominantan izvor merne nesigurnosti u primeni drugog pristupa je ustvari u proceni srednje profilske brzine V , budući da su sami senzori brzine kalibrisani na rad u idealnim uslovima – kakvi se retko sreću u praksi.

U okviru ove vežbe, zadatak je odrediti protok Q , na jednoj reci u Srbiji, korišćenjem pristupa $V - A$. Uslovi na ovoj reci, u trenutku obavljanja merenja, su nametali upotrebu hidrometrijskog mikrokrila za određivanje srednje profilske brzine.

UPOTREBA HIDROMETRIJSKOG KRILA

Hidrometrijsko krilo (ili mikrokrilo) se koristi za merenje brzine tečenja u jednoj, uslovno rečeno, tački toka (Slika 1). Krilo se postavlja u tok, tako da telo uređaja bude paralelno sa strujnicama u toku. Brzina tečenja se određuje na osnovu izmerenog broja obrtaja krila n u određenom vremenskom periodu Δt . Imajući u vidu širu upotrebu ovih uređaja u hidrotehničkoj praksi, uslovi za pravilno korišćenje hidrometrijskog krila za merenje protoka u otvorenim tokovima su obično definisani odgovarajućim standardom. U Republici Srbiji važi SRP-ISO-748 (HIDROMETRIJA – Merenje protoka vode u otvorenim tokovima korišćenjem hidrometrijskih krila i plovaka).



Slika 1. Šematski prikaz hidrometrijskog krila

Budući da hidrometrijsko krilo meri brzinu u tački, potrebno je izmeriti brzinu tečenja u dovoljnom broju vertikalna i , kao i tačaka duž vertikalna j , proticajnog preseka A , kako bi se adekvatno procenila srednja profilska brzina V . Prema standardu je definisano da se konačna vrednost merenja broja obrtaja $n_{i,j}$, u jednoj tački, određuje kao srednja vrednost tri merenja $n_{i,j}^1$, $n_{i,j}^2$ i $n_{i,j}^3$.

Konačno, da bi se došlo do podatka o brzini tečenja $V_{i,j}$, potrebno je iskoristiti odgovarajuću kalibracionu krivu za hidrometrijsko mikrokrilo, koje definiše vezu između broja obrtaja u sekundi $n_{i,j}$ [count/s] i brzine $V_{i,j}$ [m/s]. Kalibraciona kriva za hidrometrijsko mikrokrilo, korišćeno za dobijanje podataka u ovoj vežbi, je prikazana u nastavku:

$$V_{i,j} = 0.058 * n_{i,j} + 0.1482$$

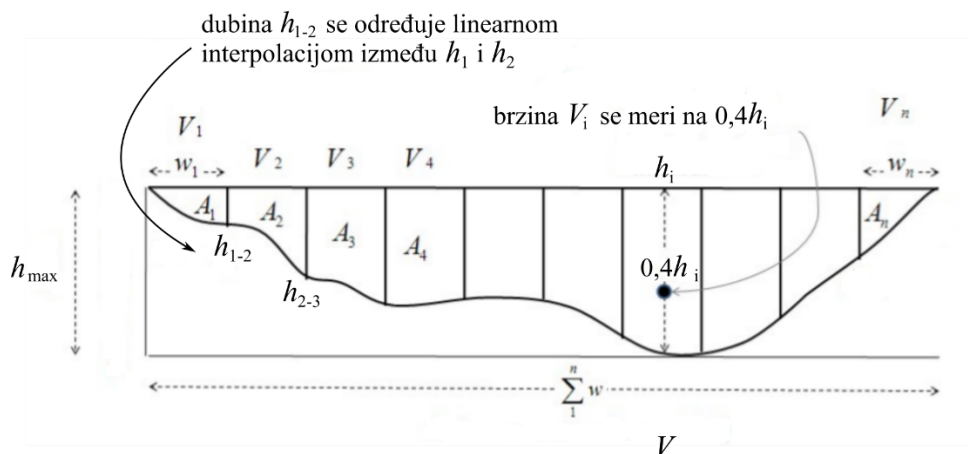
PRIMENA PRISTUPA V – A

Nakon određivanja brzina u više vertikalna, i tačaka unutar vertikalna $V_{i,j}$, proizvoljnim senzorom brzinom, neophodno je dobijene podatke integrisati na odgovarajući način kako bi se došlo do tražene vrednosti protoka Q . Uobičajeno se proticajni presek A podeli na odgovarajući broj segmenata A_i (Slika 2). Svakom segmentu A_i se dodeli odgovarajuća vertikalna i u kojoj su izmerene dubina h_i , širina vodenog ogledala w_i i brzine $V_{i,j}$. Na osnovu izmerenih brzina $V_{i,j}$, određuje se srednja profilska brzina V_i za segment, odakle se može doći do protoka koji odgovara datom segmentu:

$$Q_i = V_i * A_i$$

Konačno protok u vodotoku Q se određuje kao suma protoka kroz odgovarajuće segmente:

$$Q = \sum_{i=1}^N Q_i$$



Slika 2. Određivanje protoka Q u otvorenim tokovima primenom pristupa $V - A$

Imajuću u vidu da je dubina vode u reci, analiziranoj u ovom vežbi, bila manja od 1 m, brzina V_i se merila u samo jednoj tački u vertikali na približno $0,4 h_i$. Tokom merenja, u svakoj vertikali i bi se prvo odredila dubina vode h_i , zatim bi se hidrometrijsko mikrokrilo postavilo na dubinu $0,4 h_i$ gde bi se odradila tri merenja brzine (odnosno broja obrtaja $n_{1,i}$, $n_{2,i}$ i $n_{3,i}$). Brojevi obrtaja su mereni u vremenskom intervalu $\Delta t = 30$ s. Dobijeni podaci su prikazani u Tabeli 1.

Tabela 1. Izmerene vrednosti dubine i broja obrtaja hidrometrijskog krila po širini proticajnog preseka

Y [m]	h_i [m]	h_{krila} [m]	$n_i^{1,2,3}$ [/]		
0.29	0.16	0.065	165	177	171
0.79	0.295	0.17	383	384	377
0.79	0.295	0.12	299	298	304
1.29	0.32	0.13	400	414	422
1.79	0.288	0.115	404	410	407
2.29	0.305	0.12	451	470	453
2.79	0.305	0.12	462	423	432
3.29	0.275	0.11	389	382	365
3.79	0.245	0.1	362	333	336
4.29	0.21	0.085	283	288	279
4.79	0.19	0.075	297	292	313
5.29	0.18	0.072	333	352	370
5.79	0.17	0.068	356	362	366
6.29	0.13	0.052	280	293	302
6.79	0.15	0.06	310	319	338
7.29	0.165	0.065	274	295	298
7.79	0.15	0.06	203	207	208
8.29	0.17	0.07	291	311	288
8.79	0.175	0.07	329	317	337
9.29	0.195	0.08	309	299	305
9.89	0.1	0.04	268	280	280
10.12	0.1	0.04	238	219	227

Gde je Y , odstojanje od leve obale (na levoj obali je $Y = 0$, na desnoj obali je $Y = 10,82$ m). Dubinu vode između dva segmenta h_{i-i+1} , odrediti linearnom interpolacijom između h_i i h_{i+1} . Površine segmenata A_i aproksimirati trapezom ili trouglom (uz levu i desnu obalu).

KORACI PRI IZRADI VEŽBE

1. Uneti podatke iz Tabele 1,
2. Sračunati srednju vrednost i standardnu devijaciju brojeva obrtaja za svaku vertikalu n_i ,
3. Koristeći kalibracionu krivu odrediti V_i , kao i statističku mernu nesigurnost $u(V_i)$ za svaku vertikalu,
4. Sračunati dubine h_{i-i+1} na polovini odstojanja između dve uzastopne vertikale,
5. Odrediti pripadajuću širinu vodenog ogledala za svaki segment w_i ,
6. Odrediti površinu segmenata A_i ,
7. Koristeći pretpostavku da je V_i srednja profilska brzina u svakom segmentu, odrediti odgovarajuće protoke Q_i ,
8. Odrediti protok u reci Q .
9. U pogodnoj razmeri nacrtati proticajni presek i obeležiti sve relevantne veličine ($A_i, h_{krila}, h_i, V_i, u(V_i), Q_i$) na njemu (AutoCAD ili slično).