

**Повећање тачности мерења
нивоа воде капацитивном
сондом са применом на
хидрауличкој анализи
водостана са пригушивачем**

Предраг Војт



Увод

- Капацитивне сонде (тачност и стабилност)
- Водостани (узводни гранични услов није константан)



Опште о капацитивним сондама

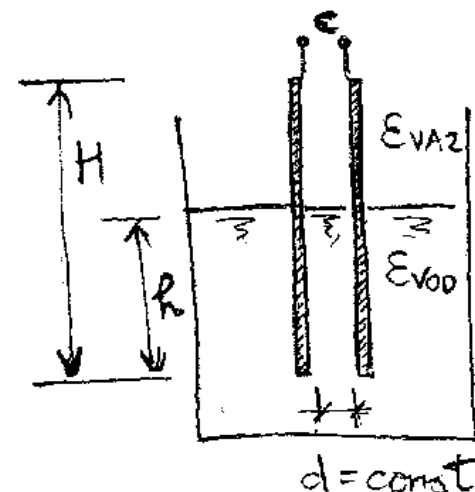
- Група мерних претварача
- Електрични претварачи
- Неопходна калибрација
- Принцип - промена капацитивности



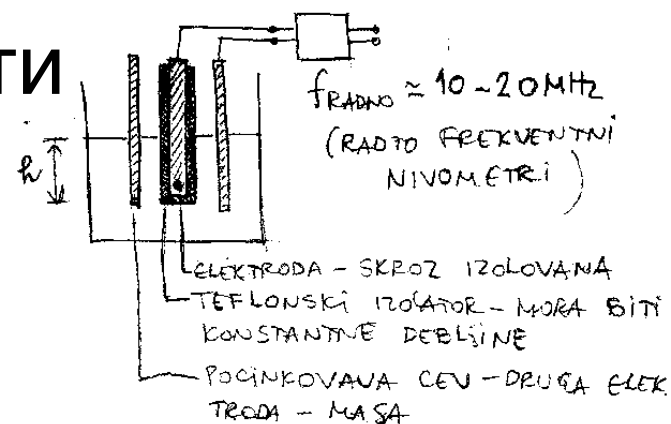
Принцип рада капацитивне сонде

- Различите диелектричне константе

$$C = C_0 \left[1 + K(\epsilon_{\text{vod}} - 1) \frac{h}{H} \right]$$



- Мерење капацитивности



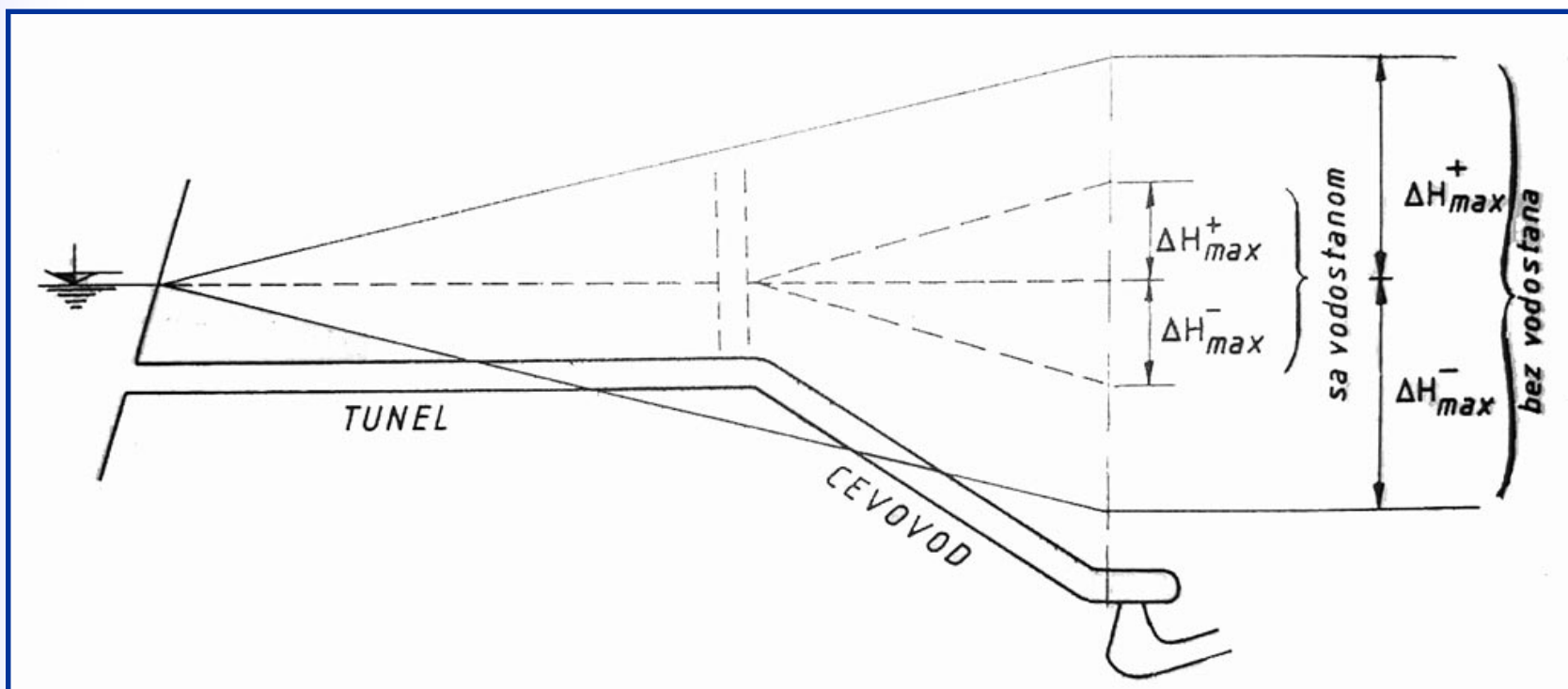


Улога водостана у систему

- Да сачувају доводну и одводну деривацију под притиском од хидрауличког удара
- Да смање удар у цевоводу
- Да олакшају регулисање турбине (пумпе) у нестационарним условима
- Да учине економичнијим довод и одвод (уколико је под притиском)



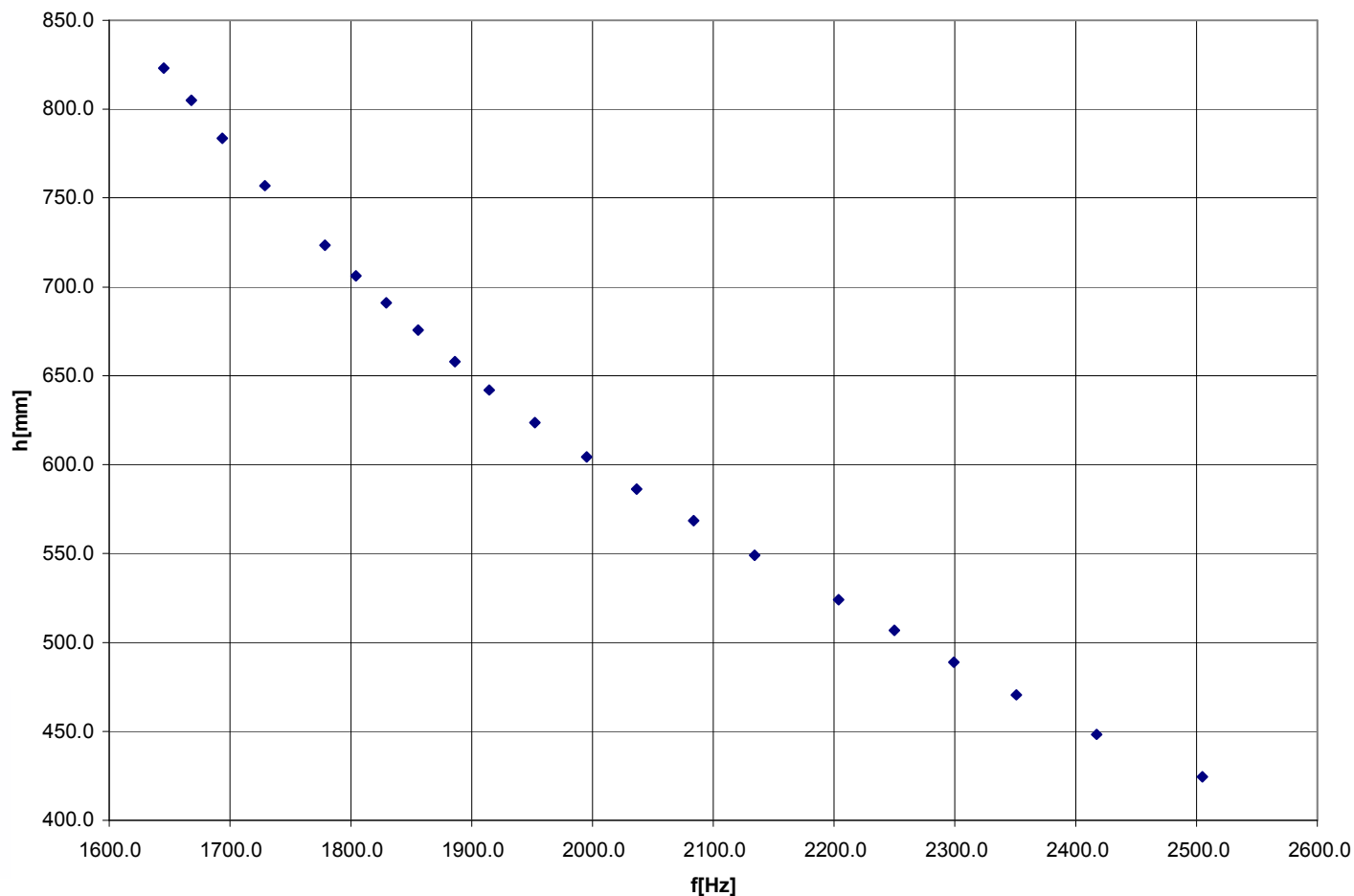
Шема хидрауличког удара са и без водостана





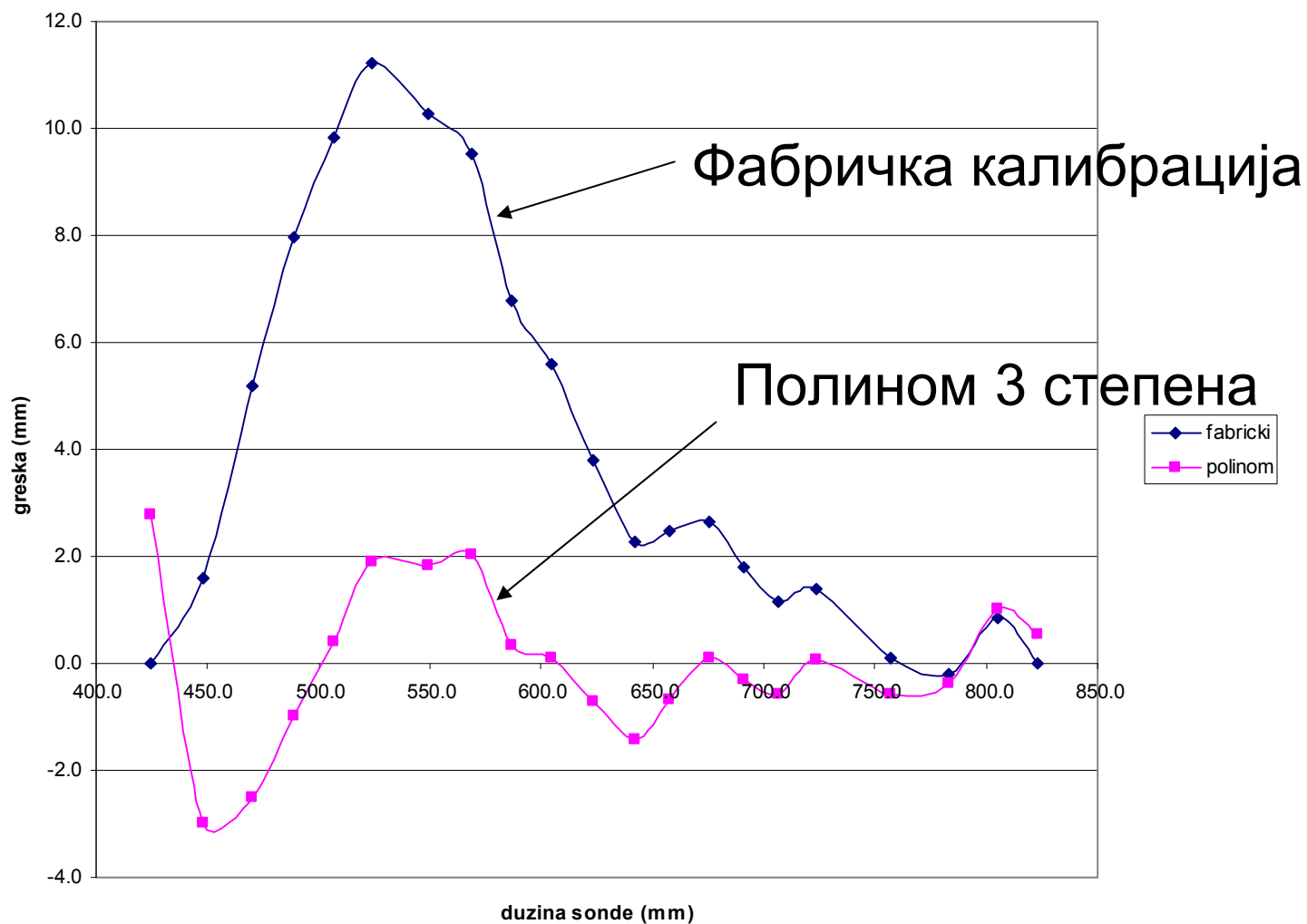
Калибрација капацитивне сонде

- Мерење f - h при константној температури



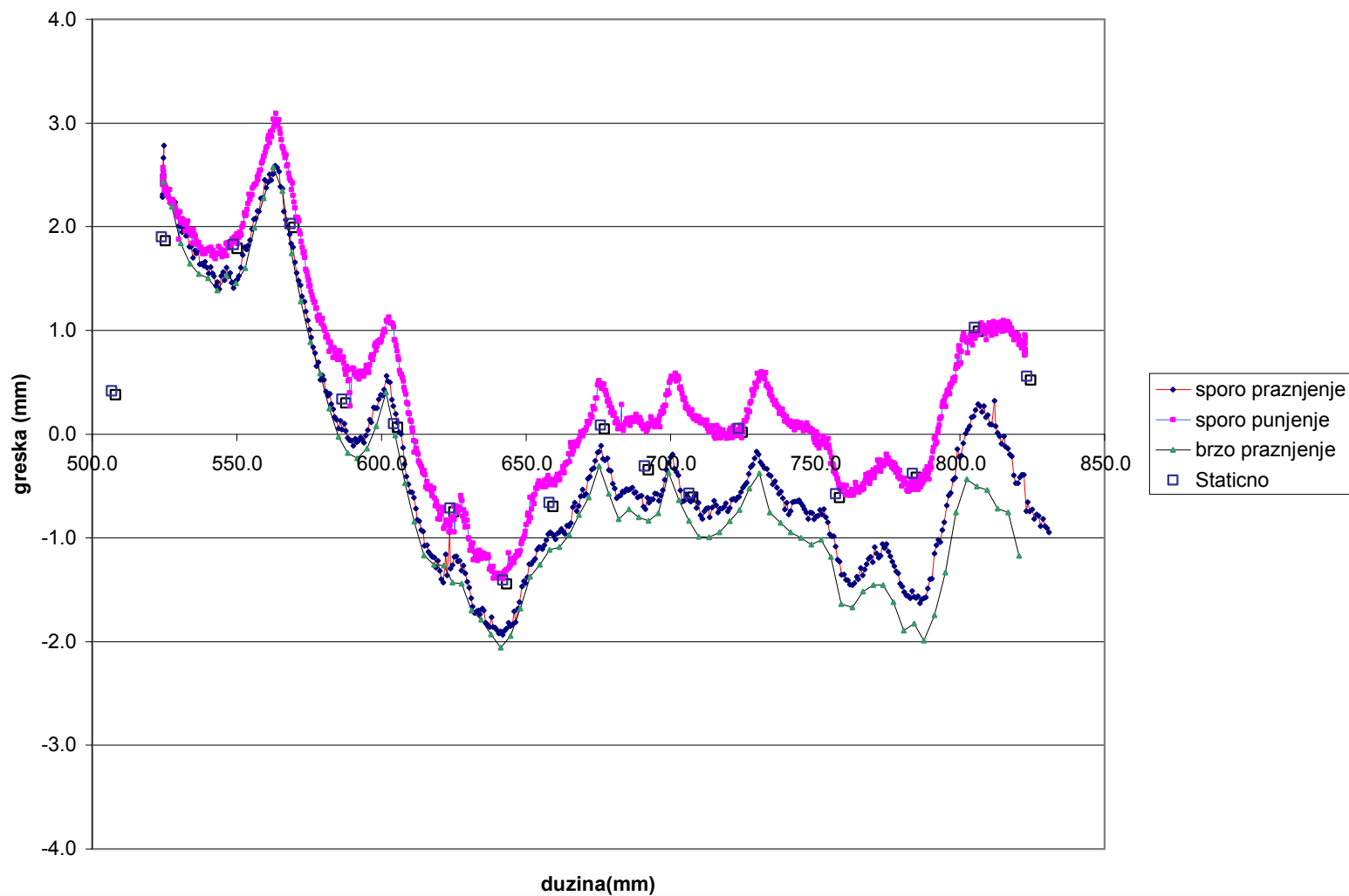


Грешка при константној температури



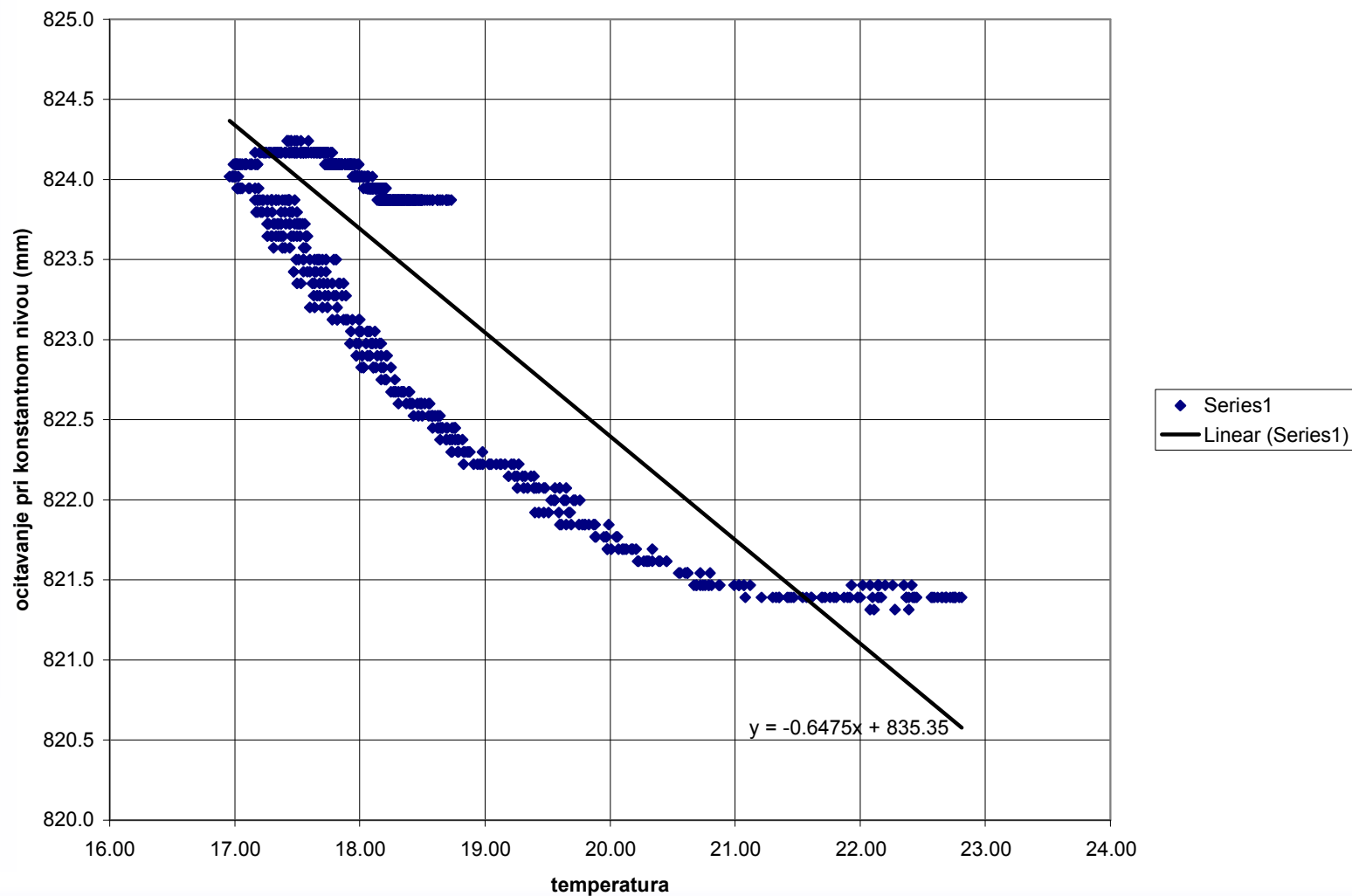


Утицај капиларности при кретању течности





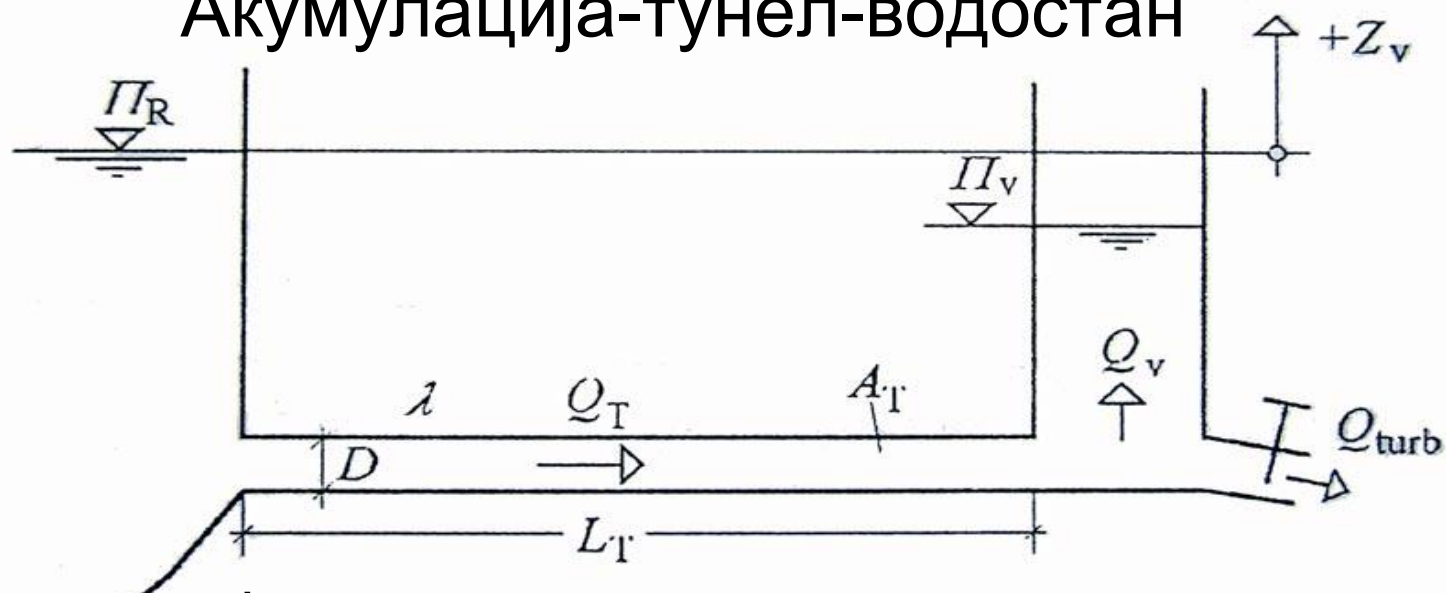
Утицај температуре





Основна шема

Акумулација-тунел-водостан



Динамичка једначина за воду у тунелу

$$\frac{dQ_T}{dt} = \frac{g \cdot A_T}{L} \cdot (\Pi_R - \Pi_V) - \frac{2 \cdot \lambda}{\pi \cdot D^3} \cdot Q_T \cdot |Q_T|$$

Једначина континуитета за чвор у коме је водостан

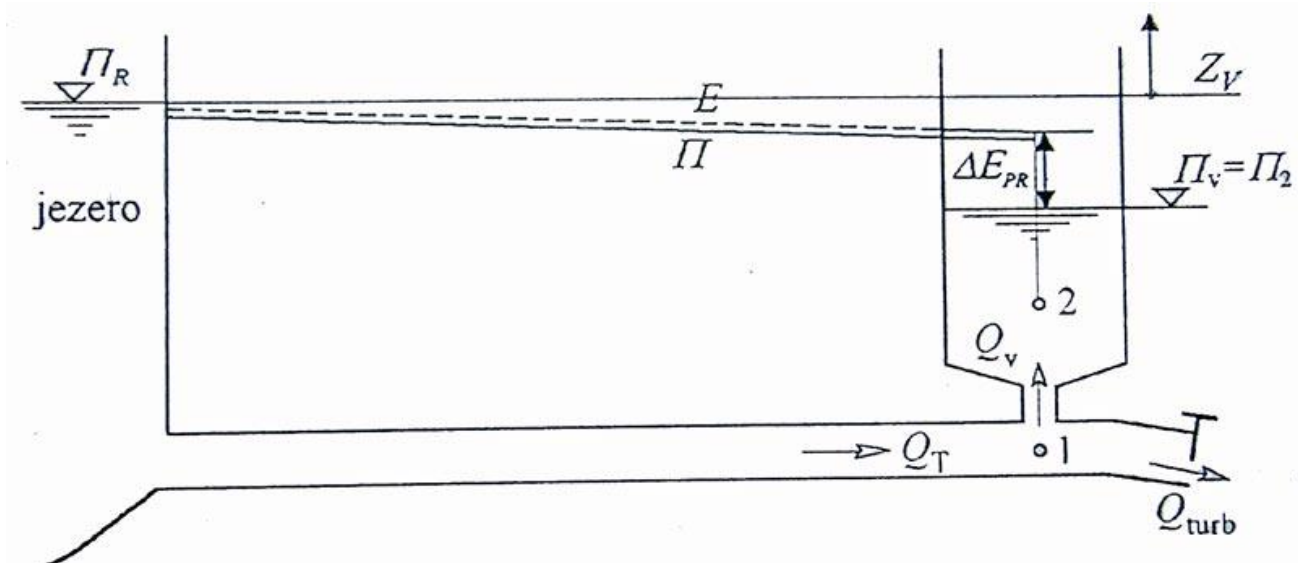
$$Q_T = Q_v + Q_{turb}$$

Промена нивоа водостан

$$\frac{d\Pi_V}{dt} = \frac{1}{A_V} (Q_T - Q_{turb})$$



Водостан са пригушивачем



- Бернулијева једначина

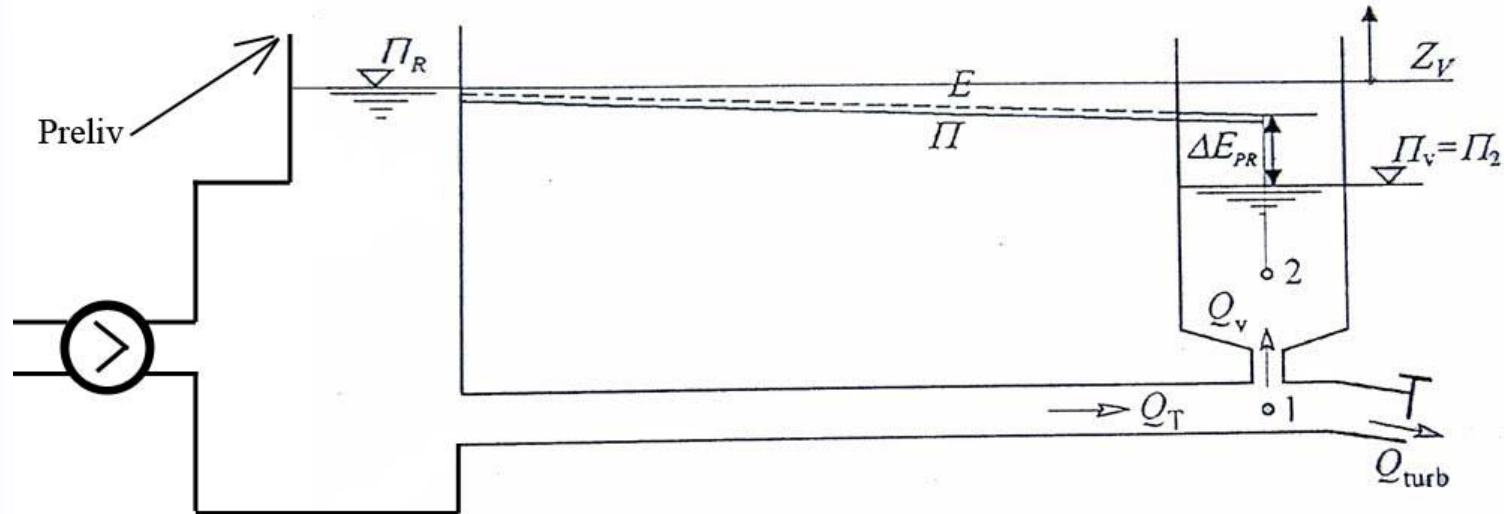
$$\Pi_1 = \Pi_2 + \Delta E_{PR} = \Pi_2 + \xi_{PR} \frac{Q_V |Q_V|}{2gA_{PR}^2}$$

- Динамичка једначина

$$\frac{dQ_T}{dt} = \frac{g \cdot A_T}{L} \cdot (\Pi_R - \Pi_V - \xi_{PR} \frac{Q_V |Q_V|}{2gA_{PR}^2}) - \frac{2 \cdot \lambda}{\pi \cdot D^3} \cdot Q_T \cdot |Q_T|$$



Систем у лабораторији



- Једначина континуитета за резервоар

$$\frac{d\Pi_R}{dt} A(\Pi_R) = Q_{DOT} - Q_{TUN}$$

- Једначина континуитета за водостан

$$\frac{d\Pi_V}{dt} = \frac{1}{A_V} (Q_T - Q_{turb})$$

- Динамичка једначина за тунел

$$\frac{dQ_T}{dt} = \frac{g \cdot A_T}{L} \cdot (\Pi_R - \Pi_V - \xi_{PR} \frac{Q_V |Q_V|}{2gA_{PR}^2}) - \frac{2 \cdot \lambda}{\pi \cdot D^3} \cdot Q_T \cdot |Q_T|$$



Нумерички модел

- Ојлерова метода

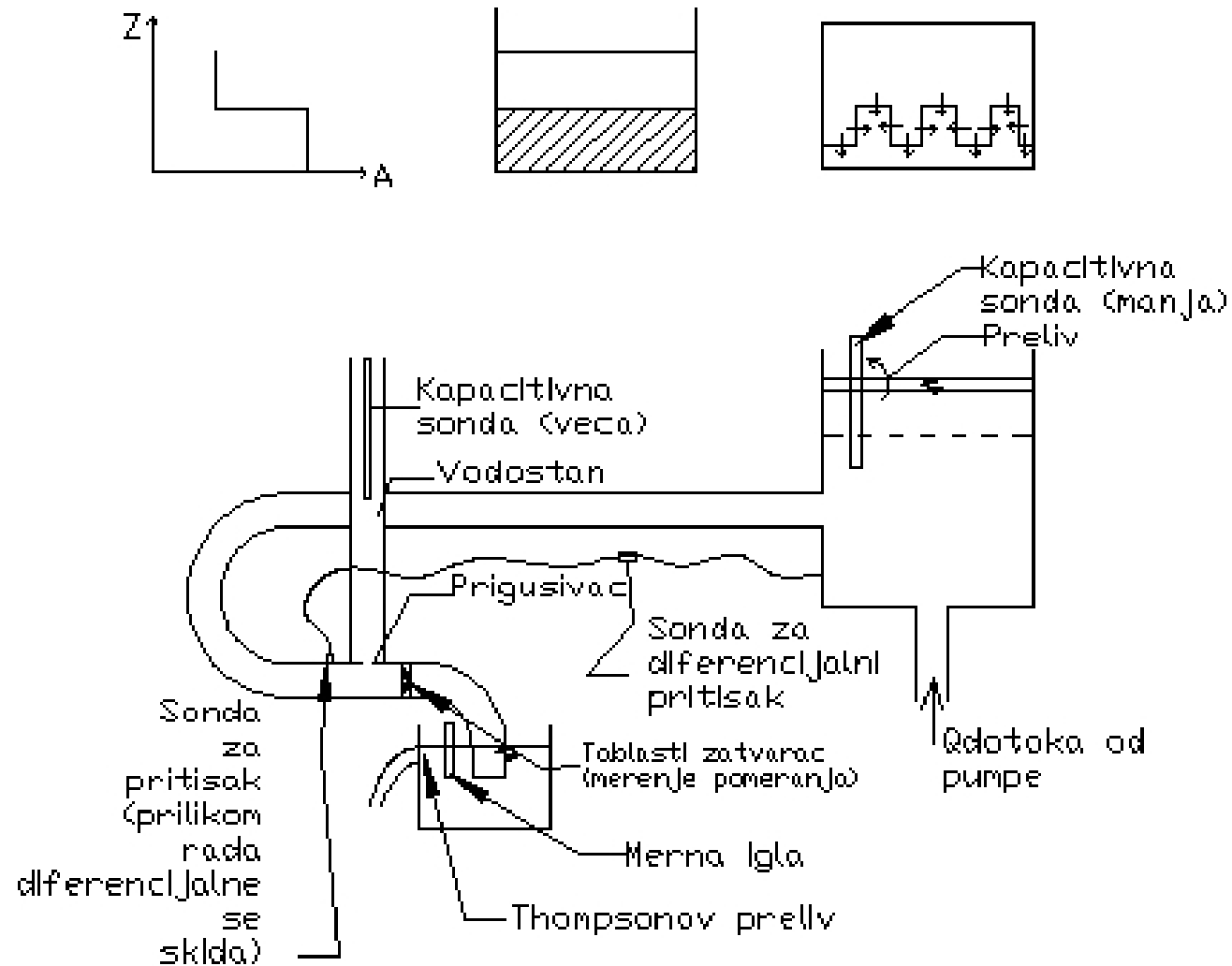
$$\Pi_V^{n+1} = \Pi_V^n + \frac{Q_V^n}{A_V} \Delta t$$

$$\Pi_R^{n+1} = \Pi_R^n + \frac{Q_{DOT}^n - Q_{TUN}^n}{A(\Pi_R^n)} \Delta t$$

$$Q_T^{n+1} = \Delta t \left(\frac{g \cdot A_T}{L} \cdot \left(\frac{\Pi_R^{n+1} + \Pi_R^n}{2} - \frac{\Pi_V^{n+1} + \Pi_V^n}{2} - \xi_{PR} \frac{Q_V^n |Q_V^n|}{2gA_{PR}^2} \right) - \frac{2 \cdot \lambda}{\pi \cdot D_T^3} \cdot Q_T^n \cdot |Q_T^n| \right) + Q_T^n$$

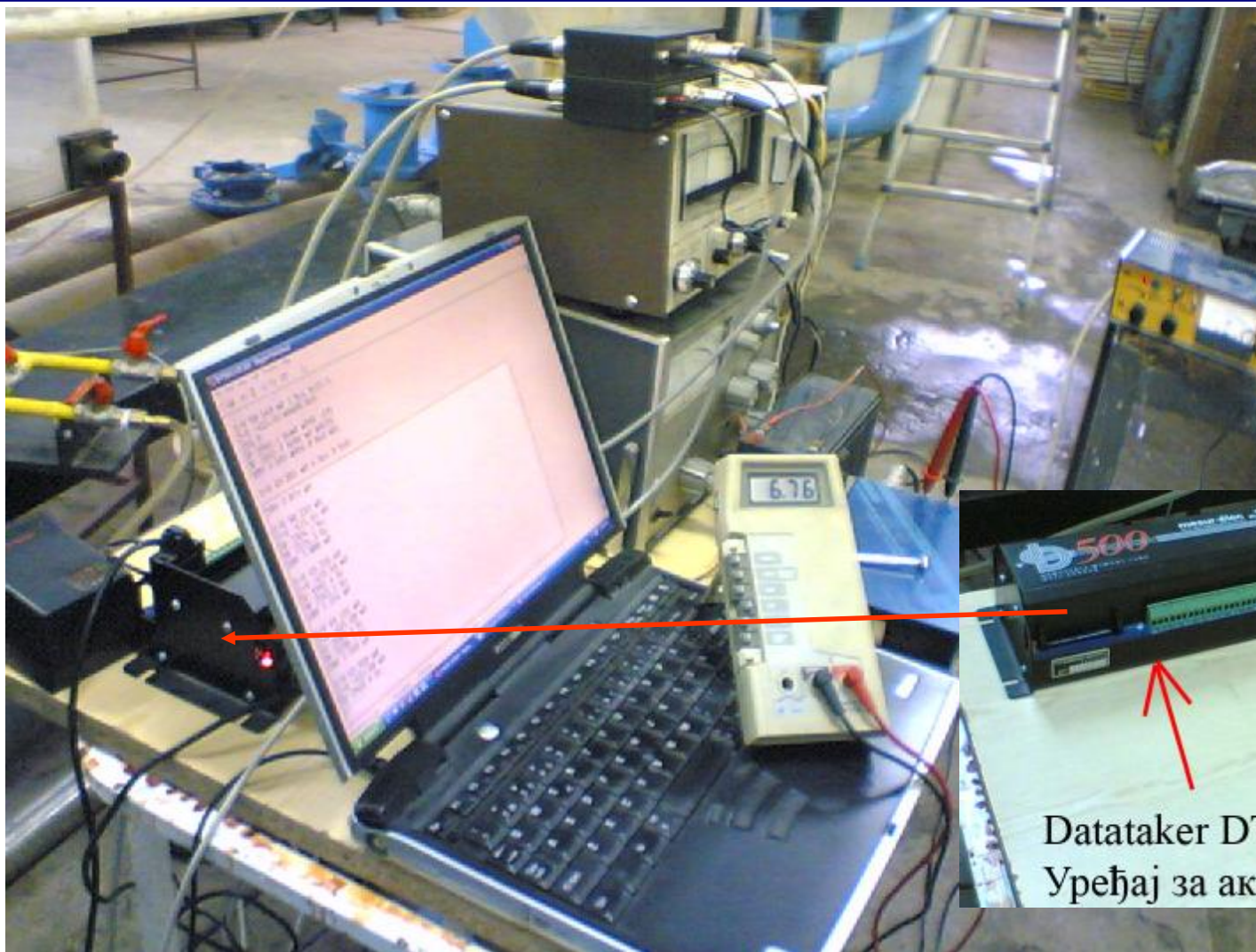


Merila mesta





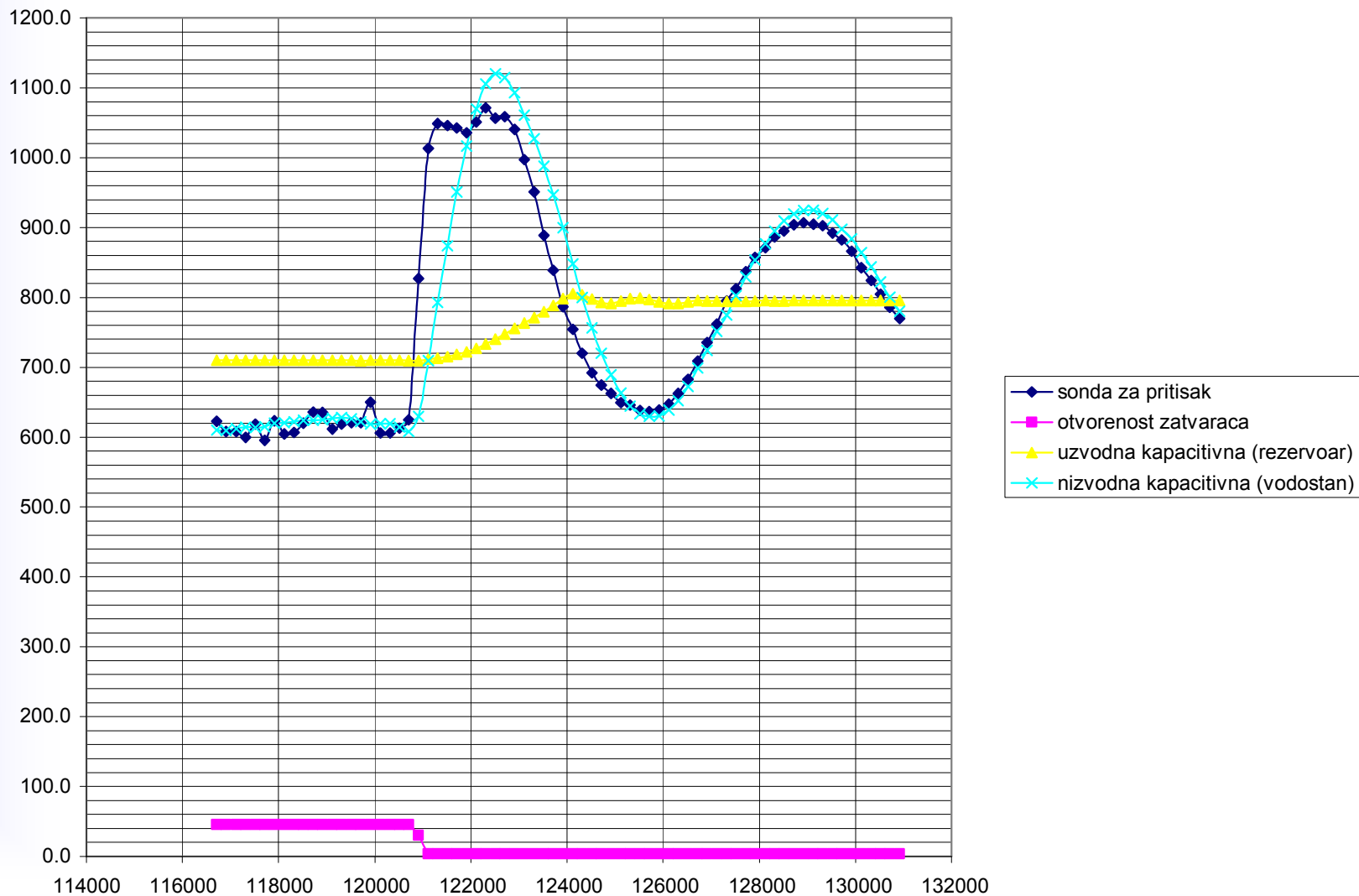
Мерна опрема



Datataker DT500
Уређај за аквизицију

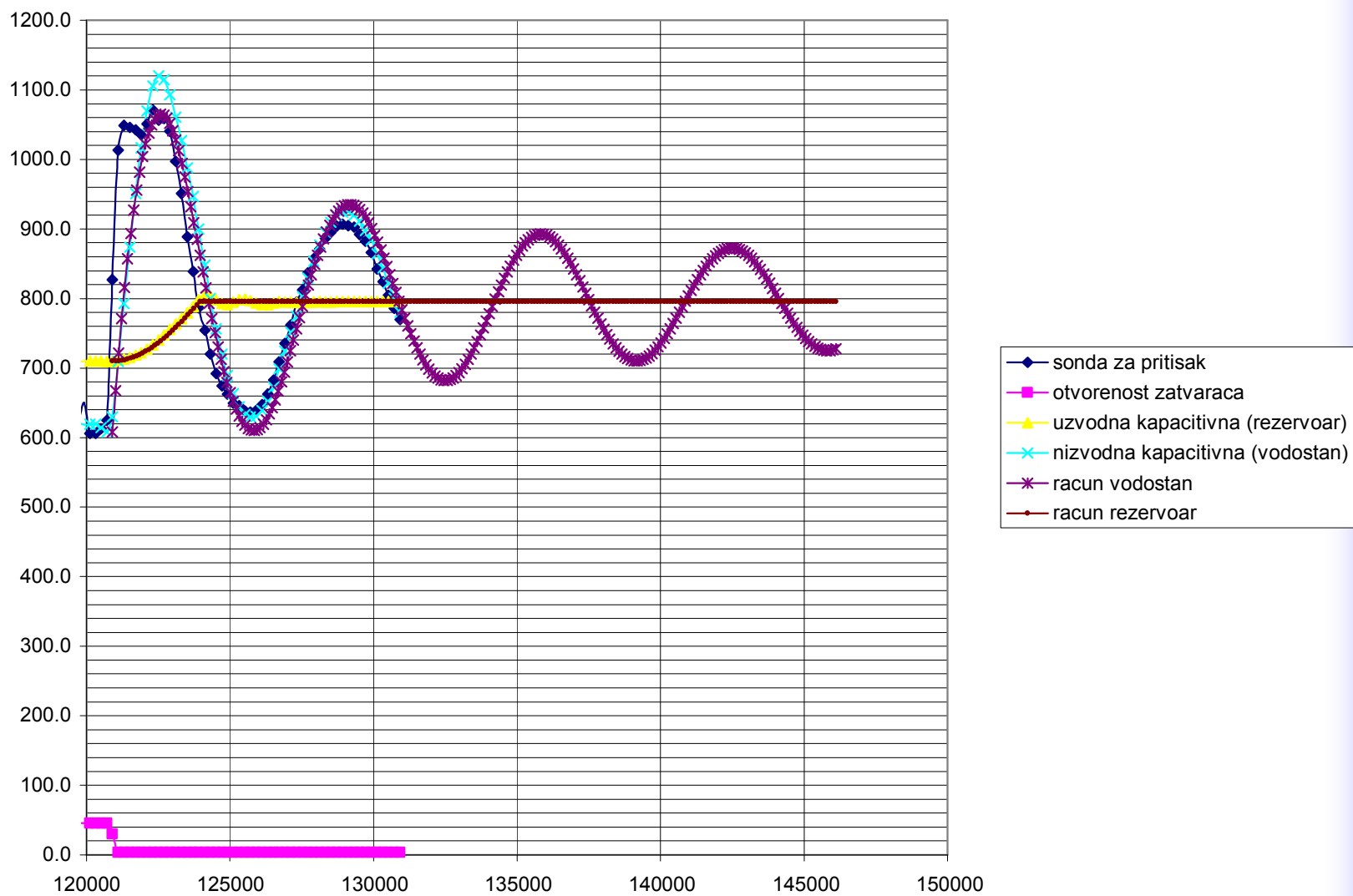


Rezultati мерења





Примена нумеричког модела





Закључак

- Тачност капацитивне сонде повећана са $\pm 1.5\%$ на $\pm 0.7\%$
- Уз капацитивну сонду при мерењу обавезно мерити и температуру



Предлози за наредна истраживања

- Динамички утицај капиларности на тефлон
- Мерити температуру у глави сонде
- На водостану је остављена могућност мењања пречника пригушивача

A high-speed photograph of a water droplet falling into a pool of water. The droplet is captured mid-fall, just above the surface, with a small splash of water below it. The impact has created several concentric ripples that spread outwards from the center. The background is a soft, light blue gradient. The text "ХВАЛА НА ПАЖЊИ" is centered over the image in a bold, black, sans-serif font.

ХВАЛА НА ПАЖЊИ