



Univerzitet u Beogradu, Građevinski fakultet



ODREĐIVANJE PROTOKA U OTVORENIM TOKOVIMA PRISTUPOM V – A: ADV

Merenja u hidrotehnici

8. Vežba

doc. dr Damjan Ivetić

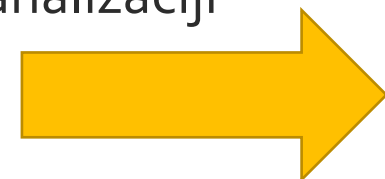
dr Miloš Milašinović

prof. dr Dušan Prodanović

ULTRAZVUČNA ADV SONDA ZA MARENJE BRZINA

Opšte o ADV sondi

- Originalno osmišljen uređaj za ispitivanja na fizičkim modelima
- Meri u veoma maloj zapremini (skoro pa tački)
- Može da radi sa visokim frekvencijama uzorkovanja
- Zahteva prisustvo suspendovanih čestica u vodi!
- Pripada grupi senzora koji rade uz pomoć Doplerovog efekta:
 1. ADV – štapičasti (mi radimo u ovoj vežbi sa njim)
 2. ADV (ultrazvučne) – papuče (za merenja u kanalizaciji uglavnom)



ULTRAZVUČNA ADV SONDA ZA MARENJE BRZINA

Opšte o ADV sondi

• Trenutno postoje štapičasti ADV senzori kao:

1. Laboratorijski instrumenti



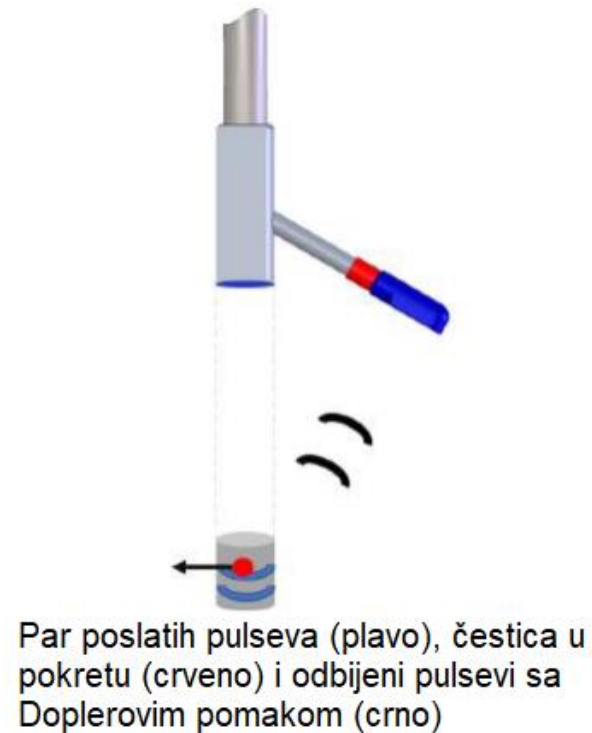
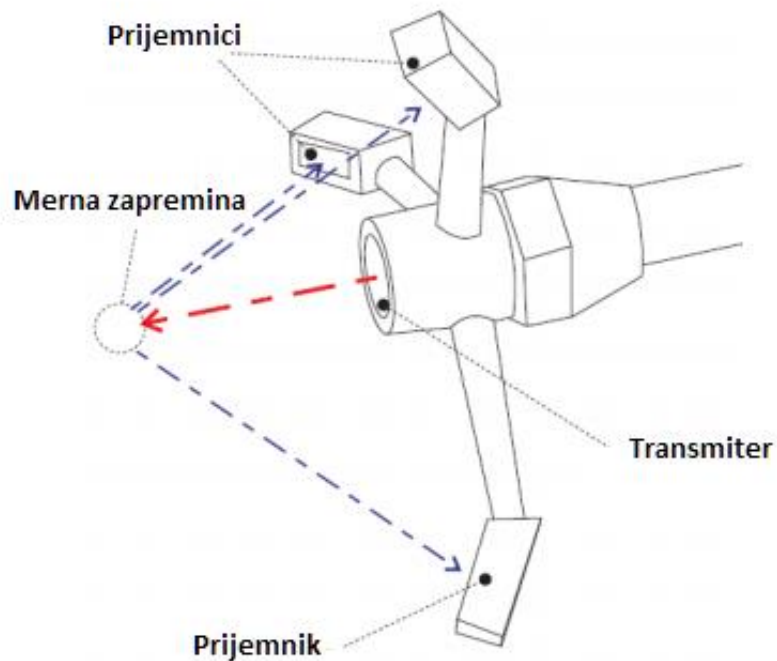
2. Terenski instrumenti



ULTRAZVUČNA ADV SONDA ZA MARENJE BRZINA

- Princip rada ADV sonde

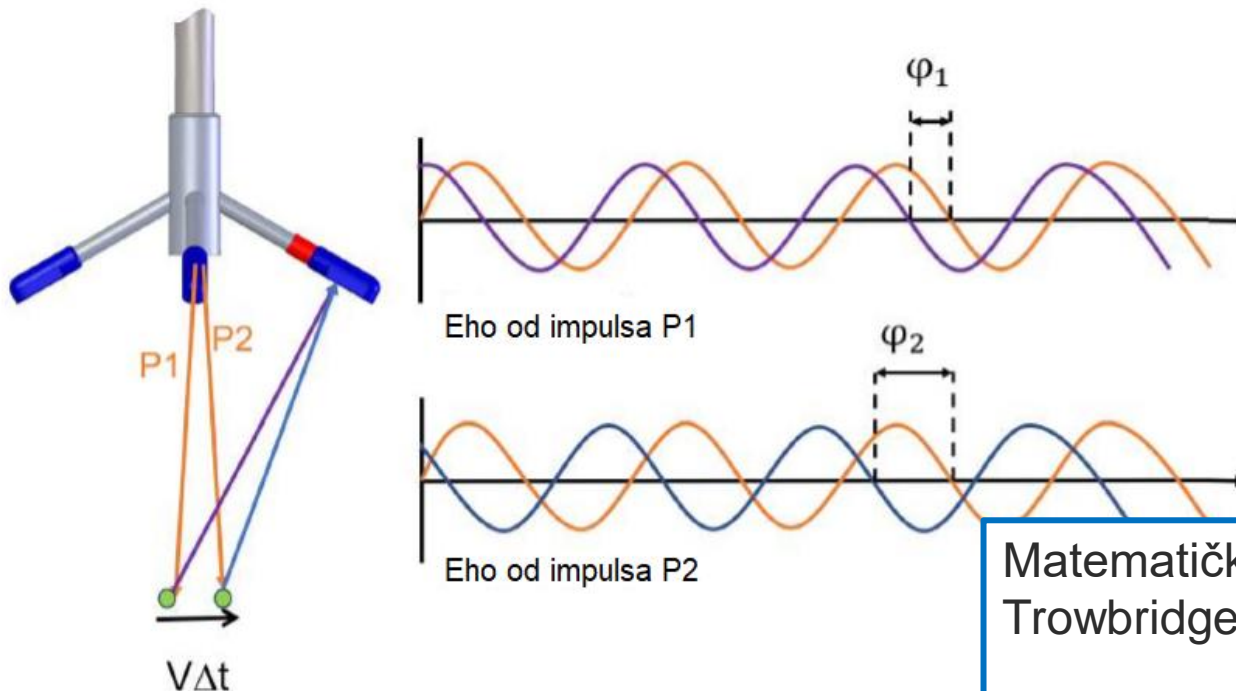
Doplerov efekat:



ULTRAZVUČNA ADV SONDA ZA MEREENJE BRZINA

• Princip rada ADV sonde

Doplerov efekat:



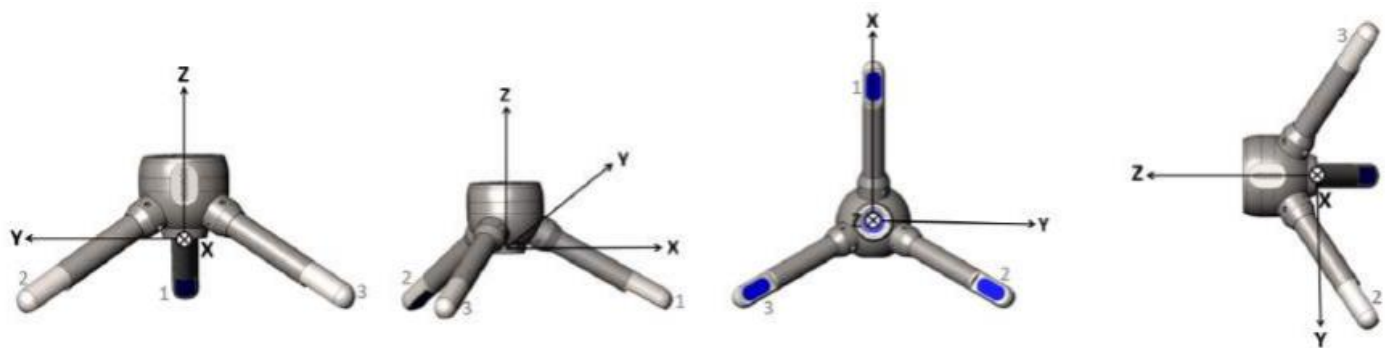
Matematički model (Voulgaris & Trowbridge, 1998):

$$V = \frac{c(d\varphi/dt)}{4\pi f}$$

ULTRAZVUČNA ADV SONDA ZA MEREENJE BRZINA

- Princip rada ADV sonde

Matrica transformacije – proračun komponenti brzina:



Фабричка матрица
трансформације:
(документација)

Beam to XYZ Matrix

-1432	-1415	-1385
-72	9334	-9276
10901	-5517	-5400

ULTRAZVUČNA ADV SONDA ZA MERENJE BRZINA

- Originalna (Fabrička) kalibracija – Iskustva:

Merni kanal sa kolicima za vučenje (H. Krila ISO 3445)

Ispitani mali opseg brzina (dokumentacija)



Verification

Reference		Measurements		Deviation (%)	
Angle (°)	Velocity (m/s)	Angle (°)	Velocity (m/s)	Velocity (%)	Max +/- (%)
0	0.3	1.43	0.300	0.11	0.83
0	0.3	1.69	0.302	0.69	0.83
90	0.3	91.72	0.300	0.05	0.83
90	0.3	91.84	0.300	0.09	0.83
0	0.2	1.62	0.200	-0.14	1.00
90	0.2	91.65	0.200	-0.20	1.00
0	0.1	1.67	0.100	0.12	1.50
90	0.1	91.46	0.100	-0.17	1.50

ODABIR MERNE METODE

- Kriterijumi koji diktiraju odabir optimalne metode za merenje Q (Godley, 2002):

2. Fizičke karakteristike vode

„Čista“ voda



Doplerov efekat ne može da se koristi za merenje brzine/protoka

„Prljava“ voda

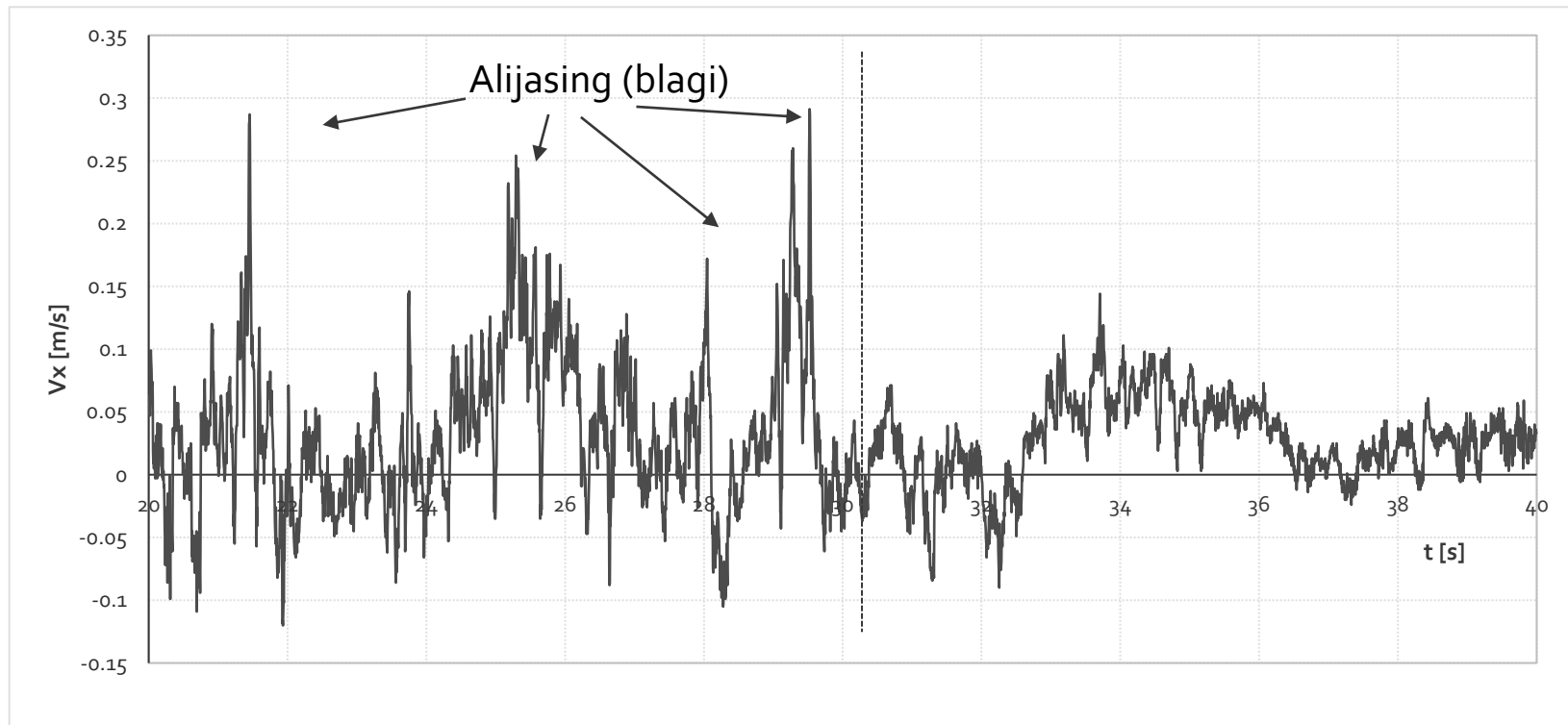


Sa druge strane, zasipanje preliva, taloženje nanosa na predajnik Dopler sonde

ODABIR MERNE METODE

- Kriterijumi koji diktiraju odabir optimalne metode za merenje Q (Godley, 2002):

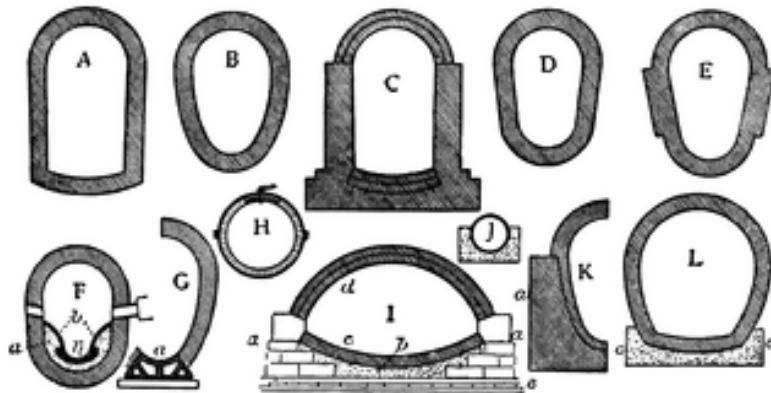
2. Fizičke karakteristike vode (ako voda nije „prljava“)



ODABIR MERNE METODE

- Kriterijumi koji diktiraju odabir optimalne metode za merenje Q (Godley, 2002):

3. Fizičke karakteristike provodnika



Dimenzije i oblik poprečnog preseka – često limitirajući faktor.

Materijal cevi?

Whitney, W. D. (Ed.). (1891).

4. Zdravstveni uslovi

5. Pored svega potrebno je i ekonomski opravdati izbor ... **(SKUPA!)**

METODE ZA MERENJE BRZINE

1. Integralne metode:
(Retko)

Ceo proticajni presek utiče na
merenje brzine

Posebni EM senzori protoka,
merenje razlike pritiska

2. Polu – integralne metode:
(Često)

Deo proticajnog preseka utiče na
merenje brzine

Dopler senzori, Ultrazvučni
senzori, EM senzori brzine,
Radar,...

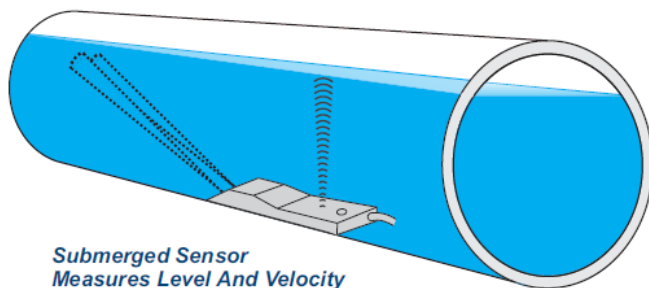
3. Merenje brzine u „tački“:
(Često)

Hidrometrijsko krilo, Pitoova
cev, Dopler senzori (ADV), Laser,
...

METODE ZA MERENJE BRZINE

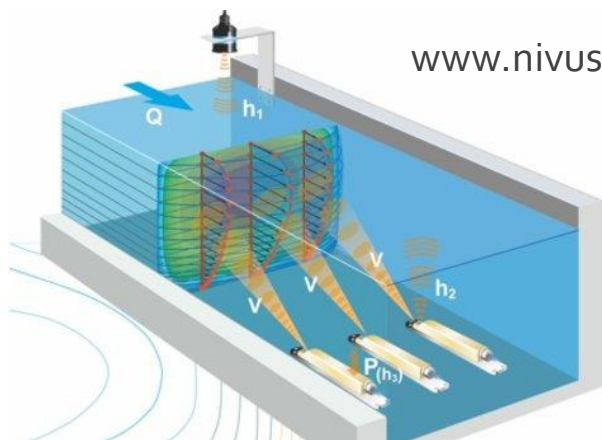
Dopler senzori

www.fiberman.ca



Submerged Sensor
Measures Level And Velocity

www.nivus.com



Relativno velika/duboka merna zapremina (zapremina toka koja utiče na izlazni signal),

Mogućnost rada samo u „prljavoj“ vodi,

Nemogućnost rada u slučaju formiranja taloga preko senzora

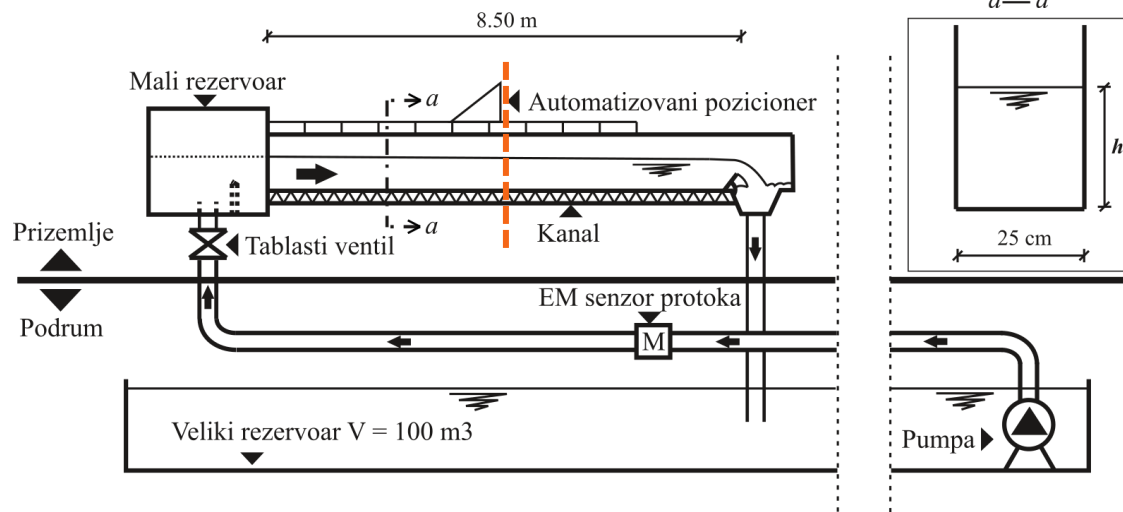
U kanalizacionim sistemima su najpopularniji Dopler senzori (Larrarte et al., 2008)

„Poslednji krik mode“ – preporuka:

<https://www.youtube.com/watch?v=ILiXTCnth1o>

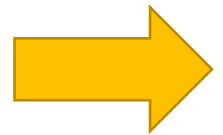
METODE ZA MERENJE BRZINE

ADV senzor – primena u kanalu



Poznajemo proticaj kroz celu instalaciju pa samim tim i kroz otvoreni kanal – **Etalonski protok Q_{EM}** .

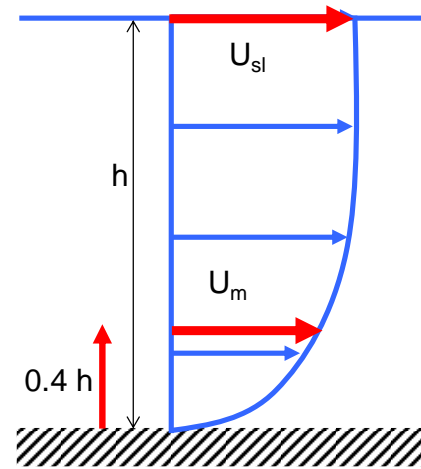
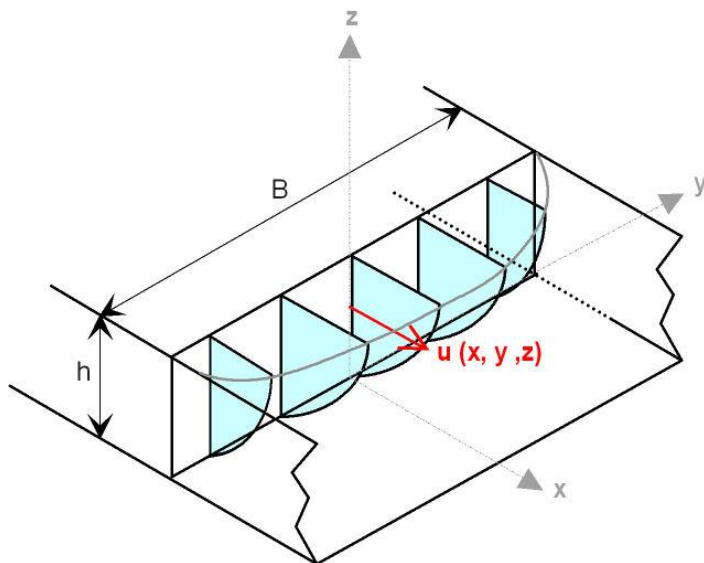
Možemo da odredimo protok i pomoću ADV sonde i običnog metra...



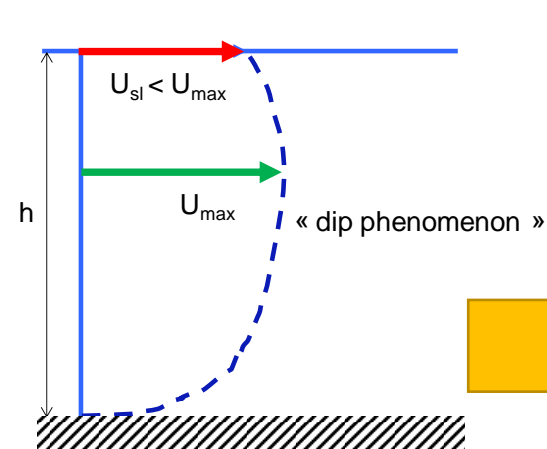
PRISTUP V - A

Raspored brzina po proticajnom preseku.

Određivanje srednje profilske brzine je izazovan zadatak!

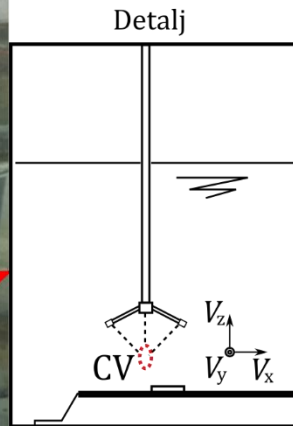
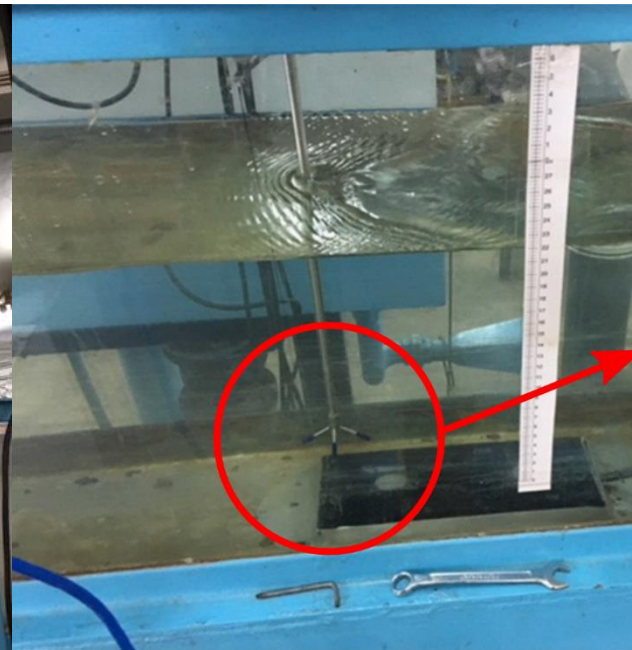


Široki kanal



Uzani kanal

DANAŠNJA VEŽBA

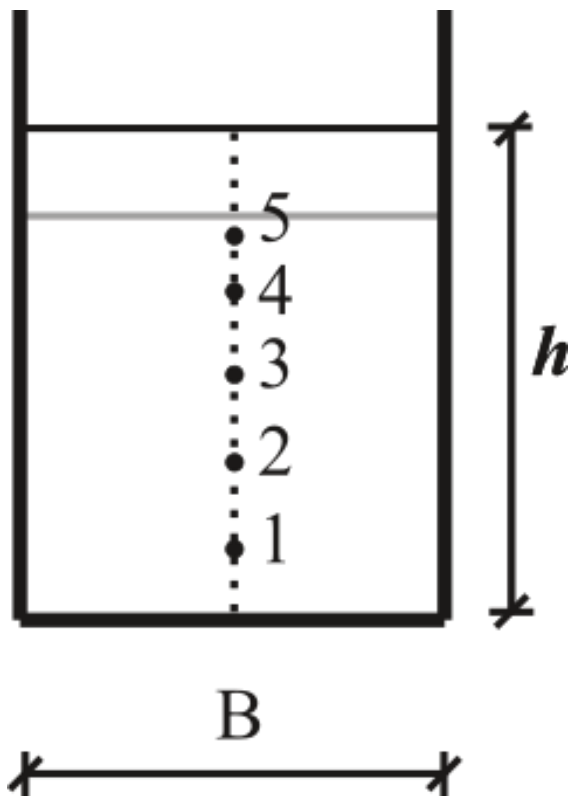


Nažalost, prekidač nam je otkazao na pozicioneru pa smo ručno kontrolisali položaj ADV sonde...

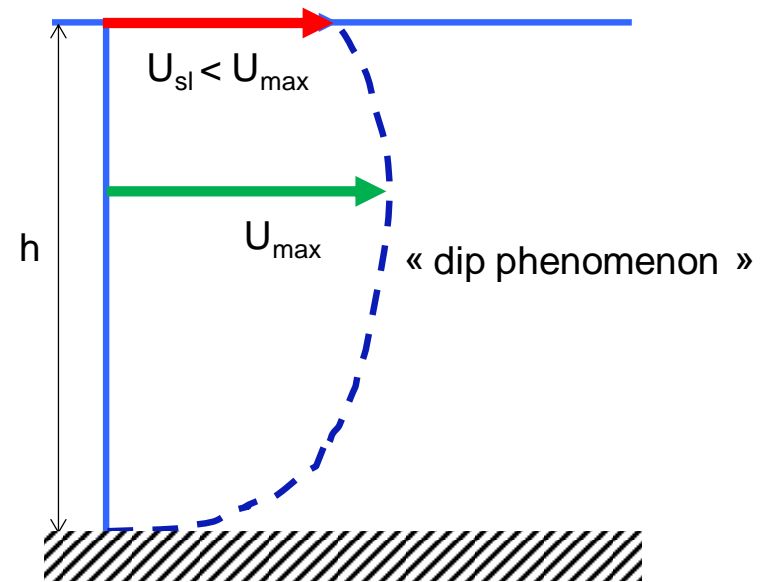
Uzani kanal!



DANAŠNJA VEŽBA



Odredimo
vertikalni
raspored
brzina...



Uzani kanal!

Merili smo u 10 tačaka duž
centralne vertikale!

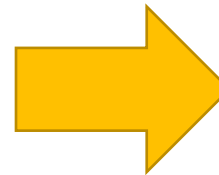
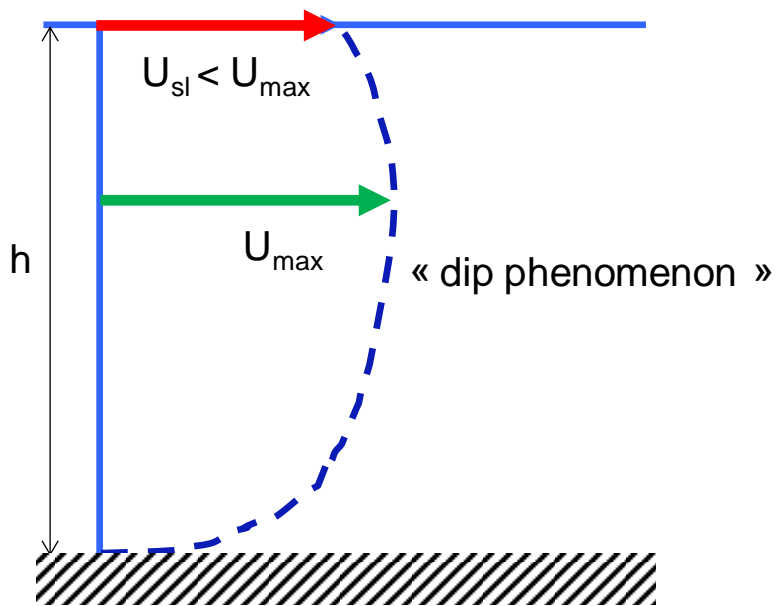
DANAŠNJA VEŽBA

Test - Notepad

File Edit Format View Help

255	00100011	0.3050	0.0077	-0.0174	-0.0174	156	159	171	139	9.7
256	00100011	0.2897	0.0098	-0.0002	-0.0043	151	148	165	152	9.4
257	00100011	0.3044	0.0008	-0.0017	-0.0051	157	165	173	143	9.8
258	00100011	0.3082	0.0069	-0.0124	-0.0129	161	171	170	142	10.0
259	00100011	0.3180	0.0105	-0.0124	-0.0115	161	160	174	161	10.0
260	00100011	0.3203	0.0059	-0.0135	-0.0148	162	170	174	160	10.0
261	00100011	0.2952	0.0069	-0.0122	-0.0120	160	149	153	140	9.9
262	00100011	0.2994	0.0195	-0.0120	-0.0105	155	163	176	155	9.7
263	00100011	0.2983	0.0096	-0.0056	-0.0105	165	165	166	154	10.2
264	00100011	0.2901	0.0190	-0.0006	-0.0047	157	161	172	155	9.8
265	00100011	0.2889	0.0216	0.0004	-0.0018	161	173	175	150	10.0
266	00100011	0.3122	0.0119	-0.0099	-0.0099	165	152	177	149	10.2
267	00100011	0.3032	0.0128	-0.0167	-0.0186	167	162	175	153	10.3
268	00100011	0.3015	0.0137	-0.0191	-0.0143	163	162	178	144	10.1
269	00100011	0.3022	0.0131	-0.0107	-0.0125	163	171	177	144	10.1
270	00100011	0.3029	0.0158	-0.0044	-0.0044	161	165	170	139	10.0
271	00100011	0.3088	0.0020	-0.0028	-0.0046	161	145	170	149	10.0
272	00100011	0.3140	0.0121	-0.0059	-0.0079	164	157	171	145	10.1
273	00100011	0.3151	0.0077	-0.0148	-0.0136	158	161	170	152	9.8
274	00100011	0.3188	0.0063	-0.0124	-0.0140	162	162	176	155	10.0
275	00100011	0.3232	0.0087	-0.0116	-0.0121	160	172	176	149	9.9
276	00100011	0.3253	0.0099	-0.0128	-0.0132	165	169	177	150	10.2
277	00100011	0.3261	0.0162	-0.0122	-0.0134	173	162	169	143	10.6
278	00100011	0.3156	0.0153	-0.0086	-0.0091	154	162	165	145	9.6
279	00100011	0.3203	0.0222	0.0088	0.0002	161	154	176	154	10.0

DANAŠNJA VEŽBA



Integral rasporeda brzina duž vertikale je jednak jediničnom proticaju q



Integral jediničnog proticaja q duž širine kanala je jednak protoku Q

AutoCAD - "Area"

Poredimo sa Q_{em}

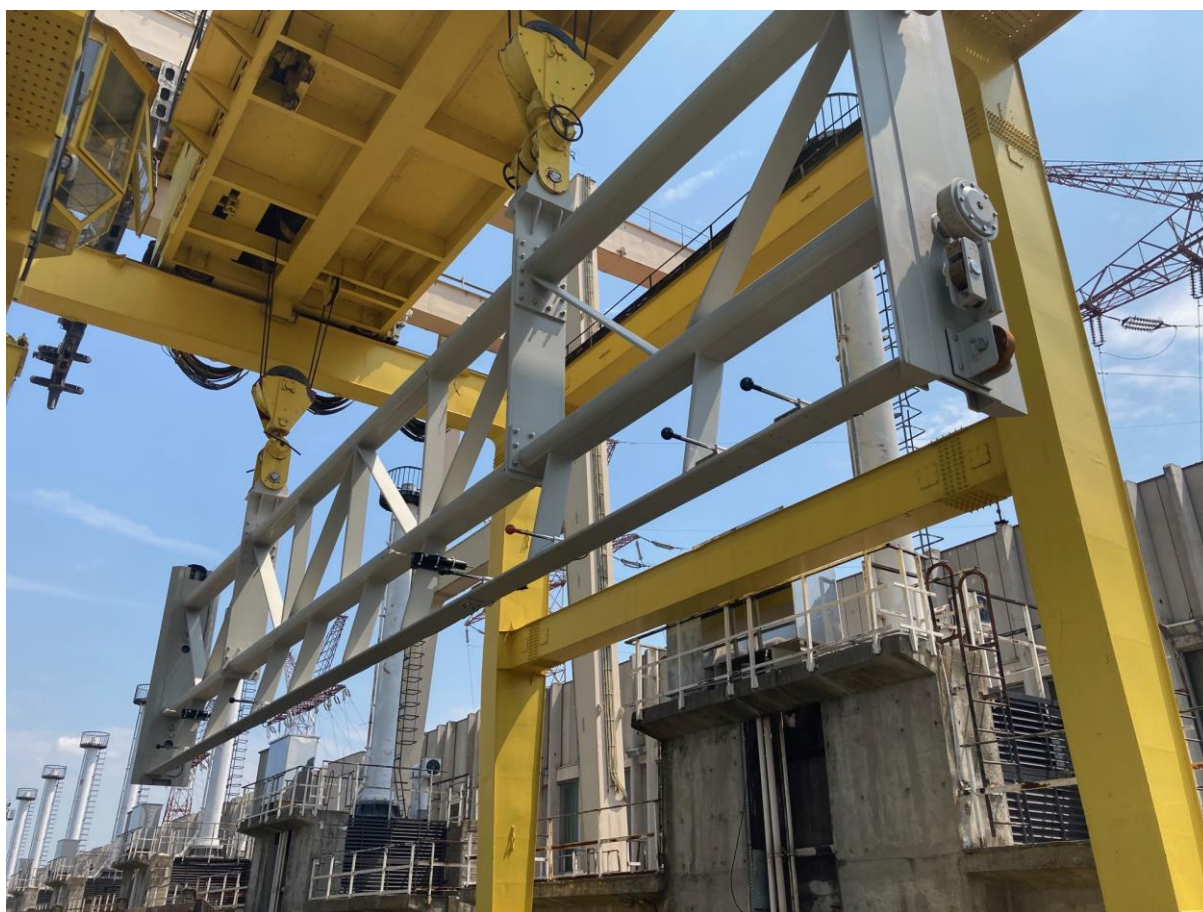
Korigujemo raspored brzina! (sledeća iteracija)



TERENSKA VERZIJA



TERENSKA VERZIJA





Univerzitet u Beogradu, Građevinski fakultet



ODREĐIVANJE PROTOKA U OTVORENIM TOKOVIMA PRISTUPOM V – A: ADV

Merenja u hidrotehnici

8. Vežba

doc. dr Damjan Ivetić

dr Miloš Milašinović

prof. dr Dušan Prodanović