



Građevinski fakultet Univerziteta u Beogradu

Institut za hidrotehniku

Merenje protoka vode na velikim cevovodima

Dušan Prodanović

Dragutin Pavlović



Opis problema

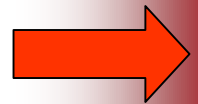
- Svaki Vodovod zna da ga zakon tera da vodomere redovno kontroliše, jer mu služe za direktnu naplatu od potrošača (ovo je **izlaz iz sistema**)
- **Ulaz u sistem**, na vodozahvatu, u bunaru nije obavezno merenje jer se nadoknade ne plaćaju prema zahvaćenoj vodi
- Promet **kroz sistem** nije obavezno meriti

Problem: velika merila, skupo,
nema zakona



Opis problema – mala i velika merila

- Mala merila protoka
 - **Vodomeri**
Obavezna kalibracija i pregled
- Velika merila protoka (veća od 300mm?)
 - **Elektromagnetna**
Svi znamo da treba kalibracija
Retko ko radi pregled – gde, kako?
 - **Ultrazvučna** (popularna ovih dana)
(Kažu) Nema kalibracije ni pregleda

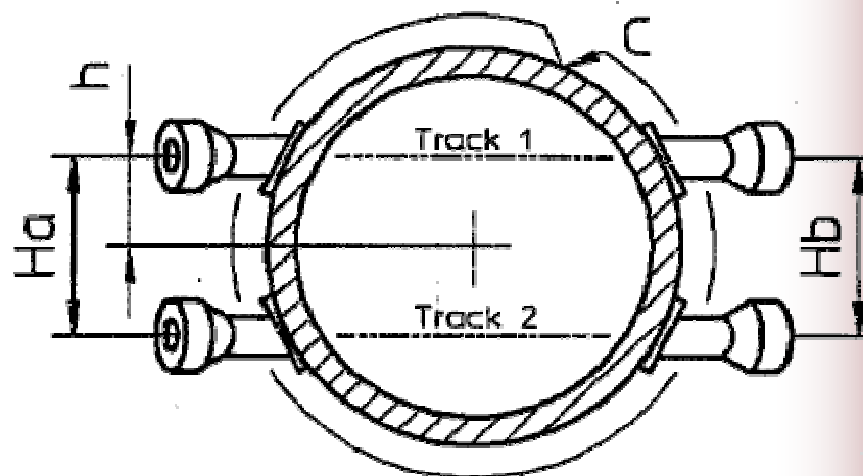
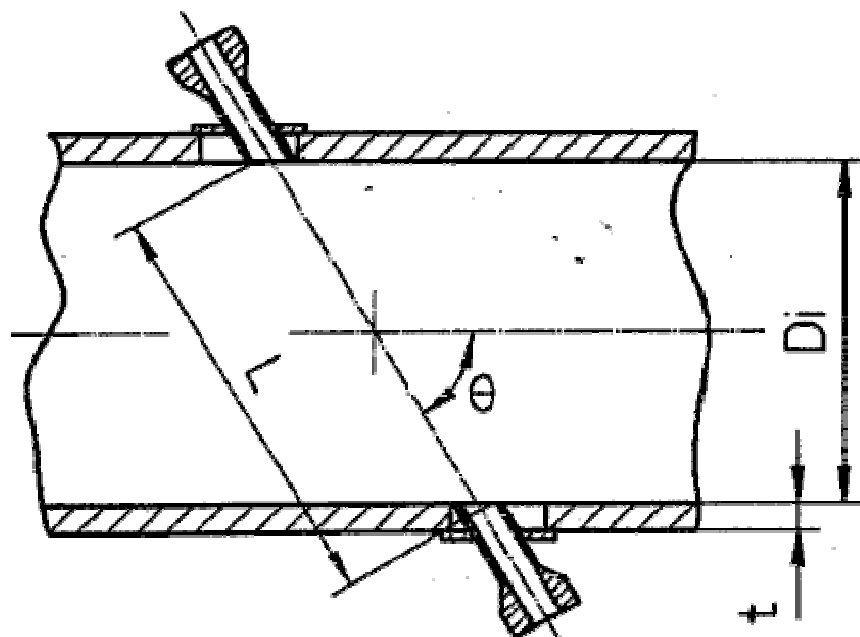




UZV sa ugradnjom na licu mesta

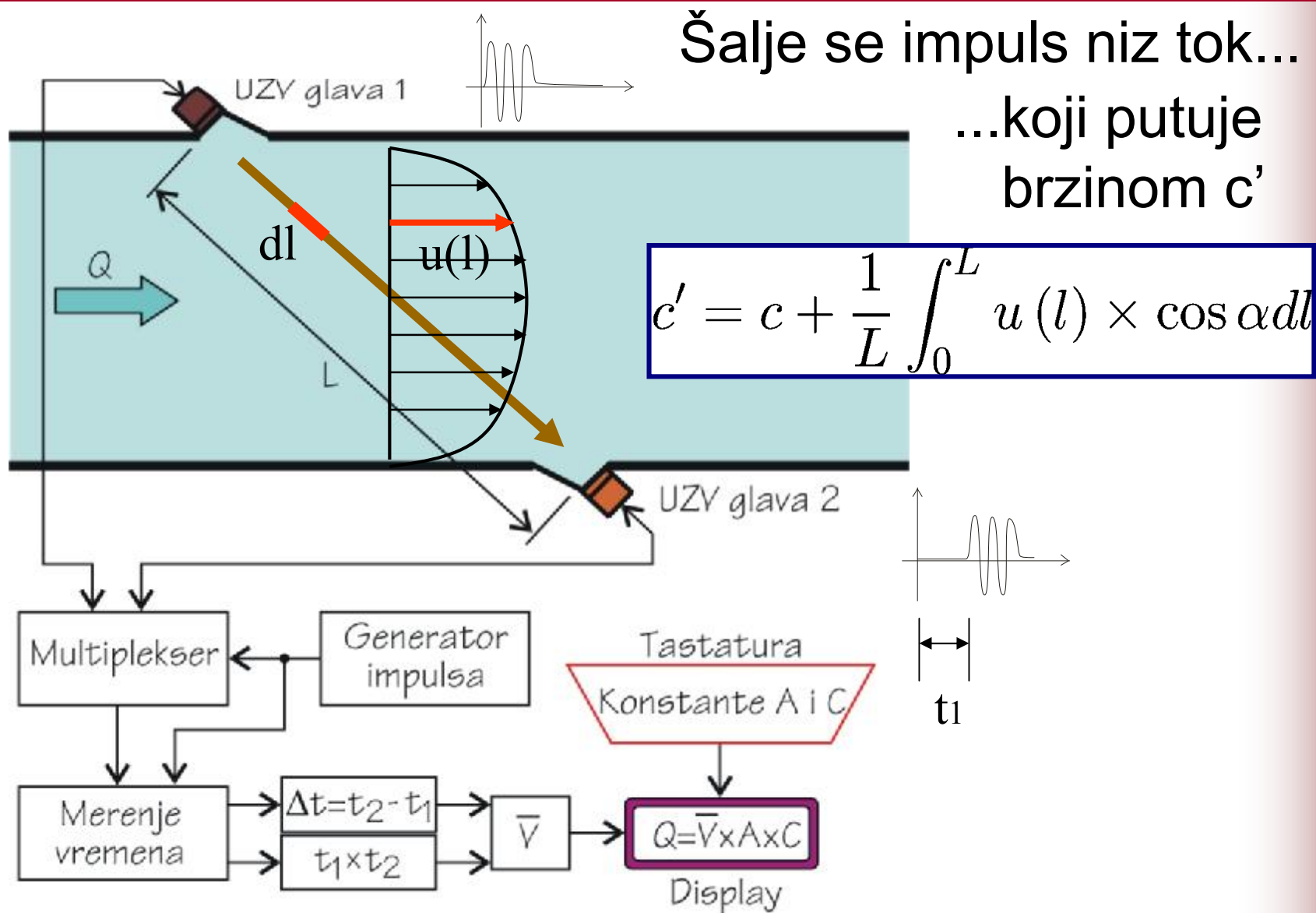
Tačnost **0.5%**
ne zahteva **šahlove**
ne zahteva **kalibraciju**
ne pije, ne puši, ...

...samo malo laže...



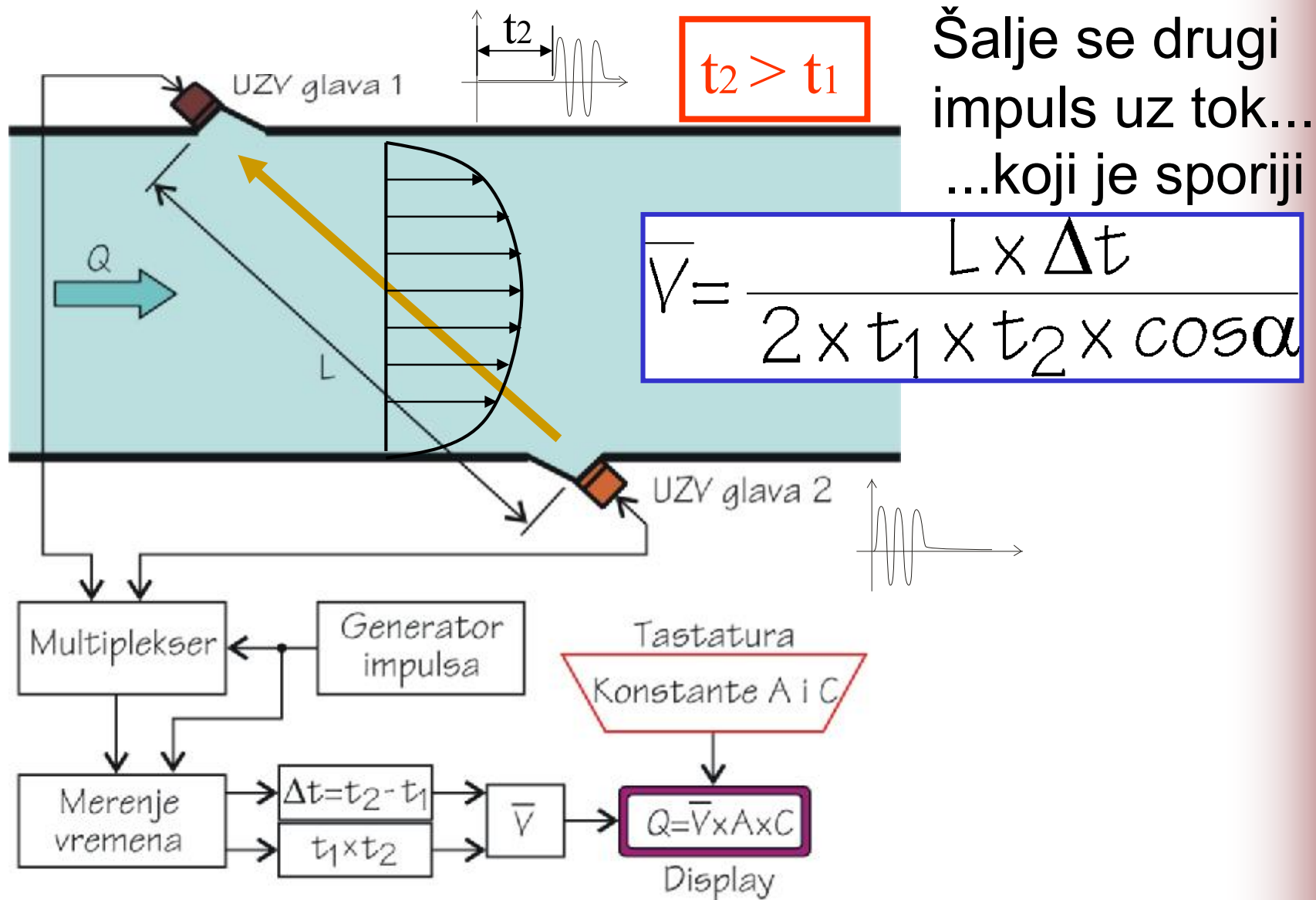


Transit Time metoda – princip rada





Transit Time metoda





Transit Time metoda

$$\bar{V} = \frac{L \times \Delta t}{2 \times t_1 \times t_2}$$

Apsolutna metoda:
Merena **brzina** zavisi samo
od vremena i dužine

A nama
treba
protok!

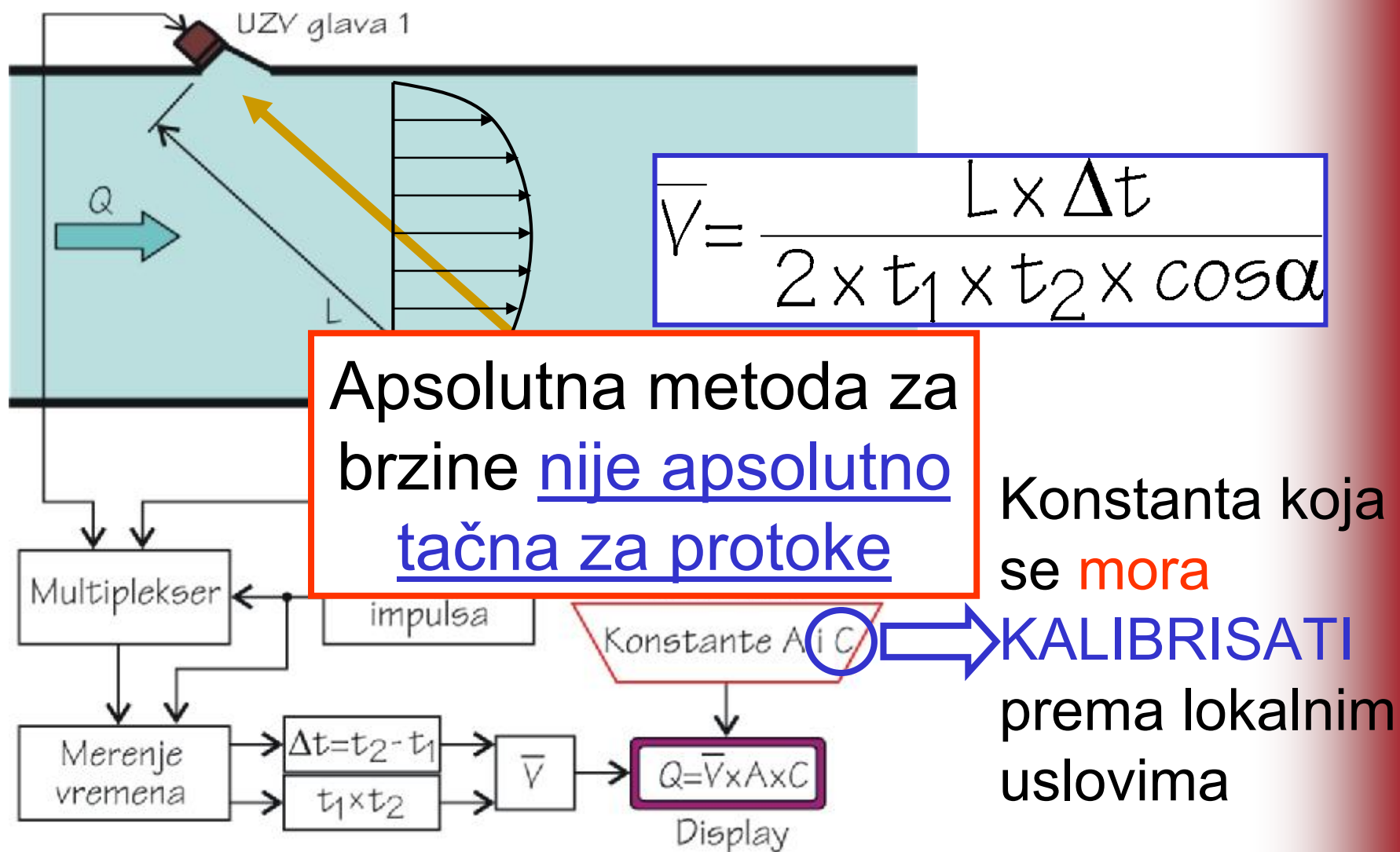
Ali koja **brzina** je merena?
Da li je to **srednja**
profilska brzina?

Ne!
Merena i **srednja**
profilska brzina su različite!

$$\bar{V} \neq \frac{Q}{A}$$



Transit Time metoda





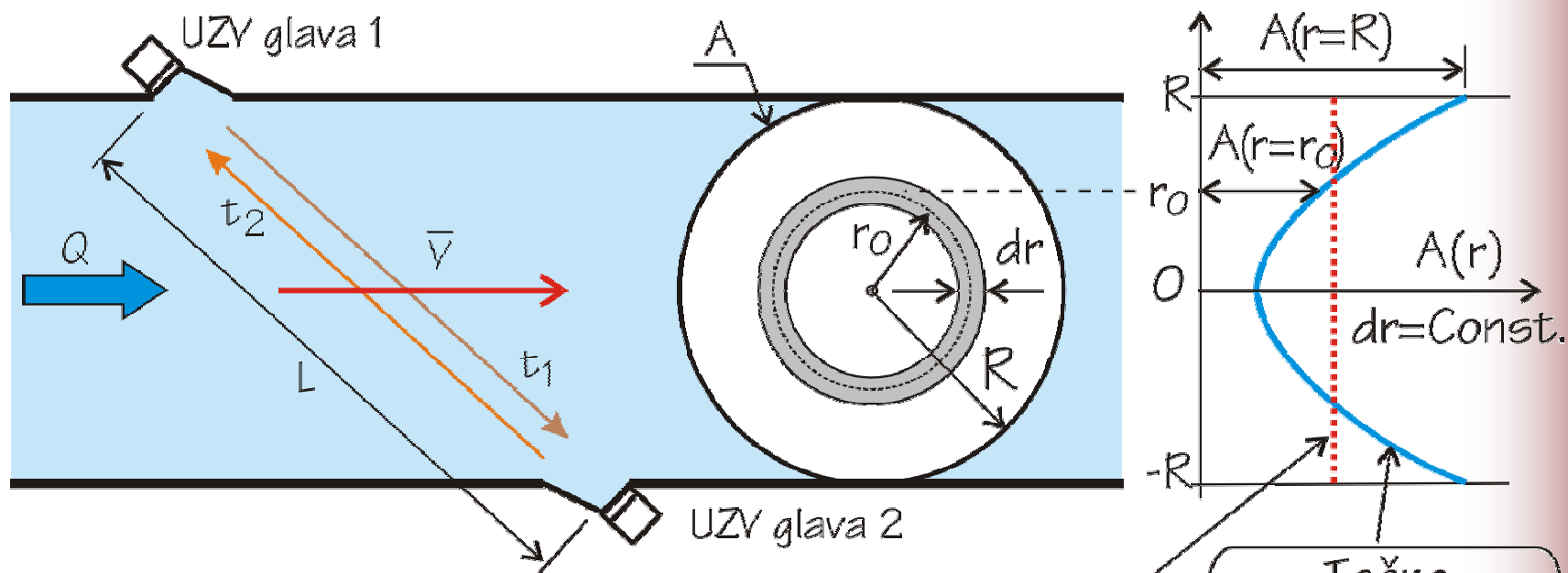
Transit Time metoda

- Zašto **brzina** koju izmeri UZV nije ista kao **srednja profilska**?
 - Zato što UZV ne uzima u obzir različite površine pripadajućih kružnih prstenova po preseku cevi:

Veću površinu zauzima prsten bliže zidu cevi nego u sredini cevi



Transit Time metoda



UZV ovako osrednjava (linearno!)

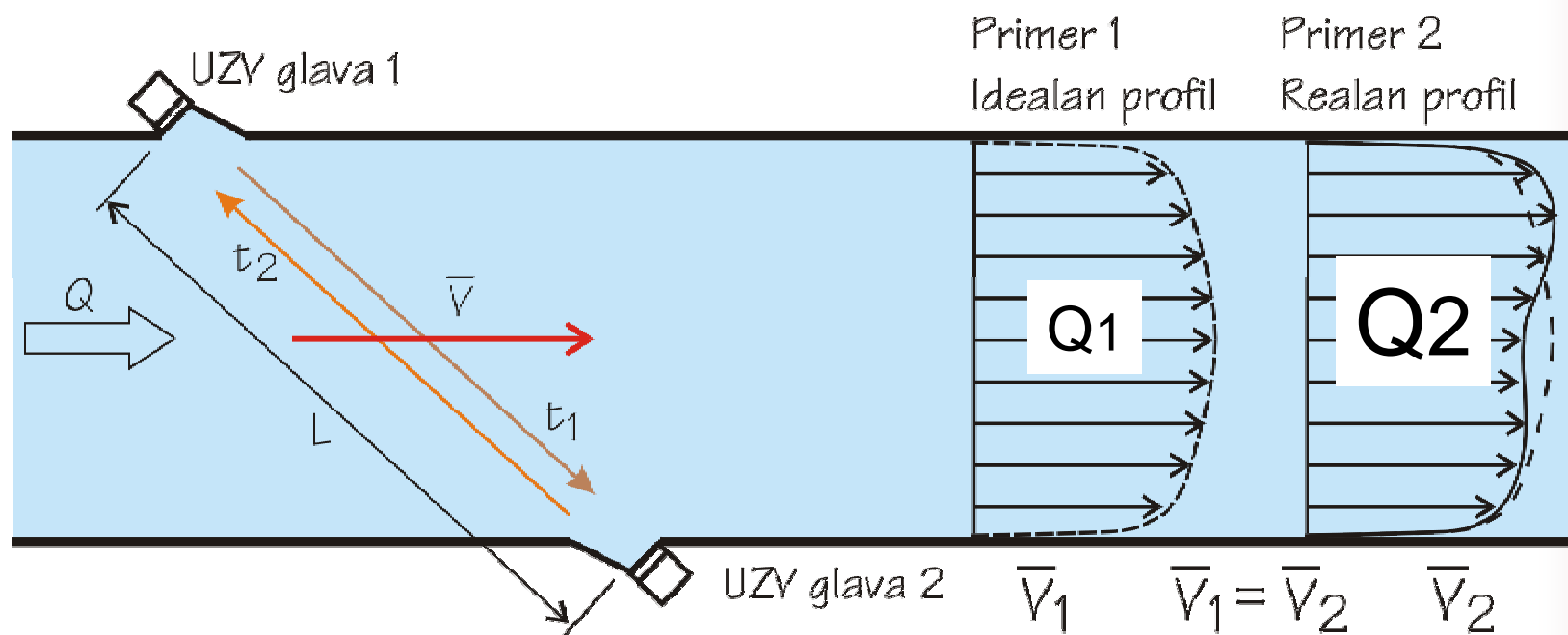
$$c' = c + \frac{1}{L} \int_0^L u(l) \times \cos \alpha dl$$

Tačno
osrednjavanje
sa promenljivim
koeficijentima

Ovde nema nigde promenljivog doprinosa
brzini zvuka c' u **funkciji poluprečnika cevi!**



Transit Time metoda

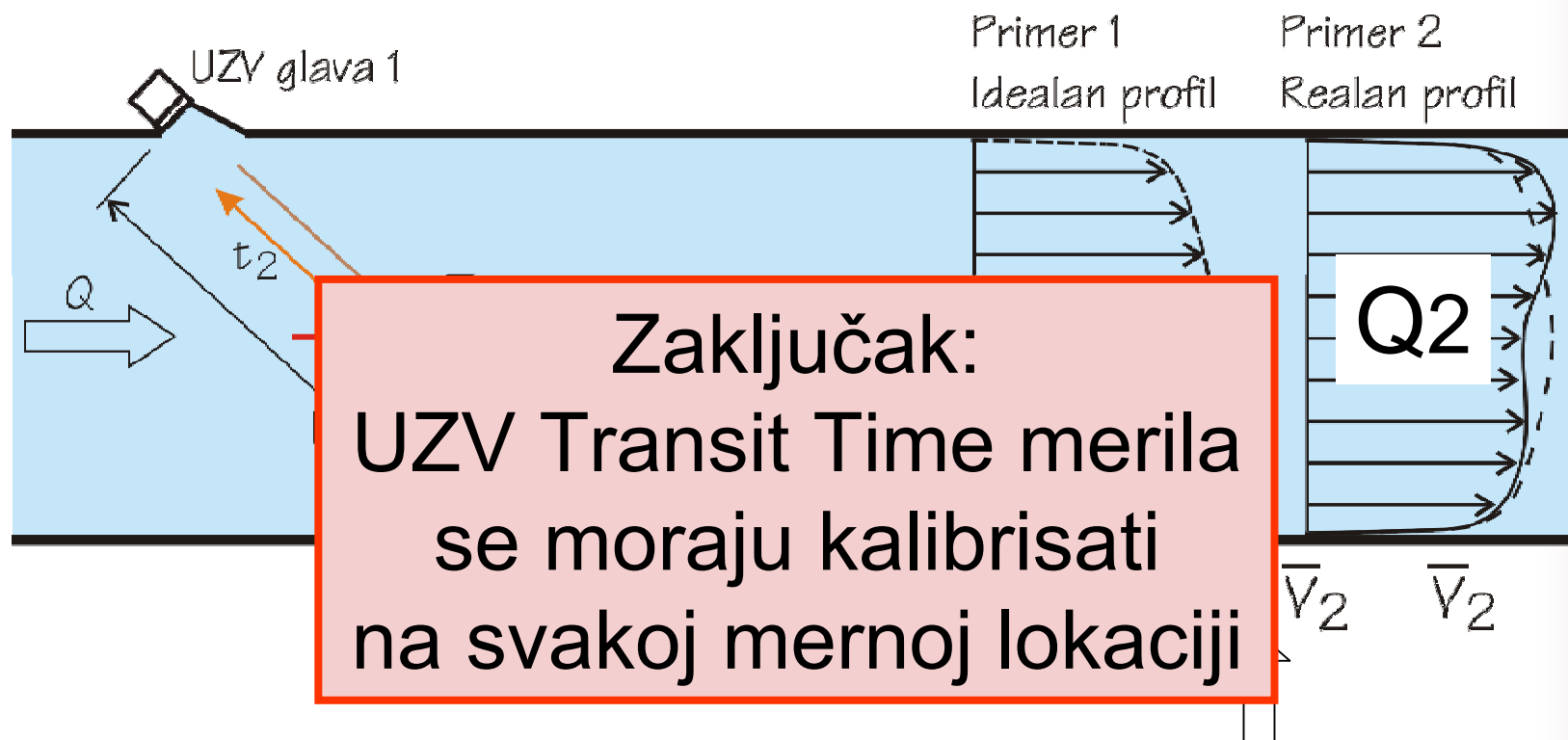


UZV će ovako izmeriti

A treba $Q_1 < Q_2$



Transit Time metoda



UZV će ovako izmeriti

A treba $Q_1 < Q_2$

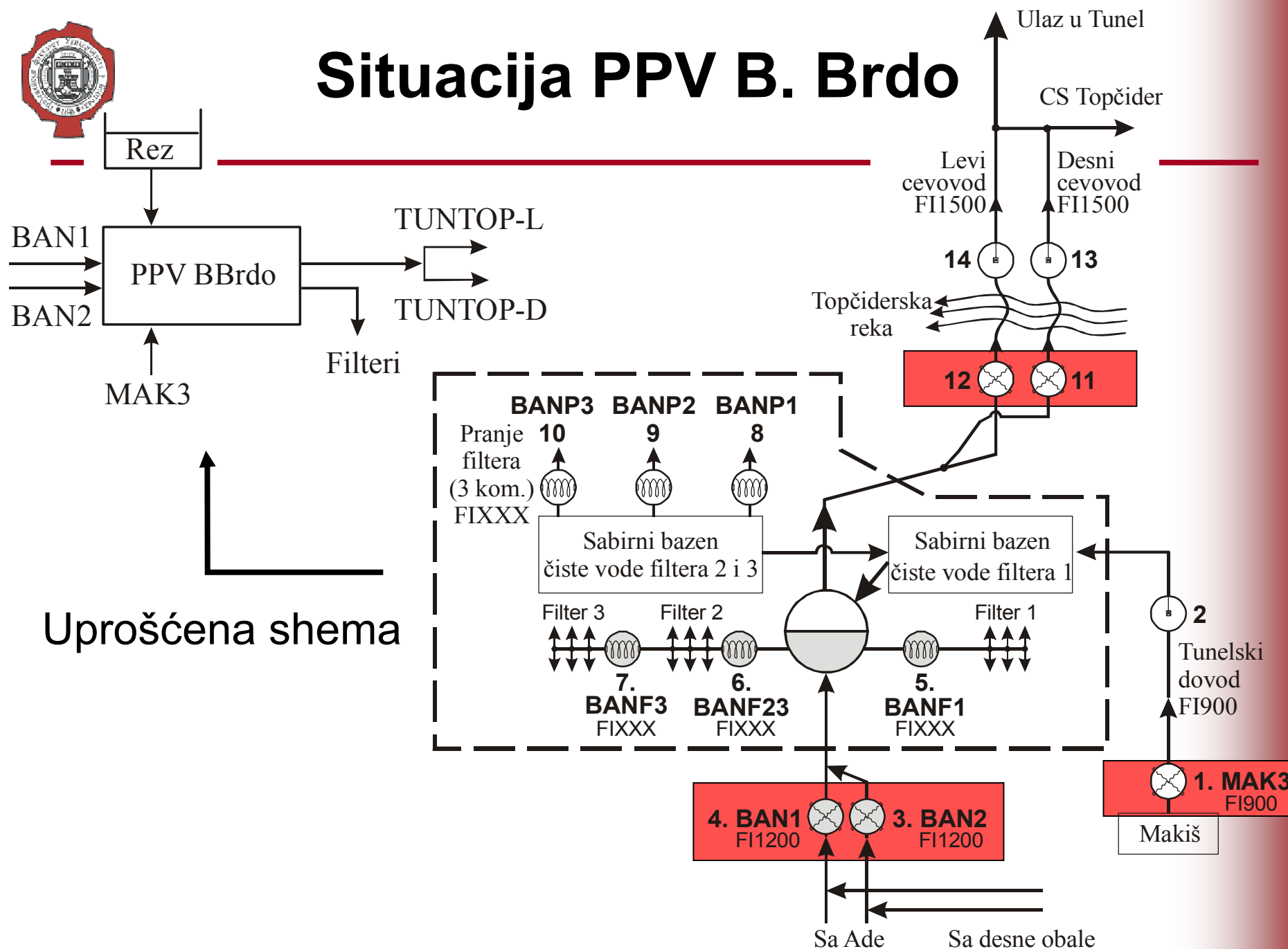


Primer provere UZV merila

- Za ilustraciju problema, daje se rezultat obavljenih **merenja na PPV Banovo Brdo**
- Banovo Brdo je i značajan hidrotehnički čvor
- Problem na Banovom Brdu: nakon ugradnje merila na ulazima i izlazima, ispalo je da **iz sistema izlazi više vode nego što ulazi....**

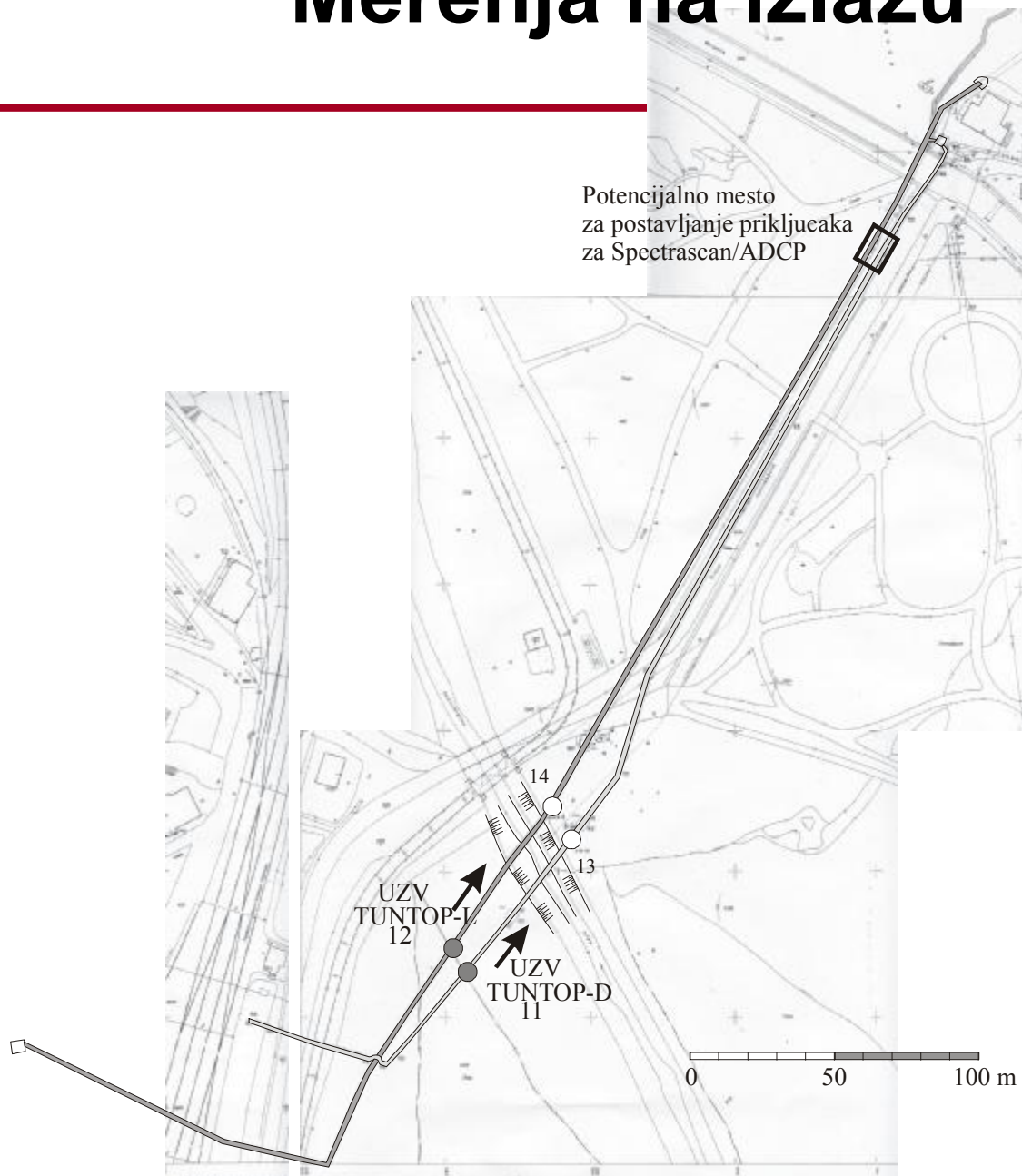


Situacija PPV B. Brdo





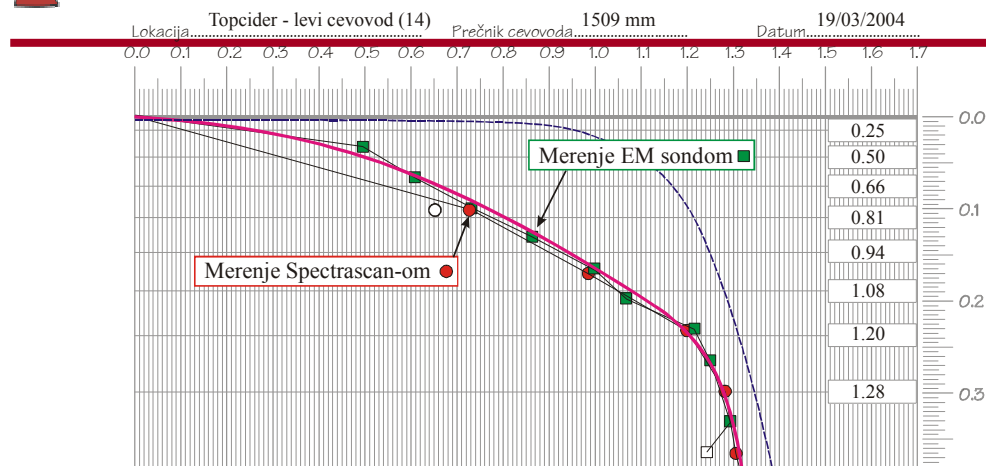
Merenja na izlazu



...na ključnoj
lokaciji – ulazu
u Tunel, u
Topčiderskoj
dolini

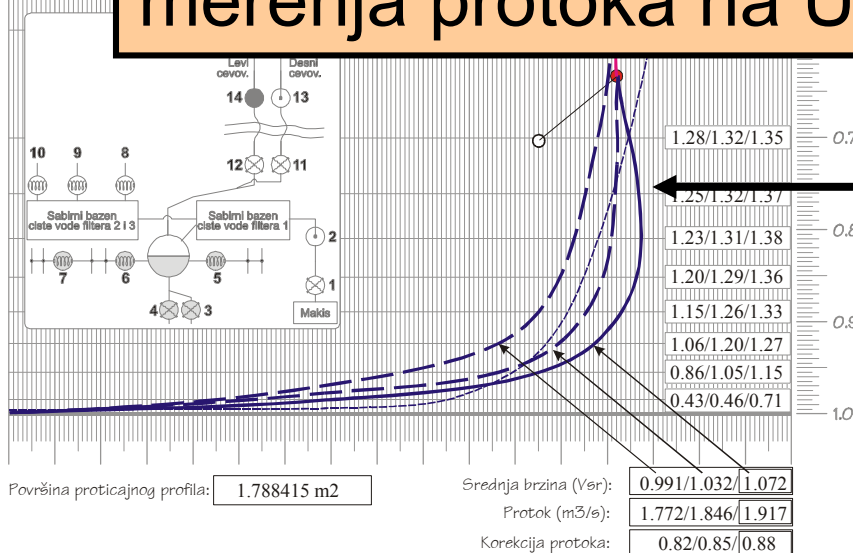


Profil brzina 1.



Rađena istovremena merenja sa dve sonde na dovodu ka Tunelu

$Q = Q \cdot 0.88$ a trebalo bi da je greška merenja protoka na UZV manja od 0.5%

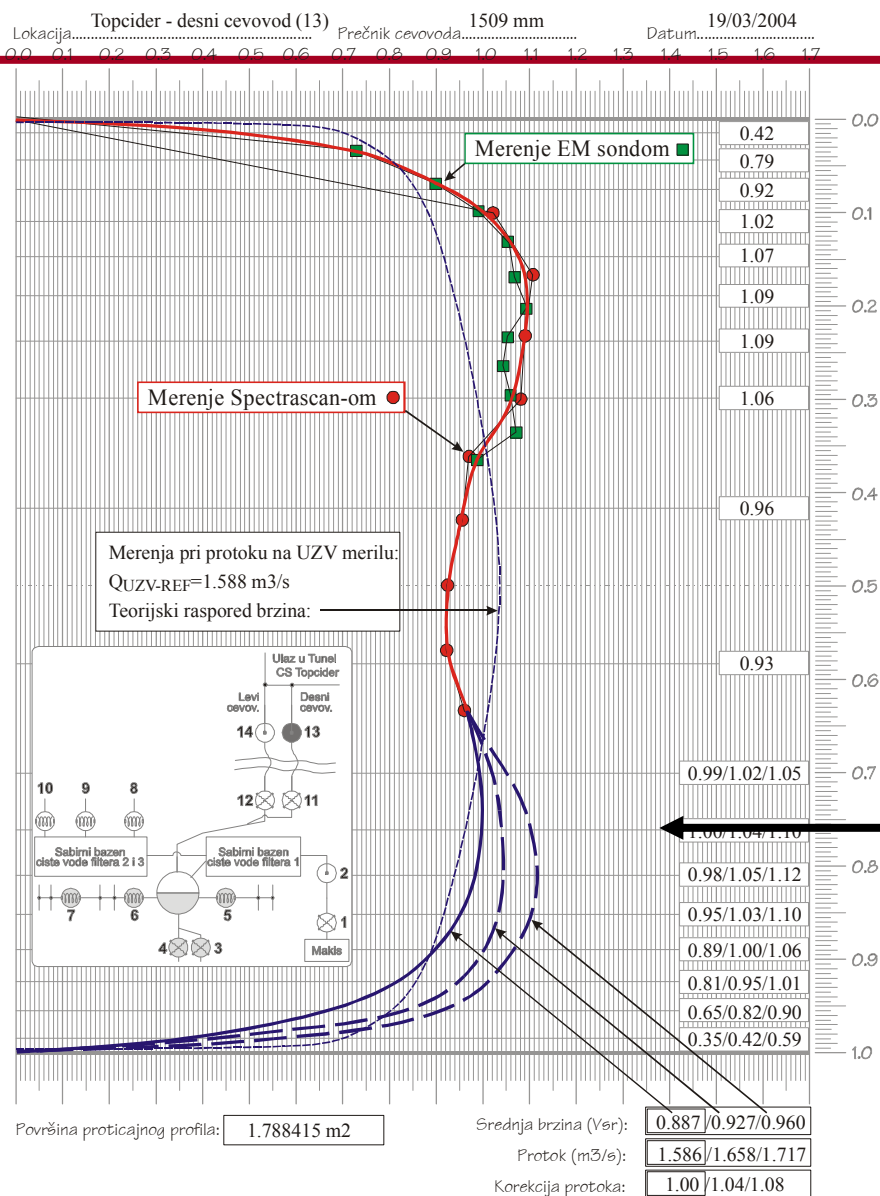


Ekstrapolacija tamo gde nije moglo da se meri

Protok na UZV- znatno veći od najveće varijante ekstrapolacije



Profil brzina 2.



Na drugoj cevi
su rezultati bolji

Ekstrapolacija tamo gde
nije moglo da se meri

Protok na UZV je OK!



I na kraju bilans...

Vrsta	Merilo	Q_{SrDnev} [L/s]	$Q_{KORIGOVANO}$ [L/s]
Ulaz	BAN1	+1037.8	+1017.0
Ulaz	BAN2	+1336.3	+1309.5
Ulaz	MAK3	+1729.2	+1711.9
Ulaz	Rezervoar	+12.0	+12.0
Izlaz	BANF	-129.6	-129.6
Izlaz	TUNTOP-D	-1777.6	-1777.6
Izlaz	TUNTOP-L	-2380.4	-2094.8
Ukupno		-172.3	+48.4

Neodređenost u određivanju protoka, za 0.5% merila, je

$$\delta Q = \sqrt{5.2^2 + 6.7^2 + 8.6^2 + 0.1^2 + 0.6^2 + 8.9^2 + 11.9^2} = 19 \text{ L/s}$$



Zaključak

- Nema **idealnog** merila protoka
- Velika merila protoka moraju imati predviđene **alternativne metode za proveru**
- Nedostaju **zakoni**
Naredba o obaveznoj upotrebi određene vrste merila u prometu vode za piće (zakonski osnov čl. 52. Zakona)
Uputstvo za pregled merila na mestu korišćenja
- Ima iskustva ali **nedostaje oprema**



Zaključak

- Nema **idealnog** merila protoka
- Velika merila protoka moraju imati predviđene **alternativne metode za proveru**

- Neodgovor na pitanje: **Kada ste zadnji put proverili vašu merila protoka?** (Navedite datum i mesto pregleda, prema čl. 52. Zakona)

Uputstvo za pregled merila na mestu korišćenja

- Ima iskustva ali **nedostaje oprema**



Građevinski fakultet Univerziteta u Beogradu

Institut za hidrotehniku

Merenje protoka vode na velikim cevovodima

Dušan Prodanović

Dragutin Pavlović