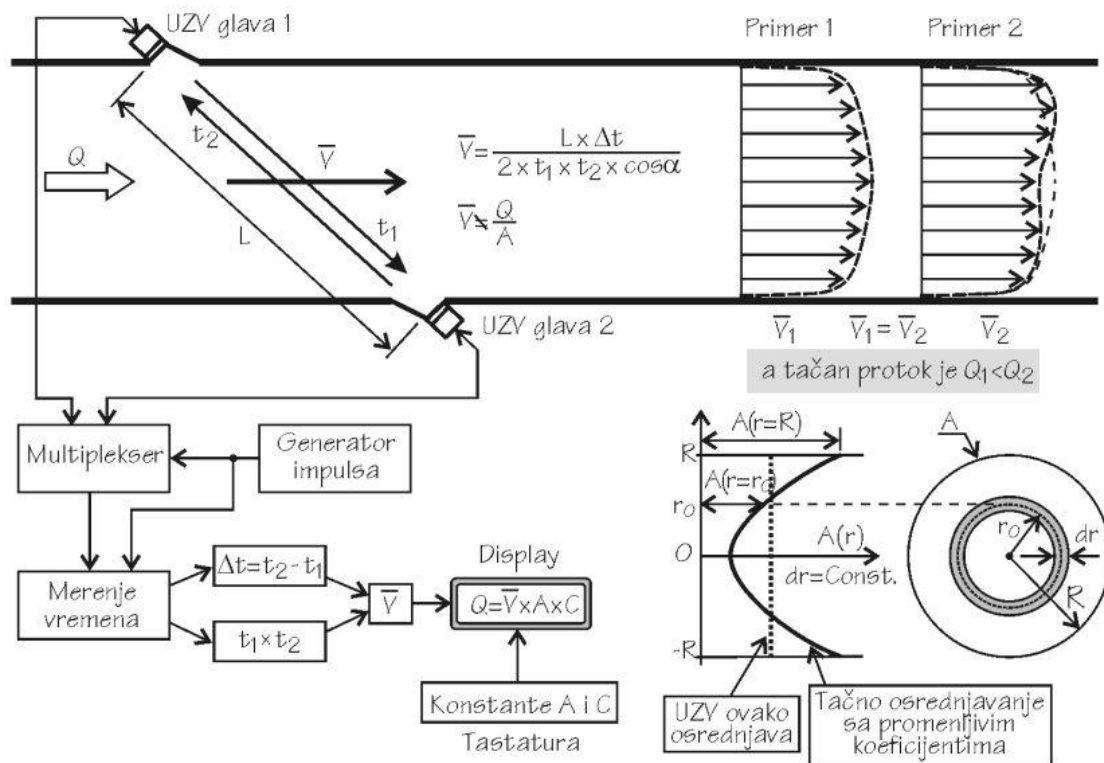


VEŽBA 3

|                     |  |
|---------------------|--|
| Naziv vežbe         | MERENJE PROTOKA<br>ULTRAZVUČNOM METODOM  |
| Trajanje vežbe      | 2 časa   |
| Potrebno predznanje | Osnovni pojmovi iz hidraulike i fizike   |
| Broj studenata      | 5  |
| Cilj vežbe          | U ovoj vežbi studenti imaju cilj da izmere protok u cevi primenom ultrazvučne, transit-time, metode. Prilikom merenja, potrebno je utvrditi od kojih parametara zavisi merenje protoka u cevi i kako ti parametri utiču na rezultate merenja. Potrebno je uraditi analizu osetljivosti merenja protoka na promenu vrednosti parametara cevi. |

TEORIJSKE OSNOVE

Princip rada ultrazvučnog, transit time, merača protoka zasniva se na merenju srednje brzine fluida duž jedne putanje merenjem vremena prostiranja zvuka. Rad pretvarača se bazira na vektorskom sabiranju brzine zvuka ( $\vec{c}$ ) i brzine fluida ( $\vec{v}$ ). Da bi ultrazvuk uopšte bio registrovan koriste se piezoelektrični pretvarači, koji usled pritiska (deformacije) izazvane ultrazvukom daju neki strujni signal koji se registruje.



Slika 1. Princip rada ultrazvučnog merača protoka

Glave ultrazvučnog merača protoka imaju dvostruku ulogu, mogu da rade kao predajnici i tada emituju ultrazvuk, i mogu da rade kao prijemnici i tada primaju ultrazvuk. Zbog toga se jednom rečju mogu nazvati primopredajnici. Ovi primopredajnici se postavljaju na način da jedna glava emituje ultrazvuk u nizvodnom smeru dok druga glava emituje ultrazvuk u uzvodnom smeru. Na taj način se postiže da vreme putovanja ne bude isto u oba smera, što omogućava određivanje srednje brzine. Vreme putovanja signala (ultrazvuka) u nizvodnom smeru  $t_1$  i uzvodnom smeru  $t_2$  (za slučaj sa slike 1.) određuje se na osnovu sledećih relacija:

$$t_1 = \frac{L}{c + \bar{V} \cos \alpha} \quad (1)$$

$$t_2 = \frac{L}{c - \bar{V} \cos \alpha} \quad (2)$$

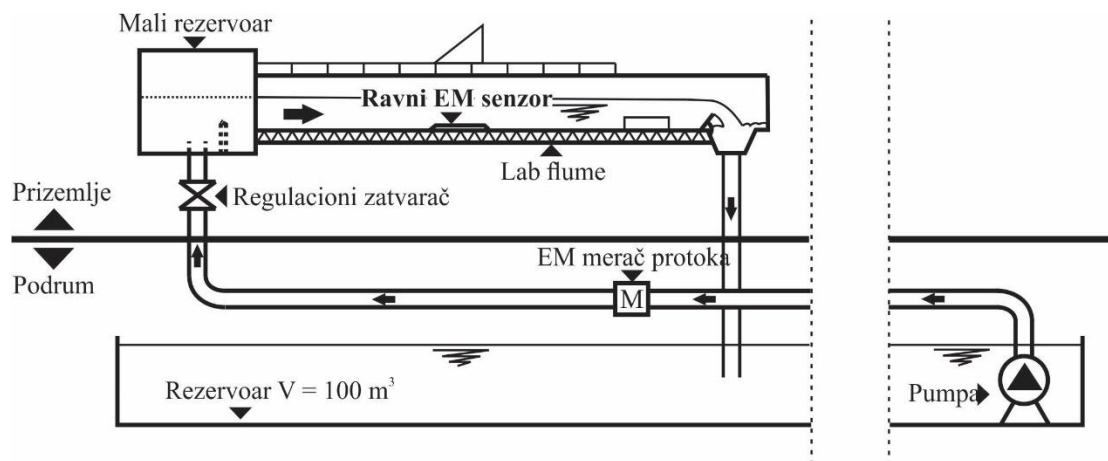
Primenom različitih matematičkih transformacija i pojednostavljenja (videti predavanja prof. Prodanovića) dolazi se do konačne relacije za određivanje srednje brzine duž putanje:

$$\bar{V} = \frac{L \cdot (t_1 - t_2)}{2 \cdot t_1 \cdot t_2 \cdot \cos \alpha} \quad (3)$$

Na osnovu sračunate srednje brzine duž putanje određuje se vrednost protoka. Iz jednačine (3) se može zaključiti da je merenje srednje brzine duž neke putanje apsolutno merenje, jer se na osnovu izmerenih vrednosti vremena putovanja ultrazvuka i rastojanja između primopredajnika jasnom matematičkom operacijom može doći do vrednosti srednje brzine duž putanje ultrazvuka.

### POSTUPAK IZRADE VEŽBE

Na instalaciji u hirauličkoj laboratoriji (slika 2) potrebno je postaviti ultrazvučni merač protoka. Potrebno je na osnovu uputstva koje ide uz uređaj izabrati odgovarajuću dispoziciju za postavljanje glava merača (slika 3). Nakon izabrane dispozicije za postavljanje merača, potrebno je očistiti merno mesto od rđe, prašine i farbe i naneti odgovarajući zaštitni gel (pastu). Razlog za uklanjanje slojeva prašine, rđe i farbe je taj što svaki sloj „upija“ ultrazvuk i slabi signal koji odašilju predajnici.



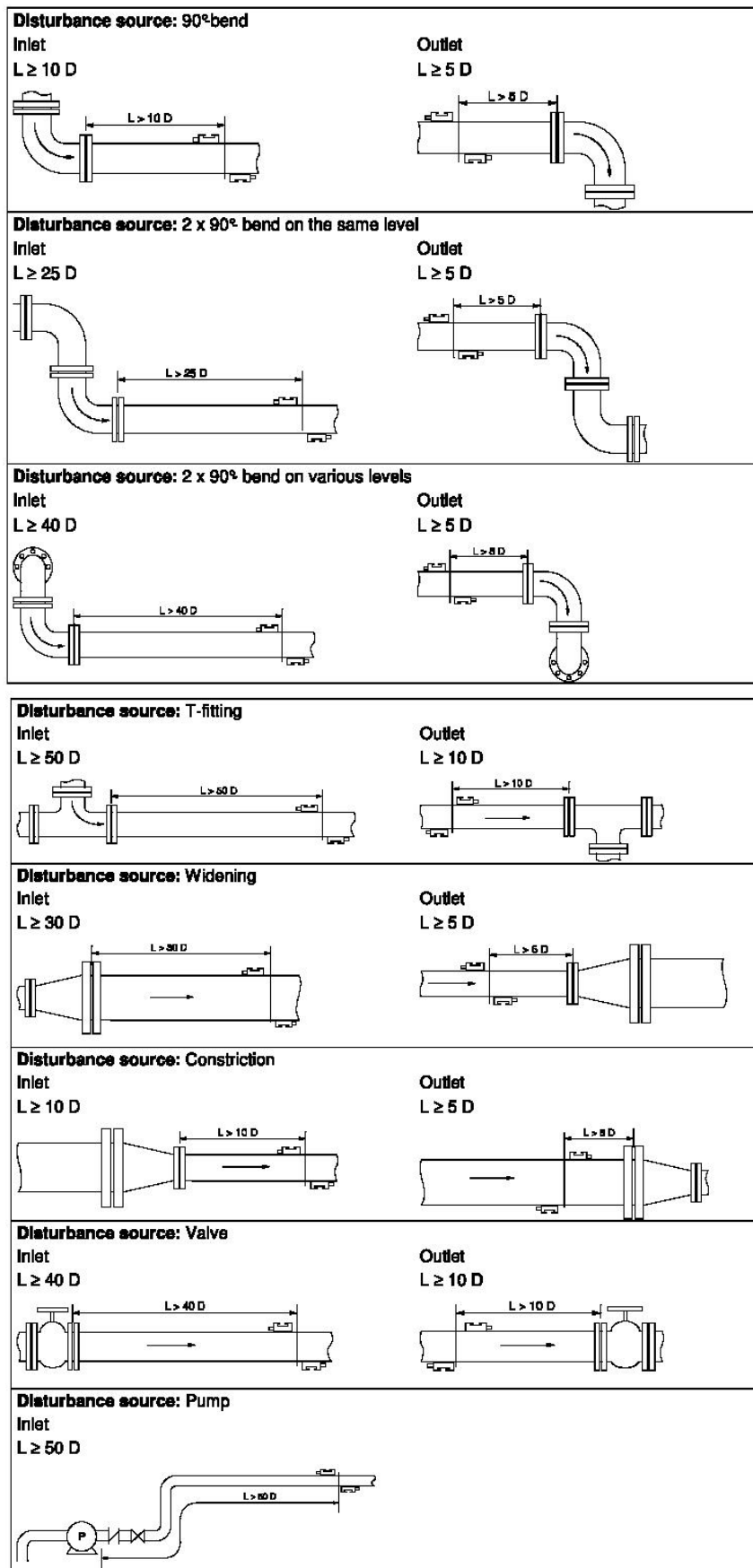
Slika 2. Shema instalacije

| Arrangement of the transducers in diagonal mode |            | Arrangement of the transducers in reflection mode |            |
|---|------------|---|------------|
| Number of sound paths                           | Sound path | Number of sound paths                             | Sound path |
| 1   |            | 2   |            |
| 3   |            | 4   |            |
| and so on                                       |            |   |            |

Slika 3. Mogući načini postavljanja primopredajnika na cev i putanje ultrazvuka

Nakon pripreme mernog mesta prelazi se na montiranje uređaja prema uputstvima proizvođača mernog uređaja (Seba KMT, model UDM 200). Prilikom postavljanja uređaja na cev potrebno je voditi računa o rastojanju mernog mesta od lokacija koje unose poremećaje u strujnu sliku. Ograničenja pri odabiru mernog mesta data su na slici 4.

Nakon postavljanja uređaja na merno mesto potrebno je odrediti spoljašnji prečnik cevi, preko merenja obima cevi, i proceniti debljinu i hrapavost cevi. Kada su svi potrebni podaci prikupljeni, pokreće se uređaj i unose se podaci prema uputstvu prikazanom na slici 5.



Slika 4. Ograničenja pri odabiru mernog mesta

|                                   |   |  |   |
|-----------------------------------|---|--|---|
|                                   | Укључивање уређаја UDM 200.   | Lining<br>no >YES<                       | У случају да је цев обложена изабрати Yes, у супротном No. Уколико постоји облога пажљиво прочитати настојеће упутство. |
|                                   | Притискати команде све док се par не појави на дисплеју. Притиснути ENTER.                            | Roughness<br>0.4 mm                      | Апсолутна хрпаовост цеви у [mm]. Погледајте табелу у прилозима.   |
|                                   |   | Medium<br>Water                          | Течност која струји кроз цев.   |
|                                   | Следи унос података о мерном систему. Манипулисање уносних података се врши преко приказаних команди. | Medium Temperat.<br>20.0 °C              | Температура течности која струји кроз цев.  |
|                                   | Спољашни пречник цеви у [mm].   | Additional cable<br>65.0 m               | Продужење кабла у [m]. Уколико нема продужења оставити вредност на 0 м.   |
| Outer Diameter<br>100.0 mm        | Дебљина зида цеви у [mm].   | Мерење:<br>par >MEA< opt sf<br>Measuring | Изабрати MEA уз помоћ командних стрелица и притиснути ENTER.  |
| Wall Thickness<br>3.0 mm          | Материјал од кога је сачињена цев.  | Meas. Point No.:<br>12                   | ДОДАТНО:<br>Унети мерне тачне: унети коментар уз помоћ командних стрелица.  |
| Pipe Material ↓<br>Steel (Normal) |   |  |   |

|                                  |   |
|----------------------------------|---|
| Sound Path<br>1 NUM              | Подесити пут звука. Најпожељније је оставити предложену вредност, уколико је то могуће.   |
| Transd. Distance<br>54 mm Diagon | Растојање између трансдуктора. Растојање се гледа од ивице. Поставити трансдукторе на цев и причврстити их уз помоћ затежућих ланаца. Потребно је поставити довољно пријањајућег гела на трансдукторе тако да не буде ваздуха између цеви и трансдуктора. |
| S= ■■■■■■<br>■ <> ■ = 54 mm!     | UDM 200 приказује интензитет емитованог сигнала. Пожељно је да сигнал буде стабилан.  |
| Transd. Distance?<br>53.9 mm     | Поновна потврда растојања између трансдуктора у мм.   |
| Volume flow<br>54.5 m3/h         | Након овога уређај почиње мерење.   |
| За време вршења мерења           | Одабиром приказаних команди следеће вредности могу бити приказане:  |
|                                  | Укупна запремина и тренутни проток  |

Слика 5. Podešavanje parametara i merenje protoka

## Koraci u izradi vežbe

1. Postavljanje uređaja na merno mesto.
2. Merenje obima i prečnika cevi.
3. Uneti odgovarajuće podatke u uređaj. Proceniti debljinu i hrapavost cevi.
4. Uneti podatke o vrsti cevnog materijala, temperature vode i brzini zvuka.
5. Izmeriti rastojanje između primopredajnika i uneti u uređaj.
6. Izvršiti merenje protoka i zapisati rezultat.
7. Promeniti vrednost procenjenih parametara za u odnosu na prvu pretpostavljenu vrednost.
8. Ponoviti postupak merenja za nove vrednosti parametara
9. Zapisati nove vrednosti protoka.
10. Uraditi analizu osetljivosti protoka na vrednosti debljine i hrapavosti cevi.

## REZULTATI MERENJA

|                                    |     |
|------------------------------------|-----|
| Obim cevi:                         | O = |
| Prečnik cevi:                      | D = |
| Rastojanje između primopredajnika: | L = |

| Redni broj merenja | Debljina cevi [mm] | Hrapavost cevi [mm] | Izmereni protok [L/s] |
|--------------------|--------------------|---------------------|-----------------------|
| 1                  |                    |                     |                       |
| 2                  |                    |                     |                       |
| 3                  |                    |                     |                       |
| 4                  |                    |                     |                       |
| 5                  |                    |                     |                       |
| 6                  |                    |                     |                       |
| 7                  |                    |                     |                       |