



Univerzitet u Beogradu – Građevinski fakultet  
Odsek za hidrotehniku i vodno ekološko inženjerstvo



**MASTER RAD**

# **Analiza rada akustičnog Dopler senzora brzine u jednoj tački**

---

Kandidat:  
Jovan Đorđević 593/15

Mentori:  
Dušan Prodanović  
Damjan Ivetić

Septembar, 2019.

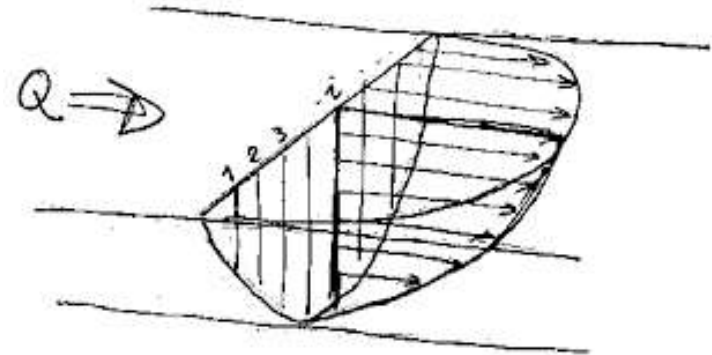
# Sadržaj prezentacije:

---

- Zašto merimo brzinu vodotoka?
- Upoznavanje sa Dopler senzorom i njegovim karakteristikama
- Problemi u radu
- Laboratorijske instalacije
- Analiziranje radnih karakteristika ADA senzora u graničnim uslovima
- Merenje brzina u otvorenom kanalu
- Obrada signala
- Zaključci

# Zašto merimo brzinu vodotoka?

1. dimenzionisanje hidrotehničkih objekata
2. upravljanje hidrotehničkim sistemima



$$Q = V \times A \text{ (m}^3\text{/s)}$$

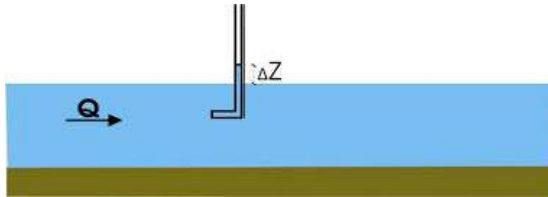


# Upoznavanje sa Dopler senzorom i njegovim karakteristikama

Metode za merenje brzine u tački:

## 1. Kontaktne

Pitoova cev

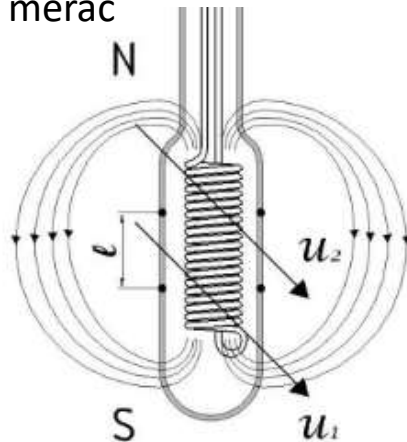


Hidrometrijsko krilo

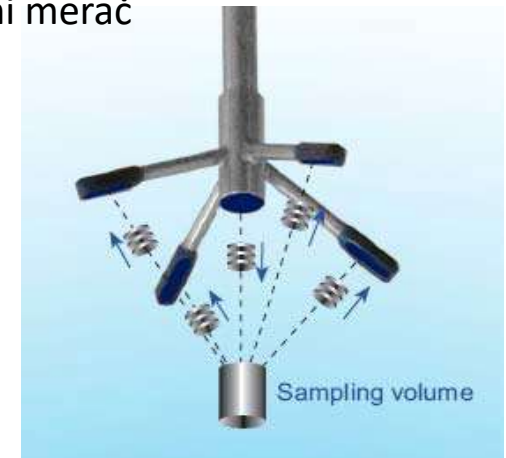


## 2. Bezkontaktne

Elektromagnetni merač

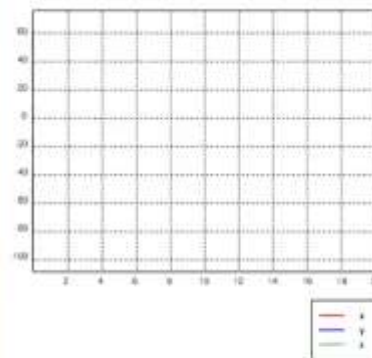


Ultrazvučni merač

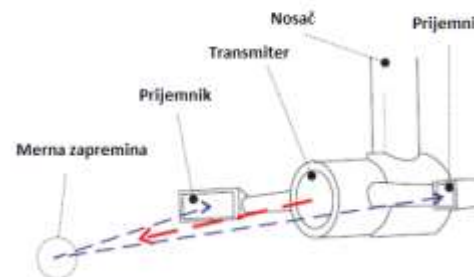


# Upoznavanje sa Dopler senzorom i njegovim karakteristikama

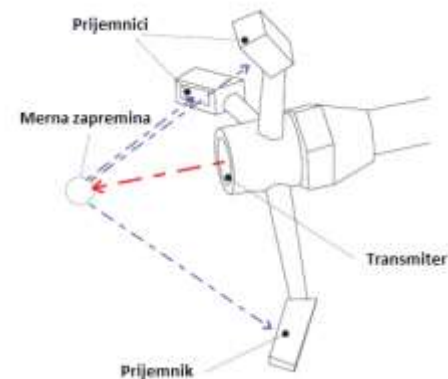
Princip rada Akustičnog Dopler Anemometra (ADA) se zasniva na efektu Doplerovog pomaka.



2D sonda



3D sonda



# Problemi u radu ADA sonde

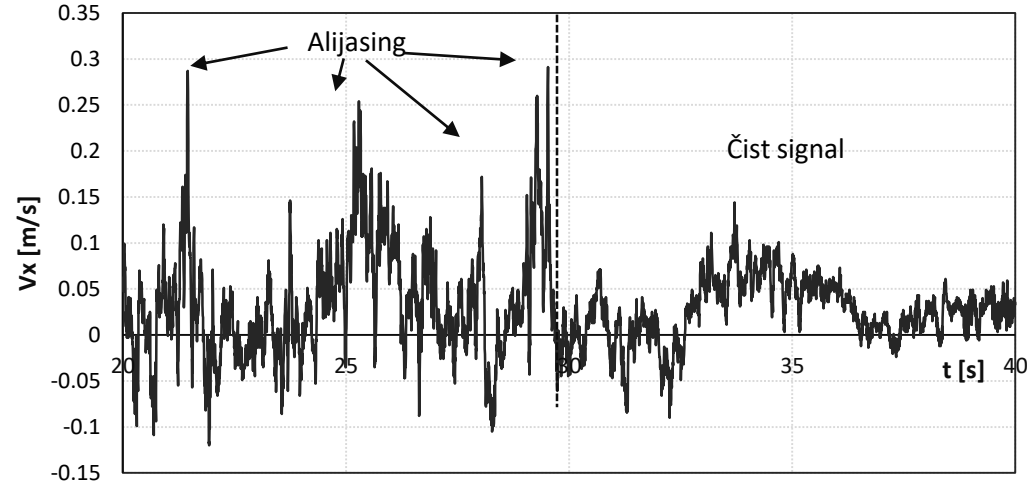
- Blizina čvrste konture

Preporučuje se da merna zapremina bude udaljena od čvrste konture 3 – 4,5cm u oba pravca. (Chanson, 2008).

- Parametar SNR opada ispod 15dB, ako nije ispunjen prethodni uslov.

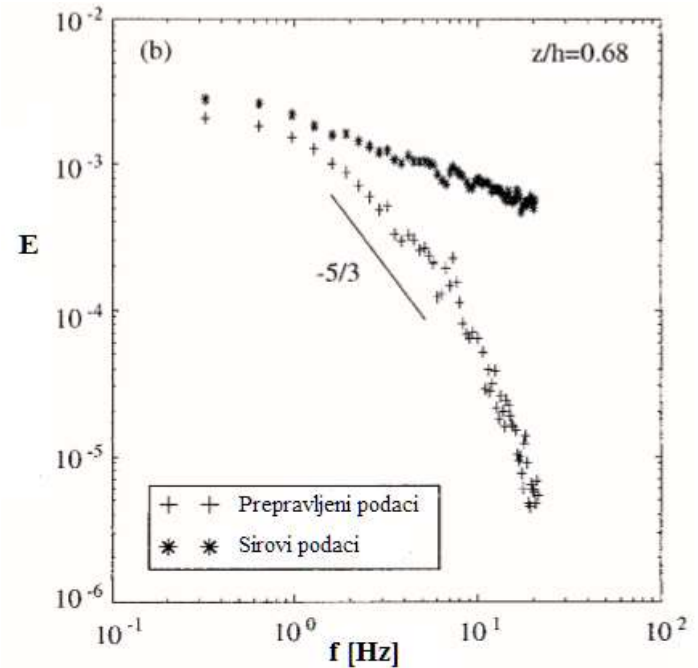
- Alijasing

- Javljaju se pikovi ekstremnih vrednosti
- Uzrok je nedostatak suspendovanih čestica
- Otklanja se „zasejavanjem“



# Problemi u radu ADA sonde

- Doplerov šum
- Pojava Doplerovog šuma je prisutna u slučaju merenja turbulentnih karakteristika bilo kojim uređajem koje se zasniva na Doplerovom principu (Garcia и сарадници, 2005).
- Sličan „belom“ šumu
- Ne utiče na srednju brzinu, ali je izražen na energetskom spektru u zoni velikih frekvencija.



# Laboratorijske instalacije

---

Recirkulacioni rezervoar



Otvoreni kanal





# Analiziranje radnih karakteristika ADA senzora u graničnim uslovima

---

- Uticaj saliniteta na rad ADA senzora

$$C = 1444.5 + 4.6t - 0.04447t^2 + 0.01821d + 1.31115(\eta - 34) \text{ [m/s]}$$

$C$  – brzina prostiranja talasa (m/s)

$t$  – temperatura vode (°C)

$d$  – dubina vode (m)

$\eta$  – slanost vode (‰)

Tri različita podešavanja pri merenju funkcijom Distance Check:

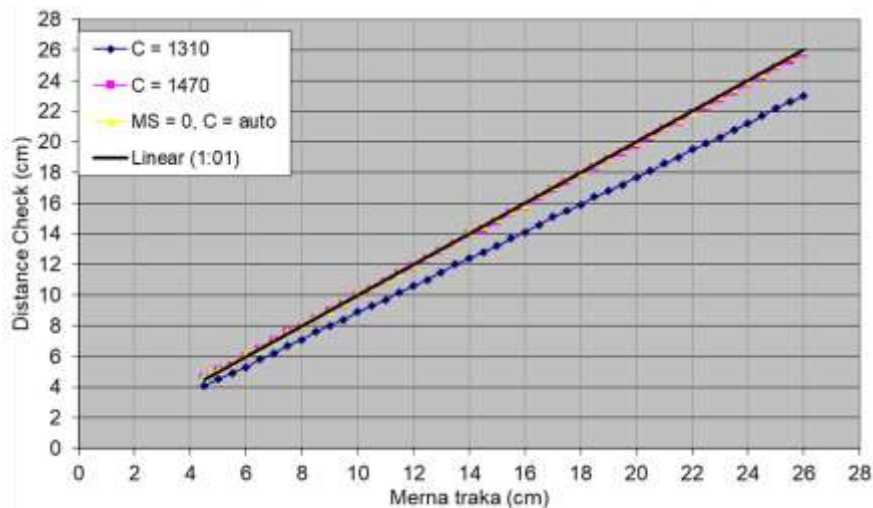
1.  $C = 1310 \text{ m/s}$

2.  $C = 1470 \text{ m/s}$

3. Measured Salinity = 0

# Analiziranje radnih karakteristika ADA senzora u graničnim uslovima

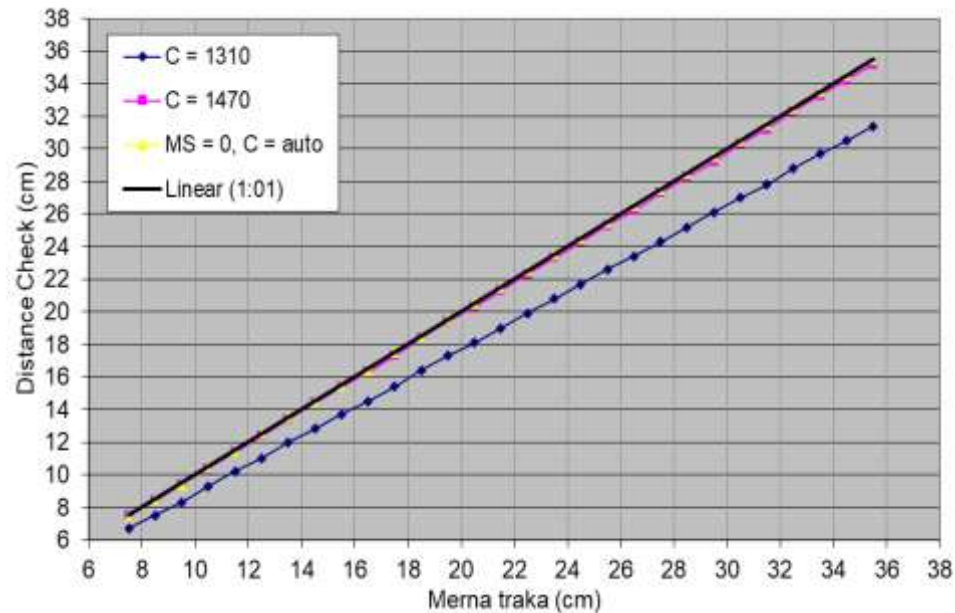
- Uticaj saliniteta na rad ADA senzora
  - originalna dispozicija sa duplim dnom
  - glatko metalno dno



Mereno je uporedo funkcijom Distance Check i mernom trakom sa milimetarskom podelom.

# Analiziranje radnih karakteristika ADA senzora u graničnim uslovima

- hrapavo metalno dno

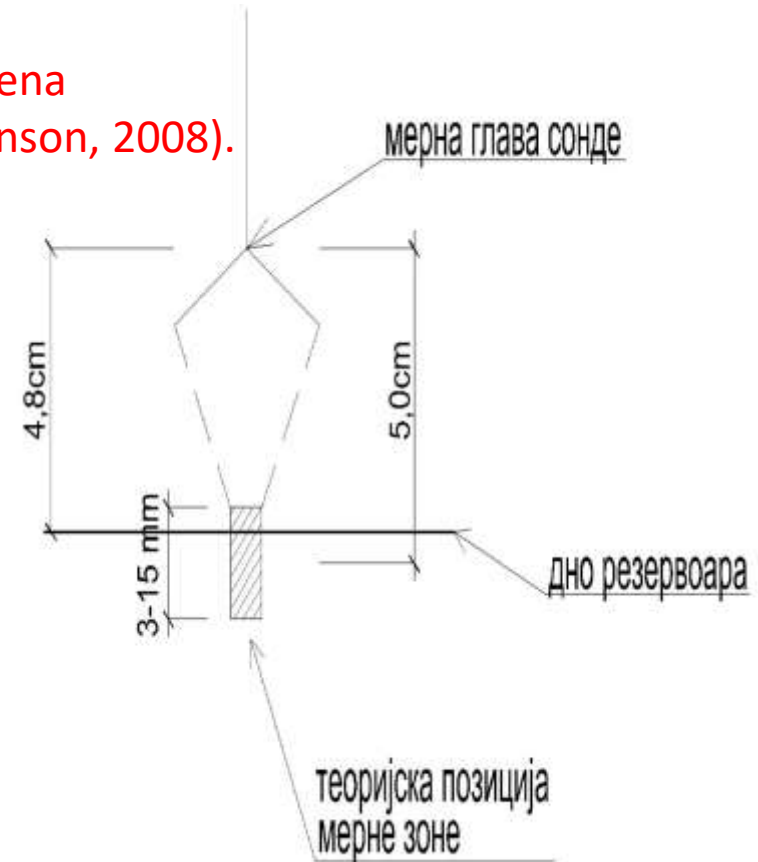
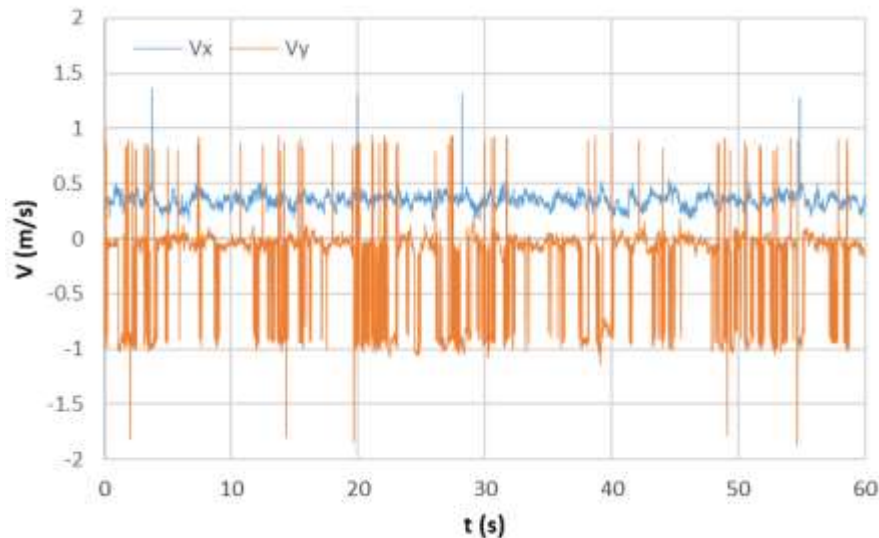


# Analiziranje radnih karakteristika ADA senzora u graničnim uslovima

- Uticaj blizine čvrste konture na rad ADA senzora

Preporučuje se da merna zapremina bude udaljena od čvrste konture 3 – 4,5cm u oba pravca. (Chanson, 2008).

- uticaj dna

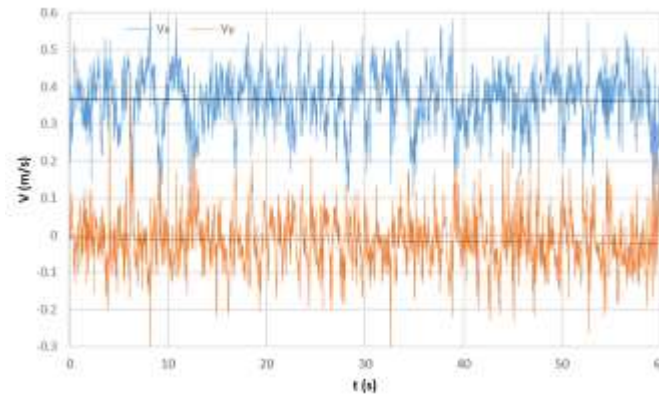


# Analiziranje radnih karakteristika ADA senzora u graničnim uslovima

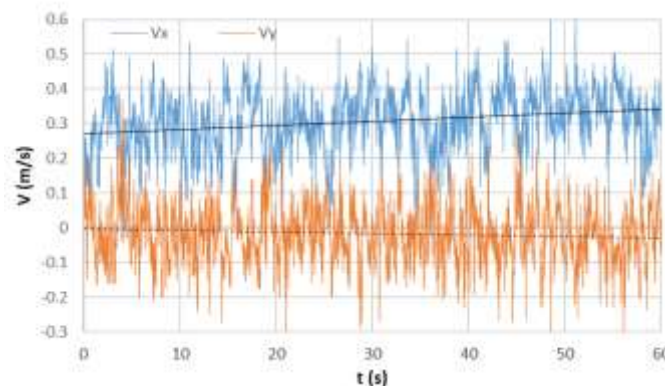
- Uticaj blizine čvrste konture na rad ADA senzora

- uticaj bočnih ivica

merna zona udaljena  
2,2cm od ivice



merna zona udaljena  
5,0cm od ivice



# Analiziranje radnih karakteristika ADA senzora u graničnim uslovima

---

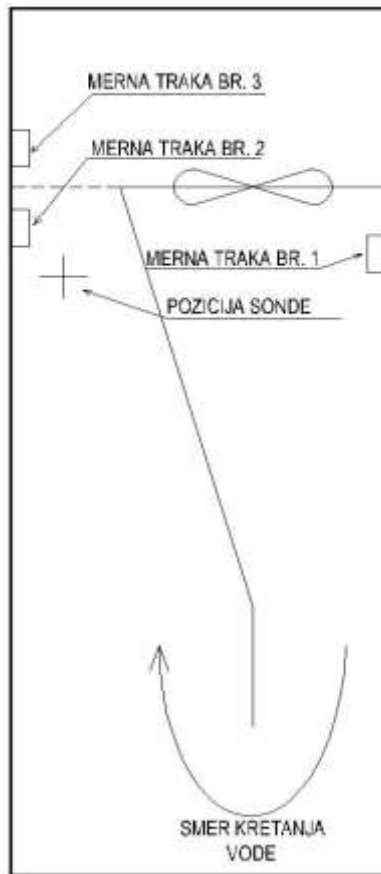
- Dodatno merenje

- Snima se signal prilikom pokretanja motora
- Voda iz faze mirovanja počinje da se kreće
- Prati se kretanje talasa od motora do sonde
- Sonda je udaljena od čvrstih kontura
- Dodata pregrada nizvodno od sonde



# Analiziranje radnih karakteristika ADA senzora u graničnim uslovima

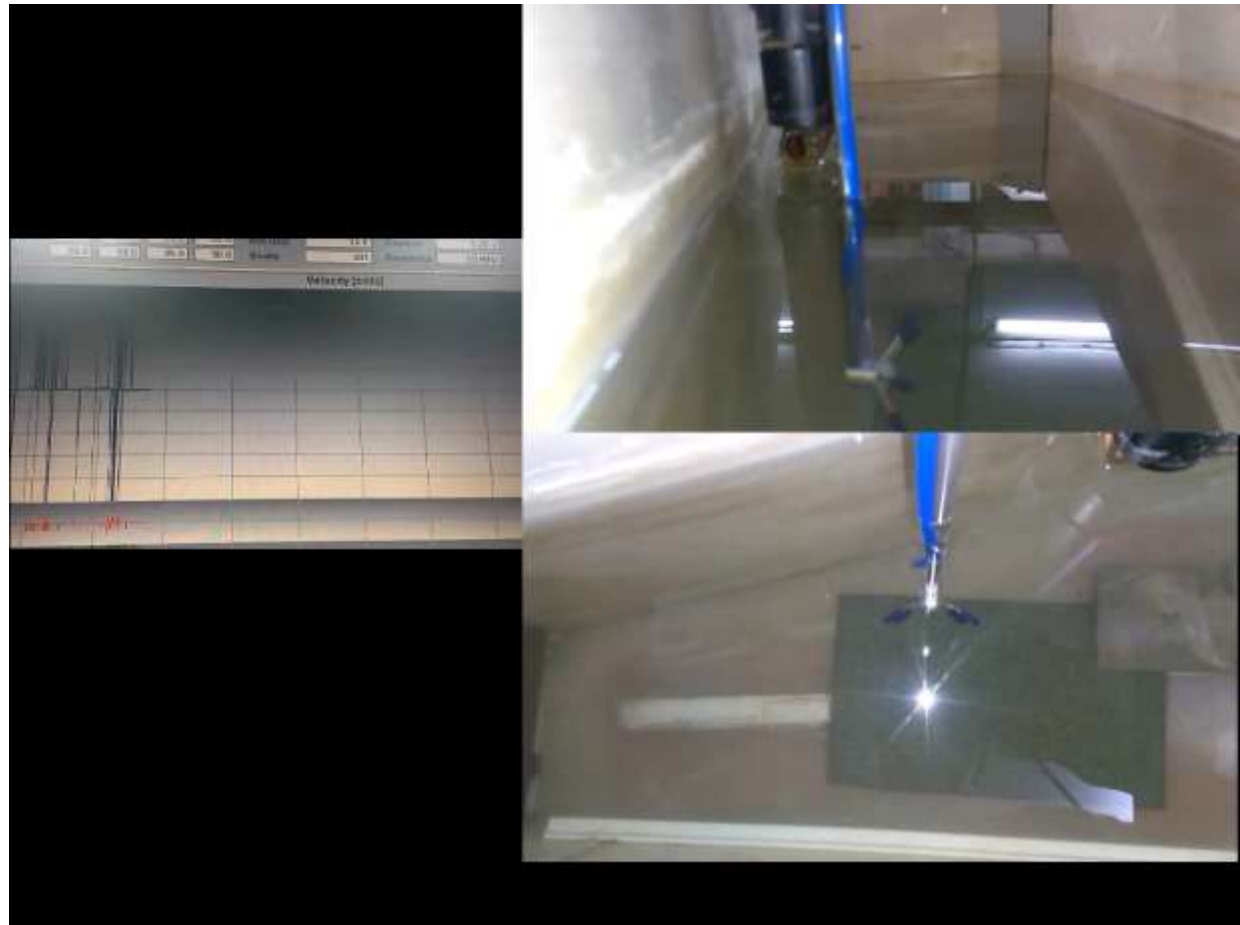
- Dodatno merenje (snimanje 3D sondom)



# Analiziranje radnih karakteristika ADA senzora u graničnim uslovima

---

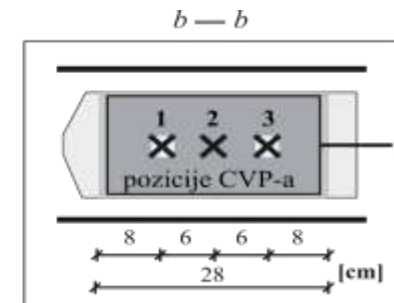
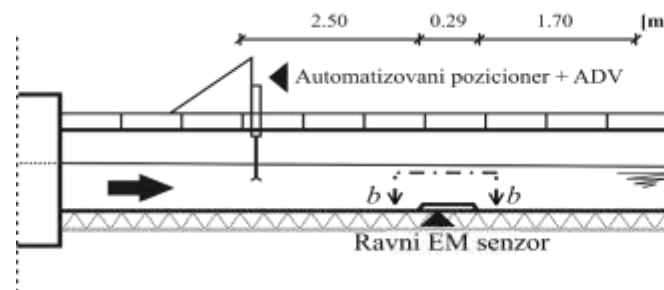
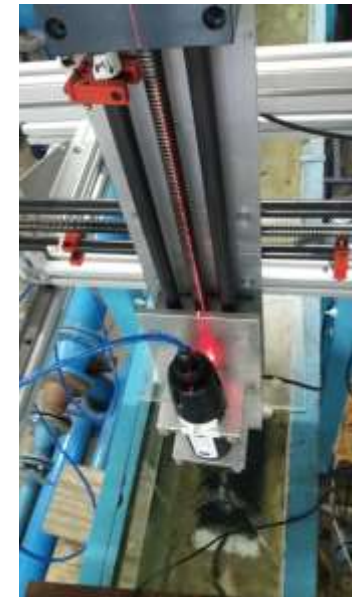
- Dodatno merenje (snimanje 2D sondom)





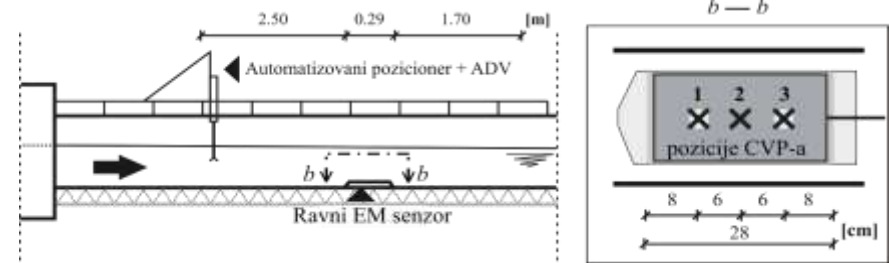
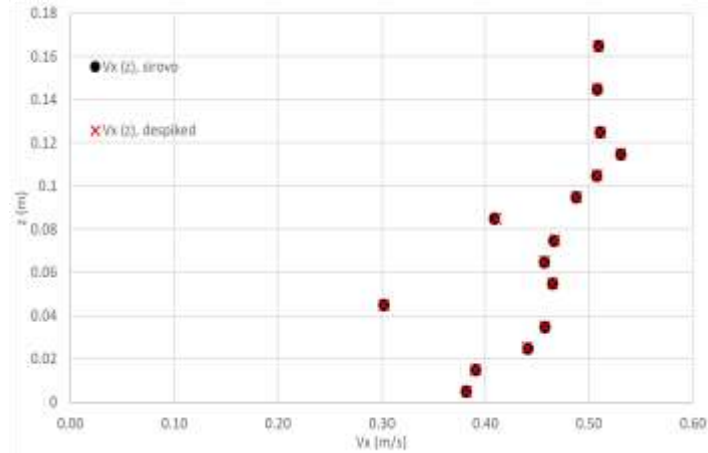
# Merenje brzina u otvorenom kanalu

- Protok:  $Q=33,3\text{L/s}$
- Dubina:  $H=32,4\text{cm}$
- Debljina sonde:  $2,2\text{cm}$
- Mereno je u vertikalama CVP1, 2 i 3, iznad EM sonde
- Početna pozicija sonde:  $z=5\text{cm}$  (od EM sonde)

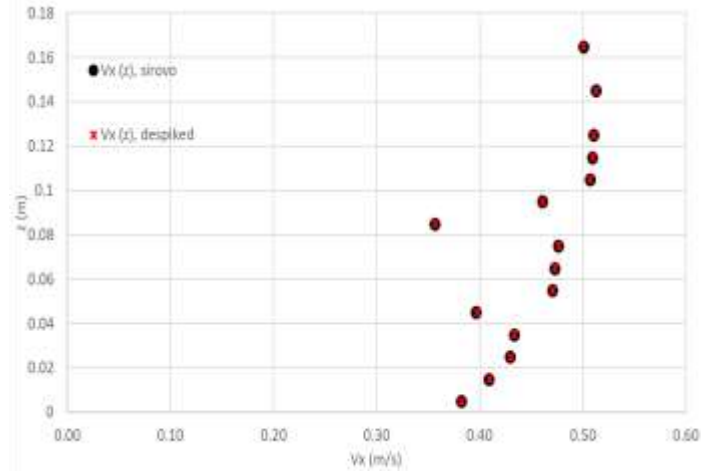


# Obrada signala

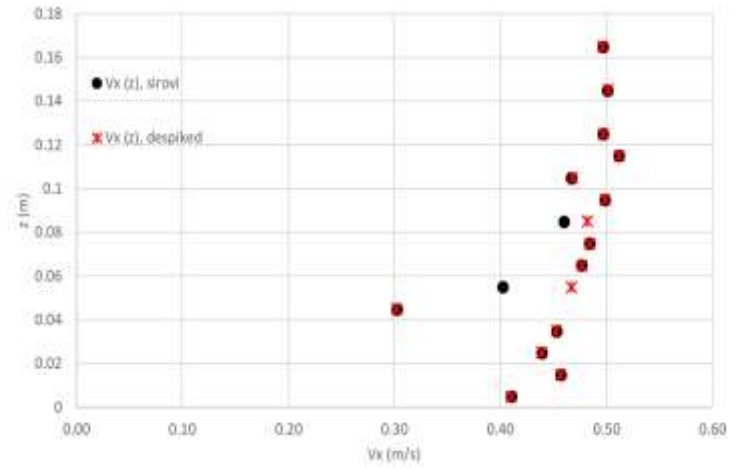
CVP1



CVP2



CVP3



# Zaključci

---

- „Vectrino +“ sonda daje najbolje rezultate za  $MS=0$
- Previše glatko i sjajno dno loše utiče na kvalitet signala.
- Rezultati uz čvrstu konturu su merljivi i kvalitet signala dobar. Analizirano uz konturu od pleksiglasa, te nije ponovljivo u prirodi.
- Kanal pruža znatno povoljnije uslove tečenja od rezervoara.
- Alijasing se javlja ako u vodi ima nedovoljno sidinga, ali i ako ga ima previše.
- Obradom signala su uklonjeni pikovi i zamenjeni interpolovanim podacima iz kubnog polinoma.



Univerzitet u Beogradu – Građevinski fakultet  
Odsek za hidrotehniku i vodno ekološko inženjerstvo



**MASTER RAD**

# **Analiza rada akustičnog Dopler senzora brzine u jednoj tački**

---

Kandidat:  
Jovan Đorđević 593/15

Mentori:  
Dušan Prodanović  
Damjan Ivetić

Septembar, 2019.