



Građevinski fakultet
Univerzitet u Beogradu
Srbija i Crna Gora



BEZKONTAKTNO MERENJE PROTOKA VODE U KANALIZACIJI

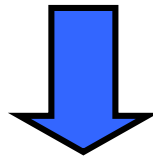
Doc. dr Dušan Prodanović
eprodano@hikom.grf.bg.ac.yu

Bezkontaktno merenje protoka u kanalizaciji

Uvod

Jedva da merimo protoke na Vodovodima, ko još **normalan** meri na kanalizaciji?

- **Teško** (otvoreni tokovi, pod zemljom, talog)
- **Skupo** (za red veličine skuplje od vodovoda)
- **Gadno** (upotrebljene vode nisu baš prijatne)



Lakše je proceniti protok na osnovu padavina, broja sati rada pumpi, broja stanovnika, broja mesečevih mena i drugih egzaktnih pokazatelja.

Bezkontaktno merenje protoka u kanalizaciji

Uvod

Jedva da merimo protoke na Vodovodima, ko još **normalan** meri na kanalizaciji?

- **Teško** (otvoreni tokovi, pod zemljom, talog)
- **Skupo** (za red veličine skuplje od vodovoda)
- ...a i ljudi smo, pa će mo se lako dogovoriti oko toga koliko nam treba **toga protoka...**

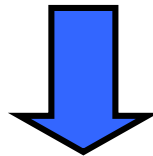


Lakše je proceniti protok na osnovu padavina, broja sati rada pumpi, broja stanovnika, broja mesečevih mena i drugih egzaktnih pokazatelja.

Bezkontaktno merenje protoka u kanalizaciji

Uvod

Jasno je da je ovakva praksa **neodrživa** – čeka nas veliki posao pravljenja postrojenja za prečišćavanje otpadnih voda (**EU nas neće prijaviti**) pa treba da znamo **količine i kvalitet voda koje se ispuštaju iz naših sistema.**



Ako već moramo da merimo, jel' može to bez prijanja?

Bezkontaktno merenje protoka u kanalizaciji

Uvod

Ja
na
pr
pa
is

Dobra vest: može da se meri protok
a da se ne dodiruje direktno otpadna voda!

Upravo je to
tema ovog rada.

Ako već moramo da merimo, jel' može to bez
prljanja?

Bezkontaktno merenje protoka u kanalizaciji

Mogućnosti bezkontaktnog merenja protoka

Bezkontaktno - **Merni senzor ne dodiruje vodu!**

Idealno za merenja u kanalizaciji:

- Nema prljanja senzora,

Bezkontaktno merenje protoka u kanalizaciji

Mogućnosti bezkontaktnog merenja protoka

Bezkontaktno - **Merni senzor ne dodiruje vodu!**

Idealno za merenja u kanalizaciji:

- Nema prljanja senzora,

EM senzor u dnu cevi



UZV senzor u dnu cevi



Bezkontaktno merenje protoka u kanalizaciji

Mogućnosti bezkontaktnog merenja protoka

Bezkontaktno - **Merni senzor ne dodiruje vodu!**

Idealno za merenja u kanalizaciji:

- Nema prljanja senzora,
- Nema udaranja senzora vučenim predmetima,
- Ne kače se kese na senzor, i slično.

Bezkontaktno merenje protoka u kanalizaciji

Mogućnosti bezkontaktno

Bezkontaktno - **Merni senzor**

Idealno za merenja u kan

- Nema prijanja senzora,
- Nema udaranja senzora
- Ne kače se kese na senzor, i slično.



UZV senzor u dnu cevi

Bezkontaktno merenje protoka u kanalizaciji

Mogućnosti bezkontaktnog merenja protoka

Bezkontaktno - **Merni senzor ne dodiruje vodu!**

Idealno za merenja u kanalizaciji:

- Nema prljanja senzora,
- Nema udaranja senzora vučenim predmetima,
- Ne kače se kese na senzor, i slično.

 **Hidraulički merni objekti – jedna merena dubina**

 **Merenje površinske brzine – optički ili radarom**

Bezkontaktno merenje protoka u kanalizaciji

1. Hidraulički merni objekti – jedna dubina

Merni objekat sa **poznatom Q/H vezom**

Odavno se koristi, **pouzdana merenje**, zahteva dobre hidrauličke uslove.

Ozbiljan objekat koji treba projektovati i izgraditi!

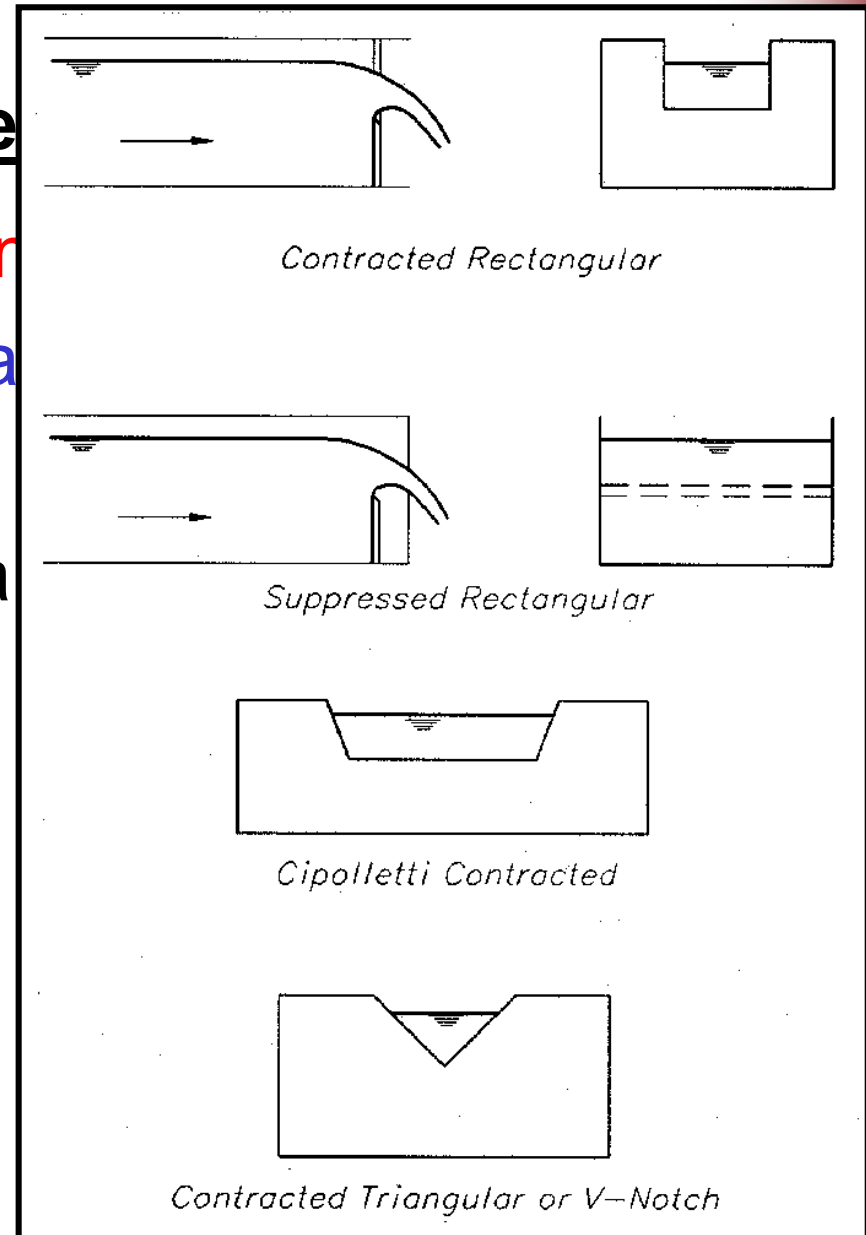


Bezkontaktno merenje protoka u kanalizaciji

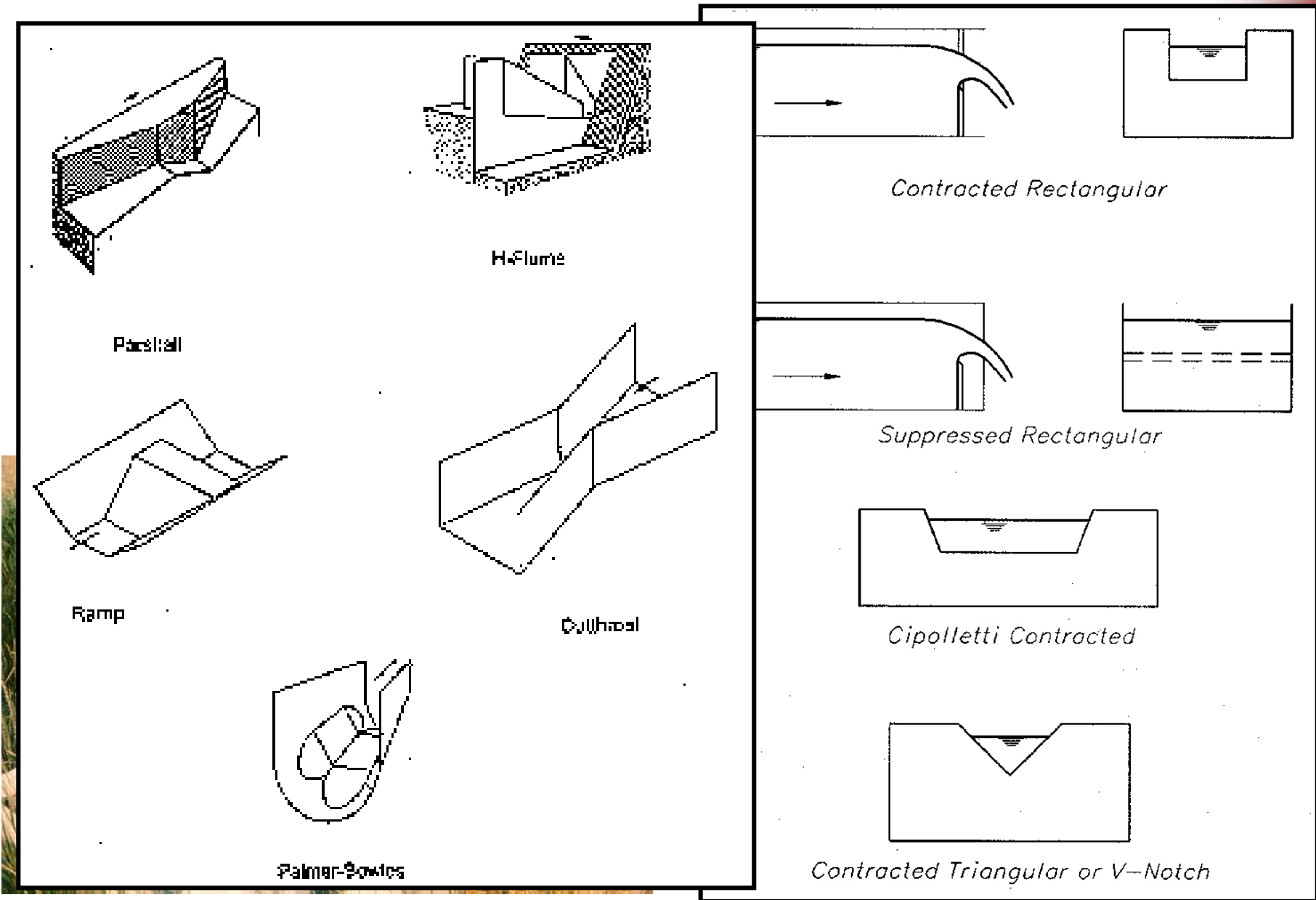
1. Hidraulički merni objekat

Merni objekat sa **poznatom** geometrijom i materijalom. Odavno se koristi, **pouzdan** i omogućava dobre hidrauličke uslove.

Ozbiljan objekat koji treba



Bezkontaktno merenje protoka u kanalizaciji

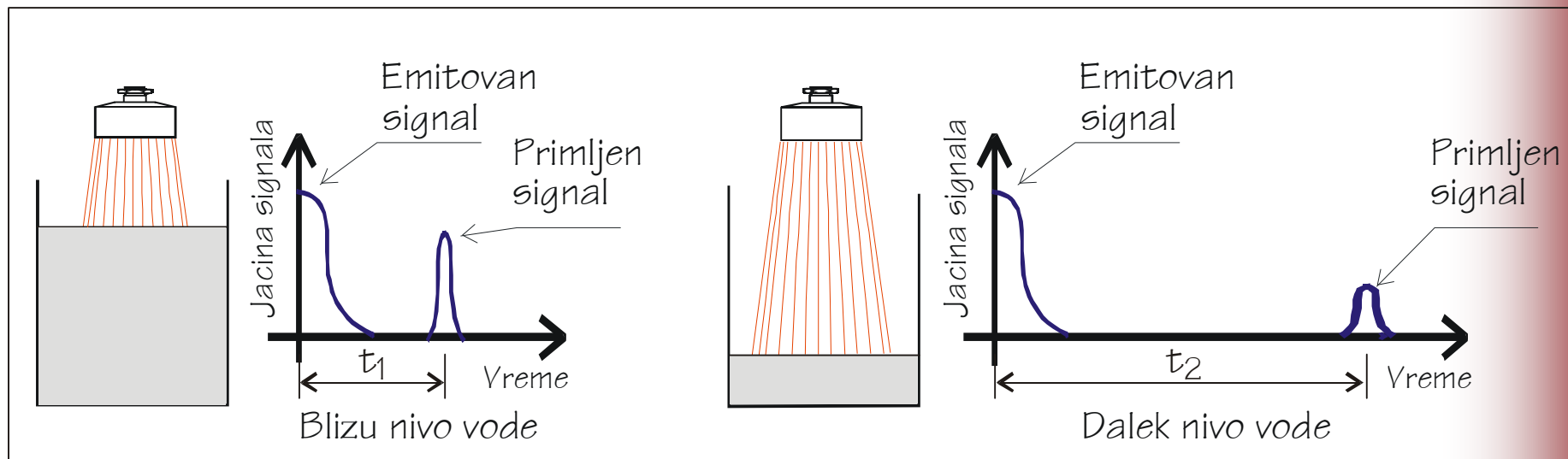


Bezkontaktno merenje protoka u kanalizaciji

1. Hidraulički merni objekti – jedna dubina

Na mernom objektu merenje **nivoa vode može da se obavi bezkontaktno:**

- UZV merenje (standardno, cm tačnosti)
- radarsko merenje (skupo, mm tačnosti)

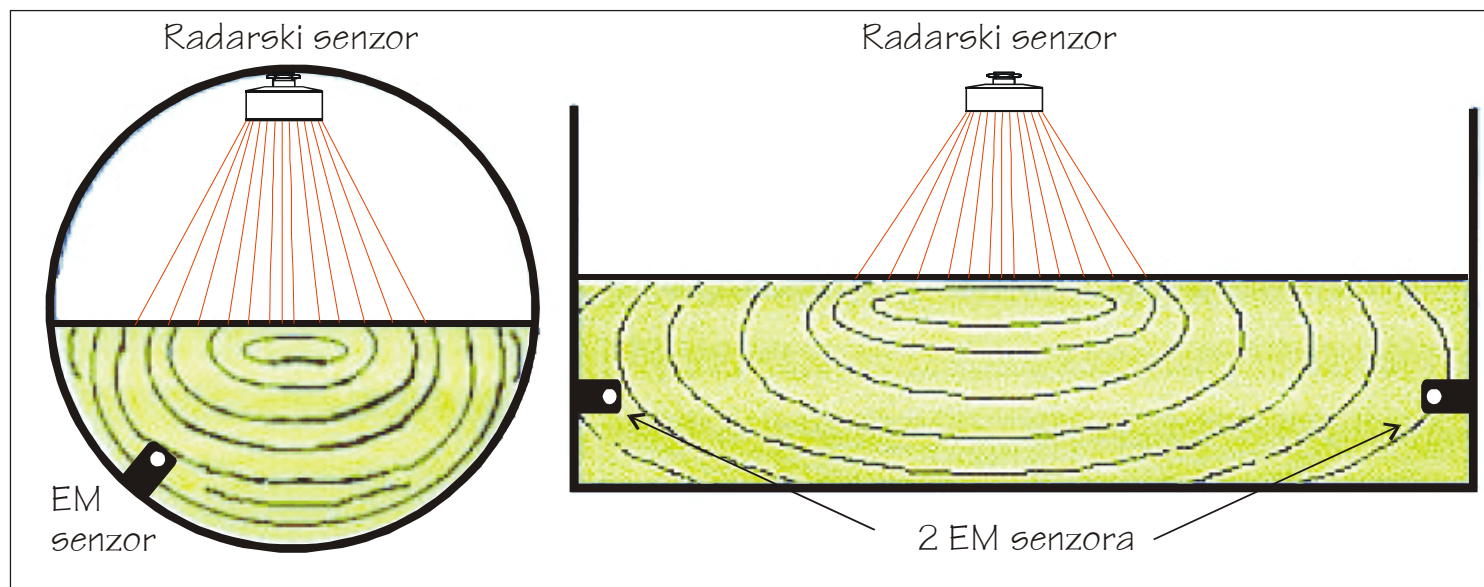


Bezkontaktno merenje protoka u kanalizaciji

2. Merenje površinske brzine

Ako nije poznata Q/H veza, pored dubine **potrebno je znati i brzinu**. Dve opcije:

- Kontaktno, pomoću EM ili UZV senzora
- **Bezkontaktno, preko površinske brzine**



Bezkontaktno merenje protoka u kanalizaciji

2. Merenje površinske brzine

Dva načina merenja površinske brzine:

1. **Optički**, obradom fotografija površine vode
Large-Scale Particle Image Velocimetry (**LSPIV**)
2. **Radarskim merenjem** površine (**Dopler sistem**)

Bezkontaktno merenje protoka u kanalizaciji

2.1 Merenje površinske brzine - LSPIV

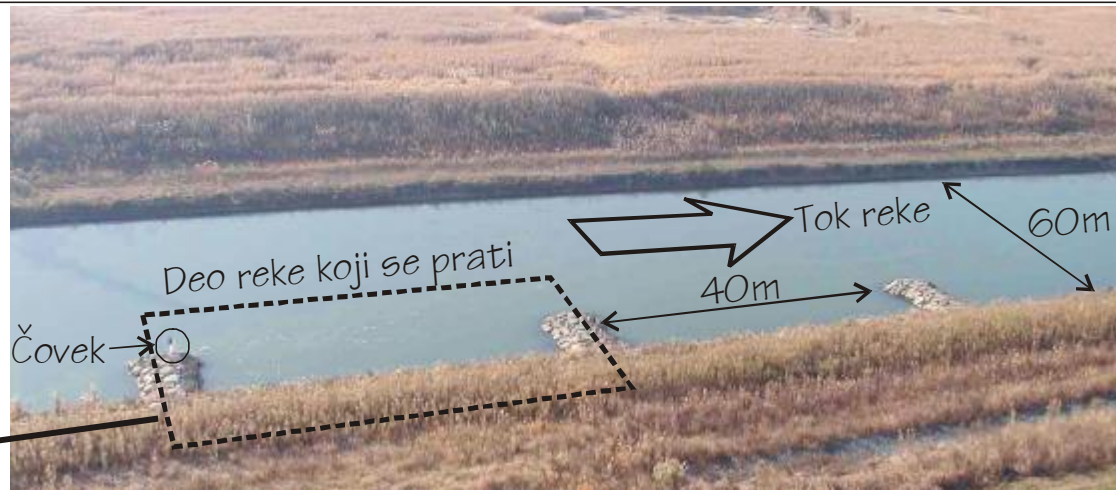
Fotografski se snima površina vode sa poznatim Δt

Automatska obrada fotografija:

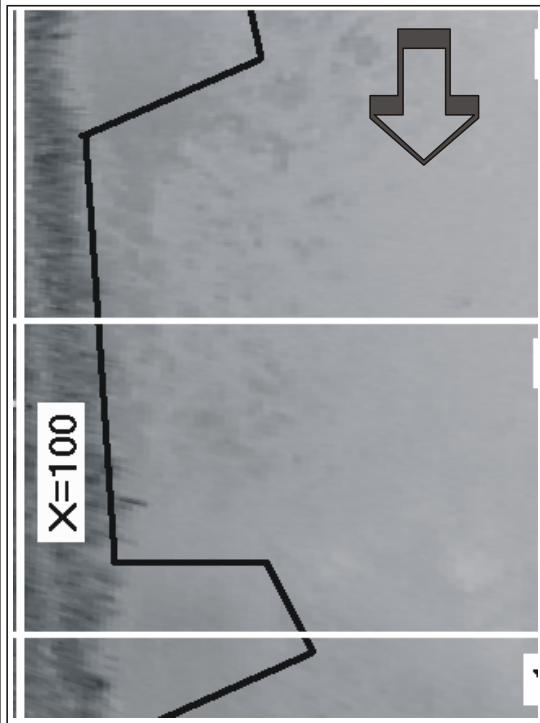
- prepoznaju se pojedini elementi na površini
- delići se prate kroz vreme

Ta metoda se naziva **Large-Scale Particle Image Velocimetry** (**LSPIV** – određivanje brzine prateći deliće u velikim razmerama).

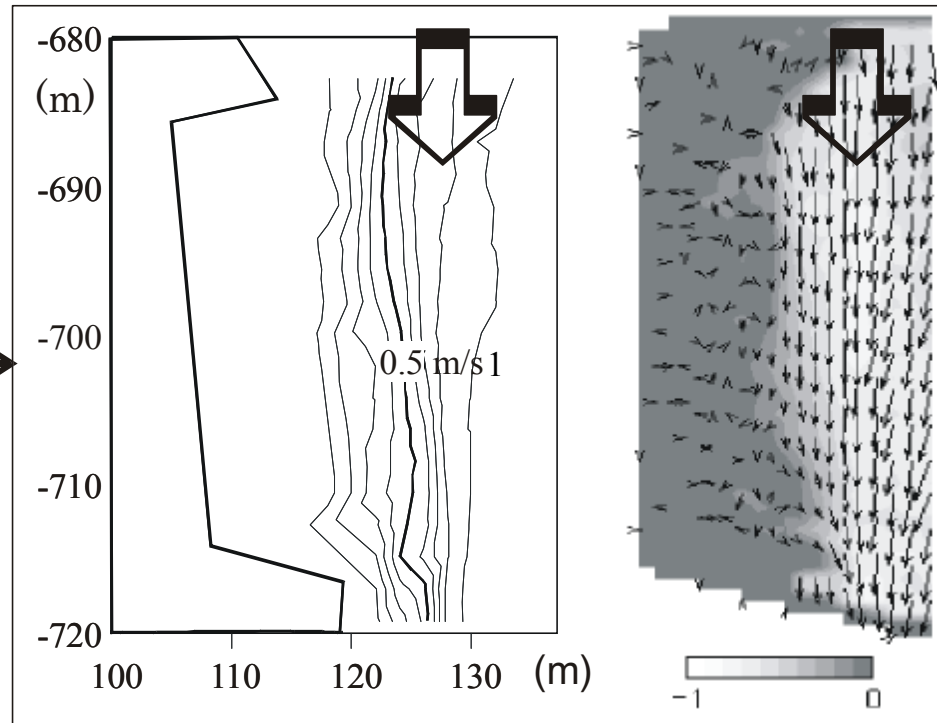
Deformisana slika
rečne deonice



Deo koji se obradjuje
se rektifikuje u X/Y
koordinatni
sistem



Forografije područja reke
koje se obradjuju



Izotahe površinskih brzina
nakon obrade fotografija

Vektori brzina u toku
(nijansa sive je dubina)

Δt

Bezkontaktno merenje protoka u kanalizaciji

2.1 Merenje površinske brzine - LSPIV

Prednosti metode:

- jeftina oprema
- kompletan raspored brzina na površini
- uklapanjem sa numeričkim modelom se dobija prilično tačan protok

Nedostatci metode:

- još uvek software nije savršen
- komplikovano postavljanje mernog sistema

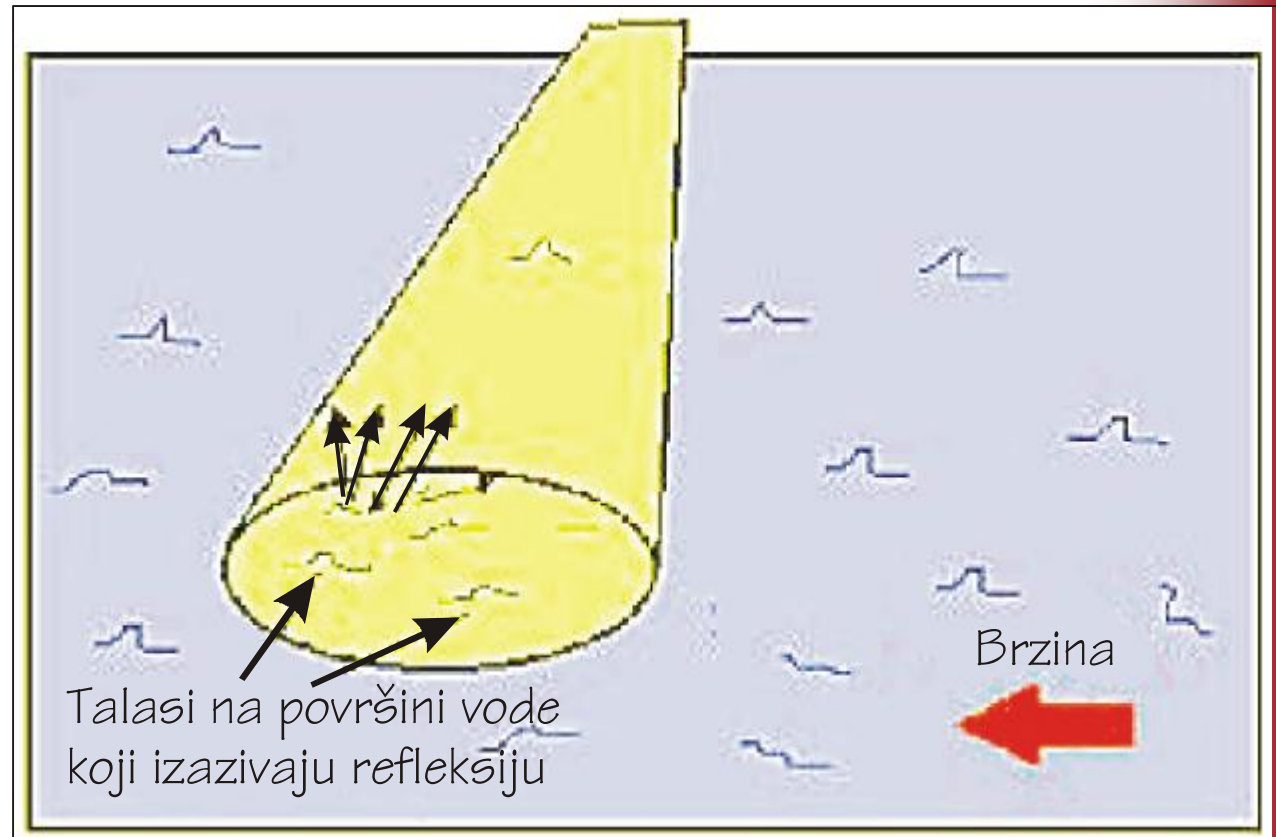
Bezkontaktno merenje protoka u kanalizaciji

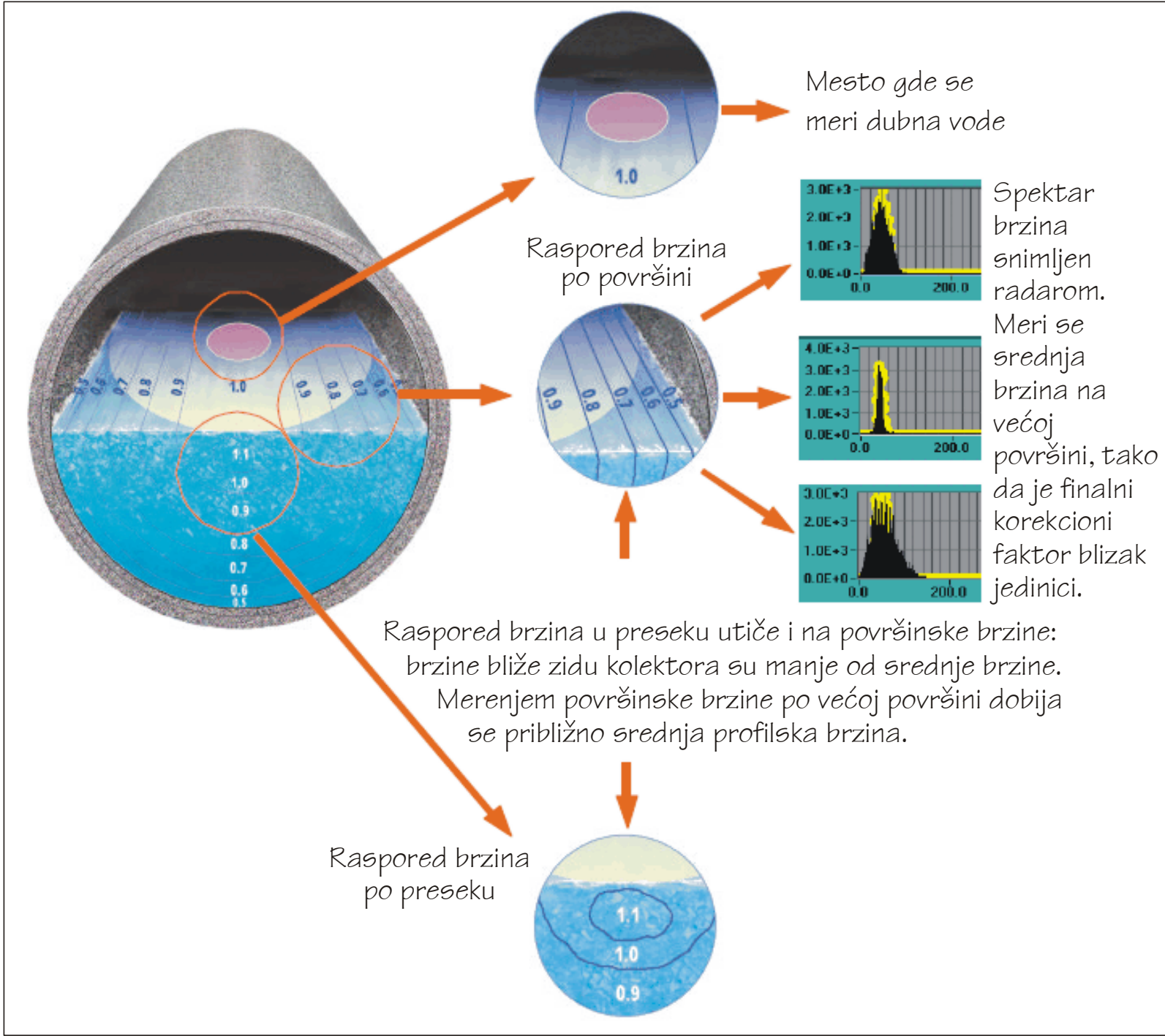
2.2 Merenje površinske brzine - Radarski

Merenje **Doplerovog pomaka** signala koji se **reflektuje sa površine vode**

Uslov:

Talasi koji reflektuju radarski zrak **putuju brzinom vode**

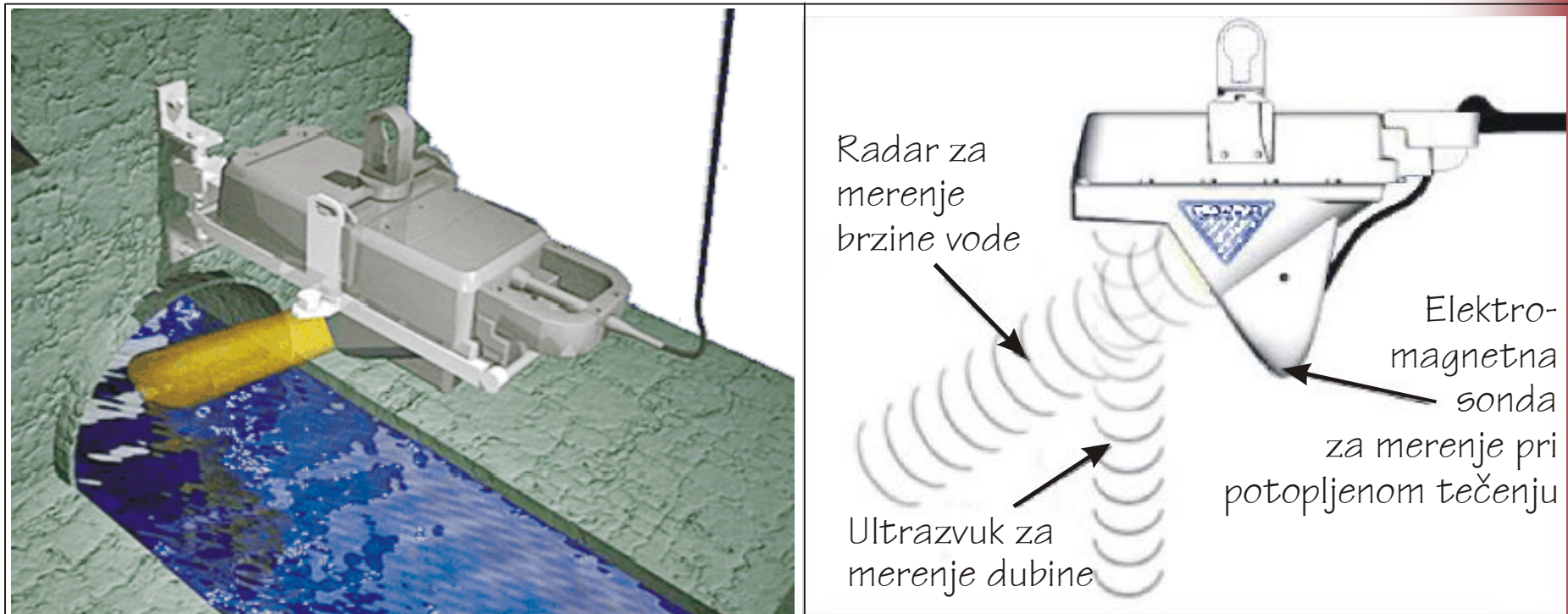




Bezkontaktno merenje protoka u kanalizaciji

2.2 Merenje površinske brzine - Radarski

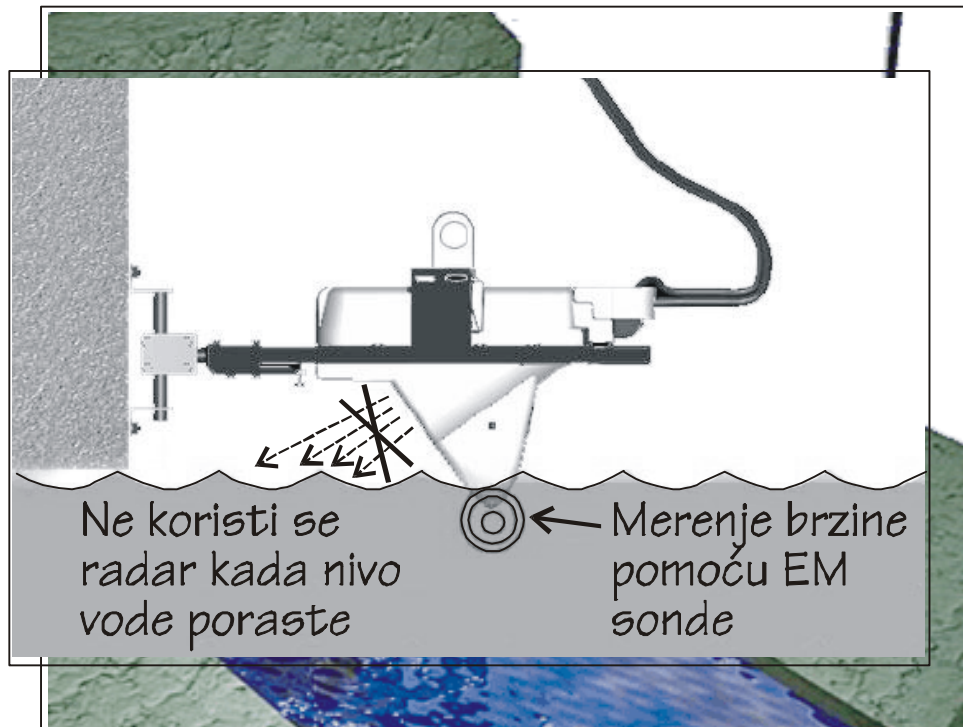
Način implementacije radarskog merenja u kanalizaciji – skica



Bezkontaktno merenje protoka u kanalizaciji

2.2 Merenje površinske brzine - Radarski

Način implementacije radarskog merenja u kanalizaciji – skica i **primer iz kolektora**





Ne
ra
vo

Bezkontaktno merenje protoka u kanalizaciji

2.2 Merenje površinske brzine - Radarski

Prednosti metode:

- jednostavna montaža (ne ulazi se u vodu)
- može da radi i kada je kolektor pod pritiskom
- tačnost zavisi od kalibracije

Nedostatci metode:

- skupa oprema (relativno, nema održavanja)
- za povratni tok potrebna još skuplja oprema
- mora postojati dovoljno dobrog “odjeka” – talasa

Bezkontaktno merenje protoka u kanalizaciji

Zaključak

- Merenje protoka u kanalizaciji je komplikovano, skupo ali i **neophodno**.
- Za svako merno mesto potrebno je napraviti **projekat**, analizu **optimalne merne metode**
- Tehnologija napreduje, radi se na opremi koja omogućava **bezkontaktno merenje protoka**
- Ali, **nema merne metode koja može da radi bez naknadne kalibracije**, po ugrađivanju na izabrani merni profil!
- Zato **projekat** mernog mesta mora da obuhvati i **način i opremu za povremenu kalibraciju**



Građevinski fakultet
Univerzitet u Beogradu
Srbija i Crna Gora



BEZKONTAKTNO MERENJE

**Zahvaljujem se na pažnji!
... a sada pitanja ...**

Doc. dr Dušan Prodanović
eprodano@hikom.grf.bg.ac.yu