



Универзитет у Београду - Грађевински факултет
Одсек за хидротехнику и водно-еколошко инжењерство
Београд, април 2024. године

РАЗВОЈ И ИСПИТИВАЊЕ ТЕЖИНСКОГ КИШОМЕРА САСТАВЉЕНОГ ОД КОМЕРЦИЈАЛНО ДОСТУПНИХ КОМПОНЕНТИ

Ментор:
Др. Дамјан Иветић

Студент:
Јована Лакичевић 515/22

ЗАДАЦИ И ЦИЉ

- Падавине обухватају све видове воде која се из атмосфере таложи на површину земље,
- Кишомер је инструмент намењен мерењу количине падавина у неком одређеном временском интервалу,
- Циљ је да се уз једноставну конструкцију, мало опреме и труда прикаже поузданост тежинског кишомера,
- Заинтересовани смо за количину и интензитет падавина, које можемо мерити у складу са жељеном временском и просторном потребом.

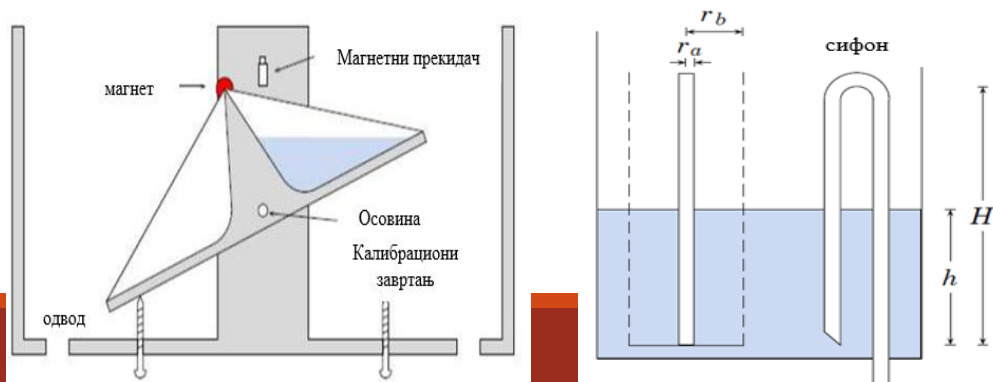
Преглед литературе

- **Интензитет падавина** (kg/sm^2) је флукс масе воде у течном или чврстом стању кроз јединичну хоризонталну површину у јединици времена.
- Падавине варирају у времену и простору.
- Две основне **врсте кишомера**: Нерегиструјући кишомер и Региструјући кишомер (тежински кишомери тј. плувиограф са вагом или кишомер са клацкалицом).



Преглед литературе

- Падавине се могу мерити тачкастом техником или мерењем на даљину
- Региструјући кишомери: притисни - тежинки, са сифоном (капацитивни сензор) и са клацкалицом (отклон клацкалице)
- Даљинска мерења - Радар



Извори грешака за региструјуће кишомере:

- Репрезентативност
- Ветар
- Влажење и испаравање
- Прскање капи
- Зачепљење левка
- Накупљање росе

■ Аутоматизација писања програма није лак задатак!

Опрема за прављење кишомера - Конструктивни део



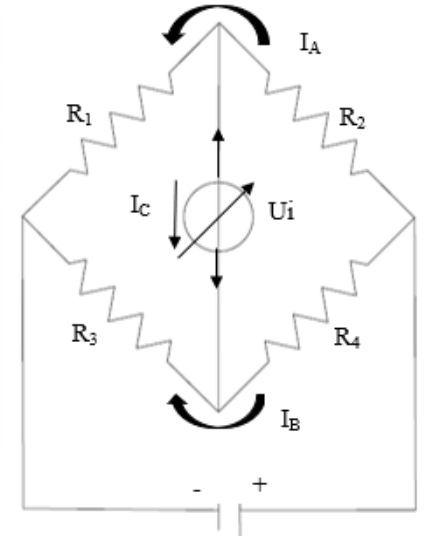
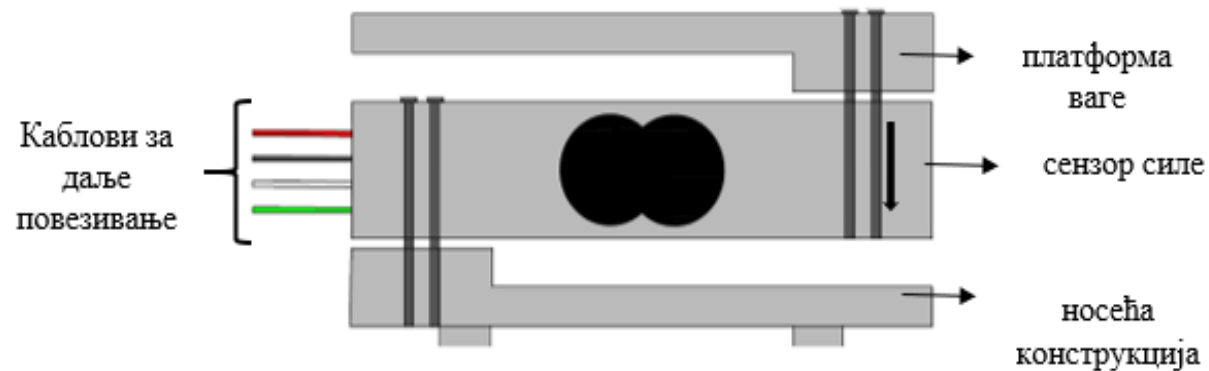
Комерцијална али јефтина решења:

- „буренце од пива“ као посуда за кишу
- левак за гориво
- канализациона ПВЦ цев пречника 190 mm
- водонепропусна кутија за електронику



Опрема за прављење кишомера - Електронски део

Мерило напрезања – сензор силе

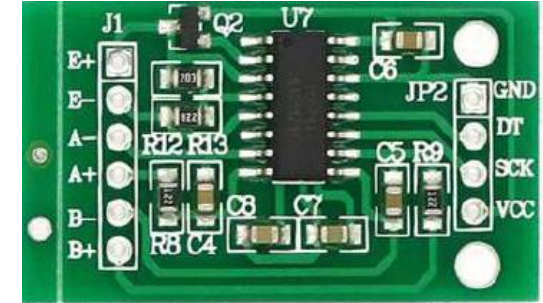


- Мерна ћелија - „безимена“ мерна ћелија тежине до 5 kg
- Мерно оптерећење се претвара у електрични сигнал
- Мерна ћелија оптерећења мери ефекат смицања на греду
- Мерна ћелија ради по принципу мерила напрезања спојеног на Витстонов мост

Опрема за прављење кишомера - Електронски део

Појачивач сигнала ADC HX711

- Мала плоча која омогућава да се лако прочита сензор тежине.
- Аналогни сигнал сензора силе претвара у неки дигитални податак.
- Опсег рада се може прилагодити сензору силе.



Дигитални улаз/излаз

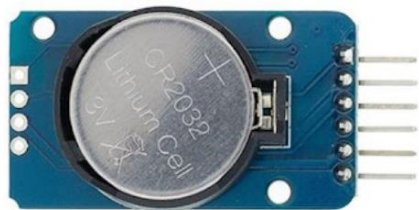
Микропроцесор- Ардуино Уно

- АТМега 328 микроконтролер – контролише пине, читава сигнал и спрема код рачунара.
- Ардуино ИДЕ је окружење за развој софтвера.
- Писано је у програмском језику Јава.
- Писање програма који ће се извршавати на Ардуино плочици са две основне функције.



Опрема за прављење кишомера - Електронски део

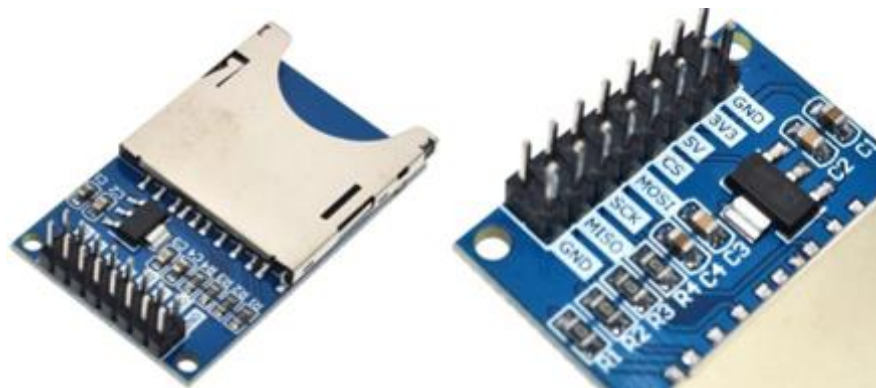
Модул са сатом и батеријом (RTC)



Екран за приказивање података



Читач SD картице

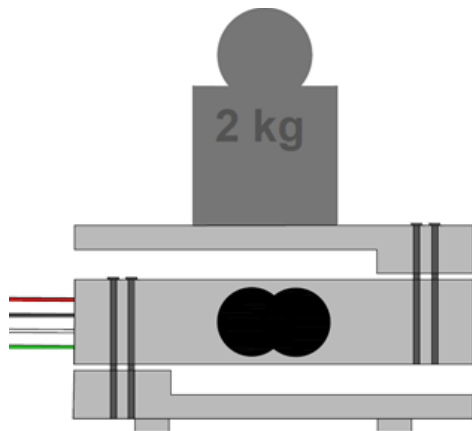


Термо сензор



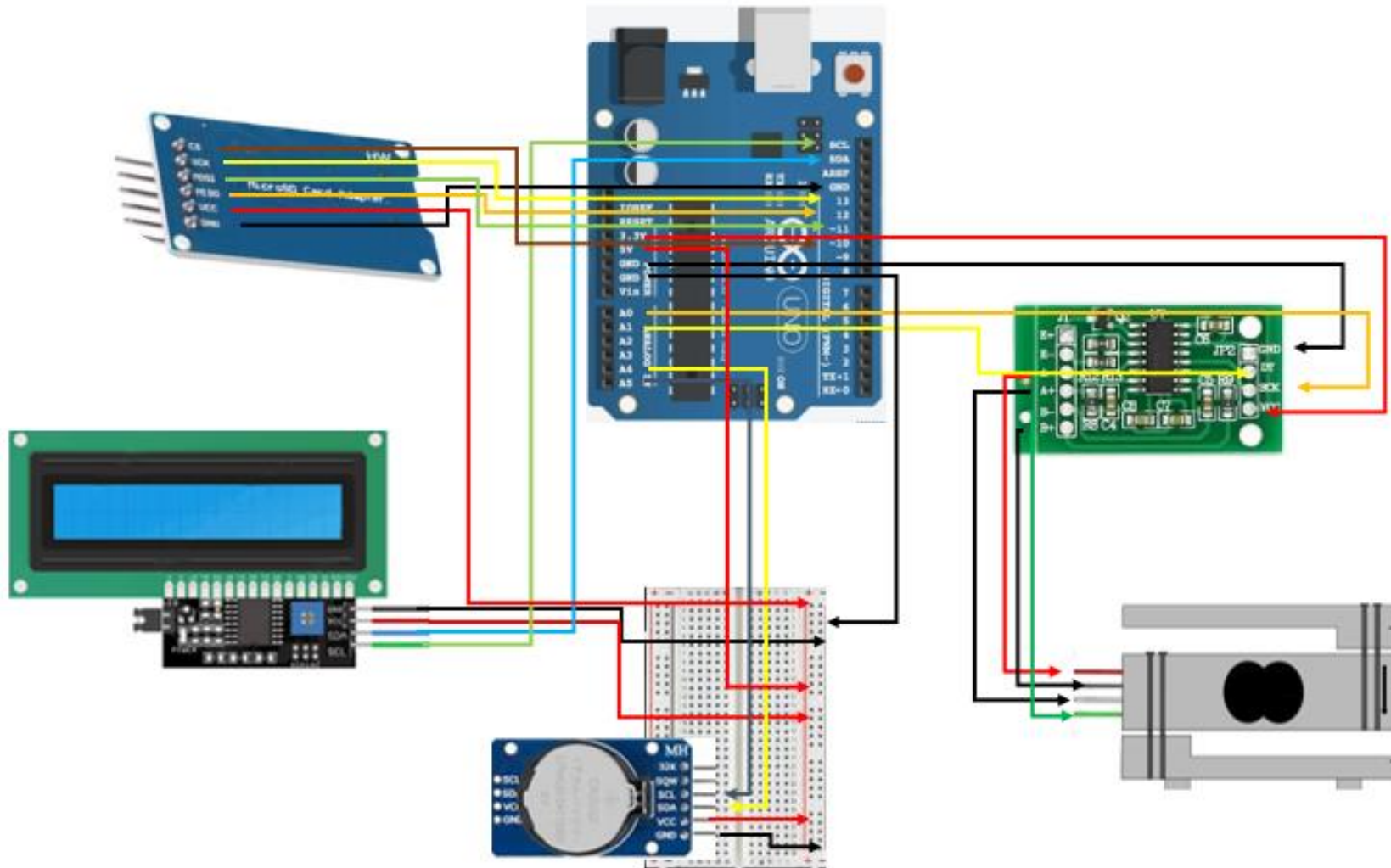
Поступак калибрације сензора силе (ваге)

- Калибрација служи да сирови сигнал који даје појачивач претвори у смислену величину.
- Маса у односу на коју се врши калибрисање ваге је тег стандардне тежине од 2 kg.
- Физички процес се заснивао на постављању тега на површину мерила напрезања у тачно дефинисаном тренутку од покретања кода у програму Ардуино ИДЕ.
- Калибрациони фактор је нагиб криве и померај у односу на нулу.

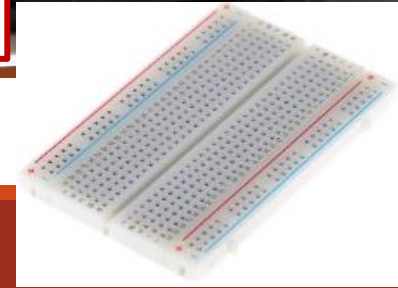
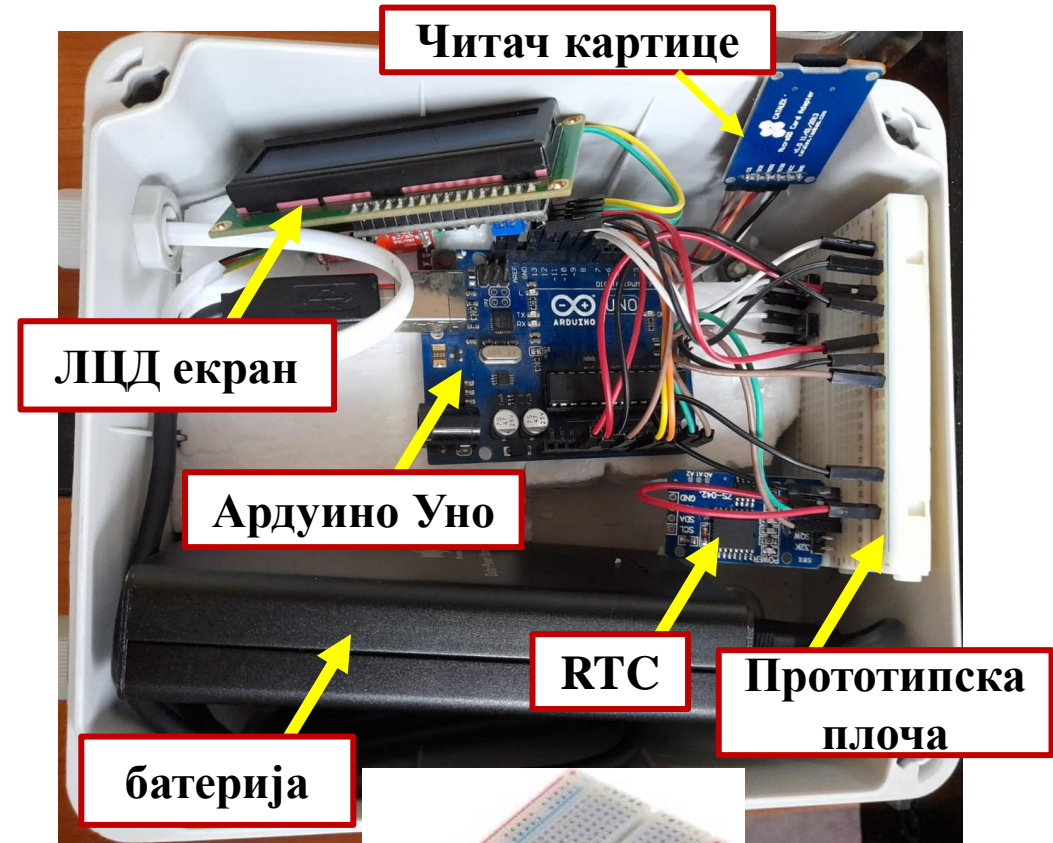


```
10:04:06.685 -> Averaging... pass #25: value = 9692793
10:04:06.686 -> Calibration factor = 477.95
10:04:06.686 ->
10:04:06.686 -> Starting read...
10:04:07.125 -> Masa = 2000.27g
10:04:07.236 -> T = 24.70°C
10:04:08.326 -> Masa = 1996.86g
```

Методологија израде кишомера – електронски део

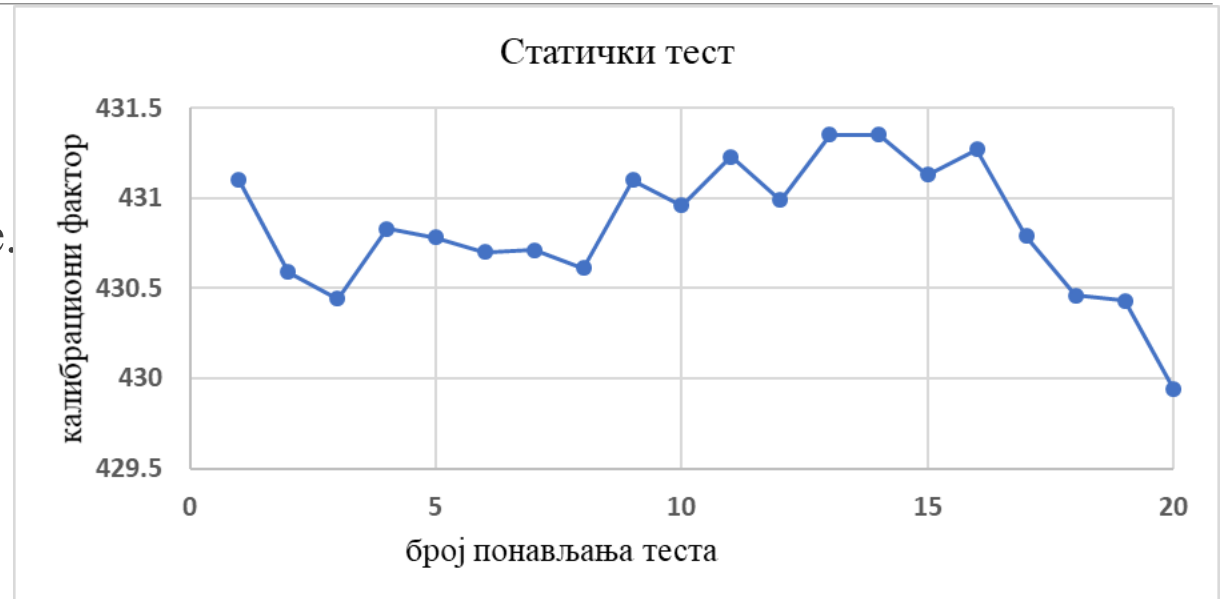


Методологија израде кишомера



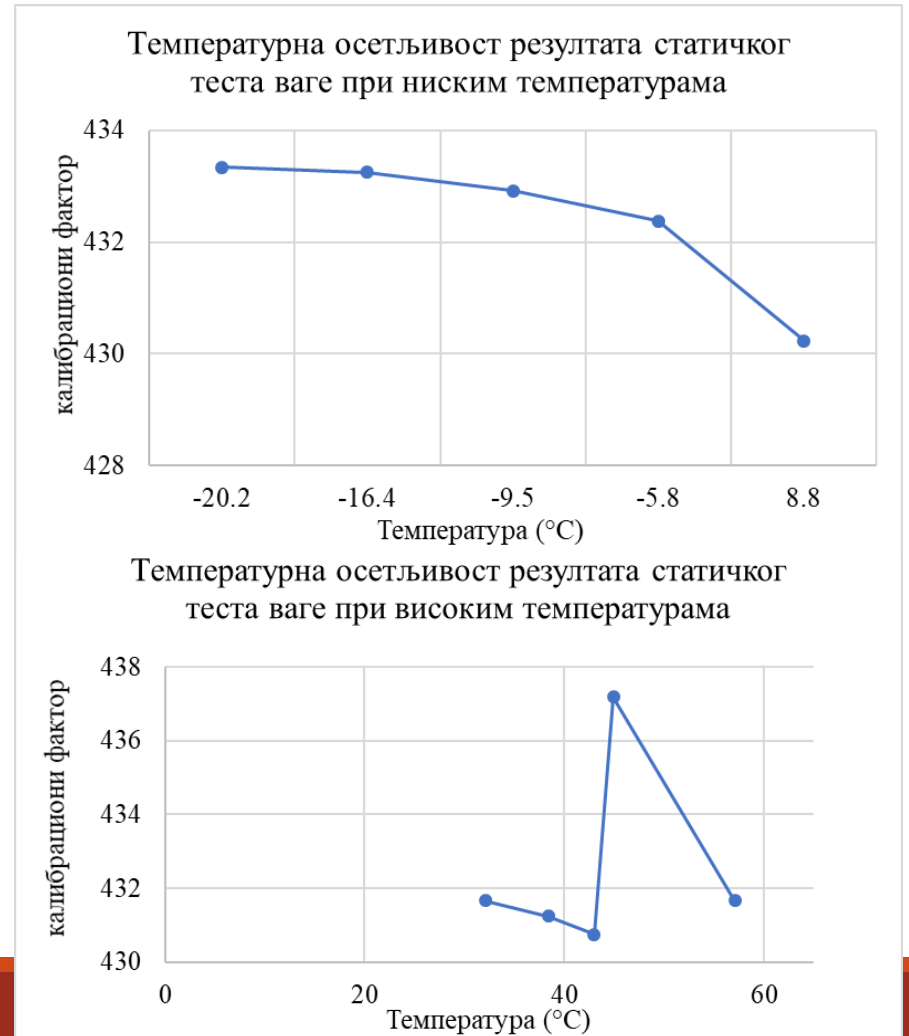
Испитивање кишомера - Статички тест ваге

- Служи за мерење масе и доказивање њене прецизности као ваге.
- Тест се базира на процесу калибрације.
- Понављање теста се вршило 20 пута.
- Резултат теста је средња вредност калибрационог фактора 430,838.
- Просечно одступање од просечне вредности калибрационог фактора је 0,357.
- Већим бројем понављања статичког теста се не добија прецизнија вредност калибрационог фактора.



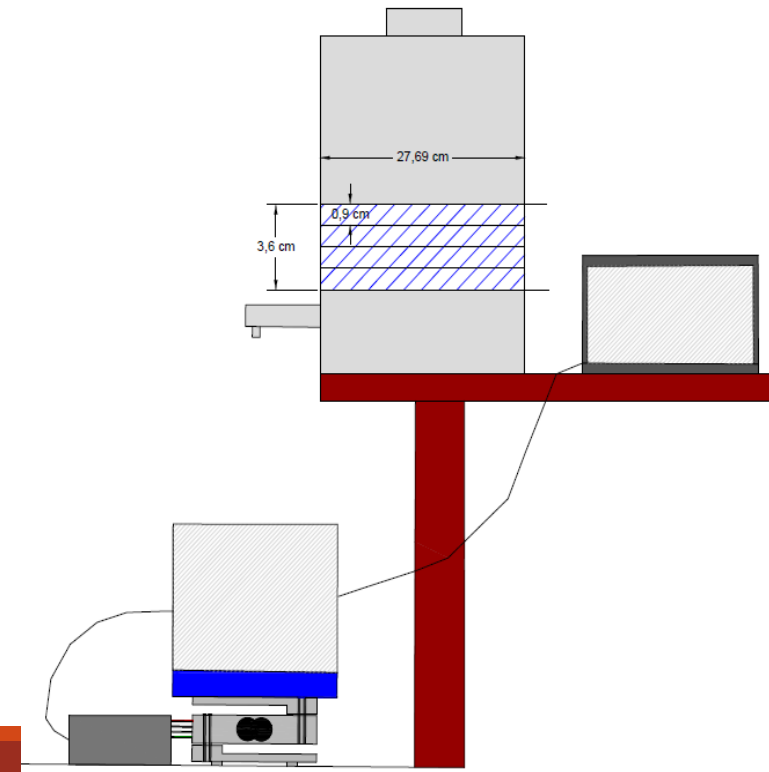
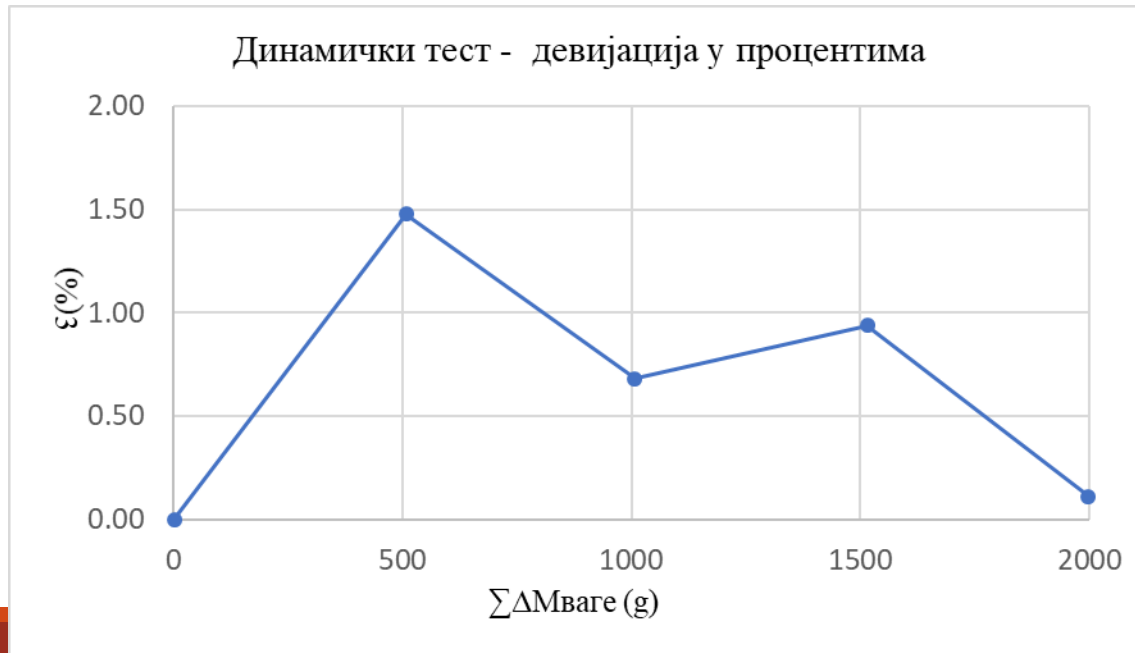
Испитивање кишомера - Температурна осетљивост резултата статичког теста ваге

- Сензор температуре се користи као помоћни елемент.
- Прати се понашање сензора силе.
- Сензор температуре је загрејаван, али сензор силе можда није изложен истим температурним утицајима.
- Тестирања се обављају у опсегу од $-20\text{ }^{\circ}\text{C}$ до $+57\text{ }^{\circ}\text{C}$.
- Просечно одступање од просечне вредности калибрационог фактора при високим температурама је 2,364.
- Просечно одступање од просечне вредности калибрационог фактора при ниским температурама је 1,147.
- Боље понашање сензора силе при нижим температурама.
- При височијим температурама дошло је до неочекиваног пада калибрациониг фактора услед даљег раста температуре.
- Тест при високој температури би требало поновити како би се утврдио извор грешке и добили адекватни резултати.



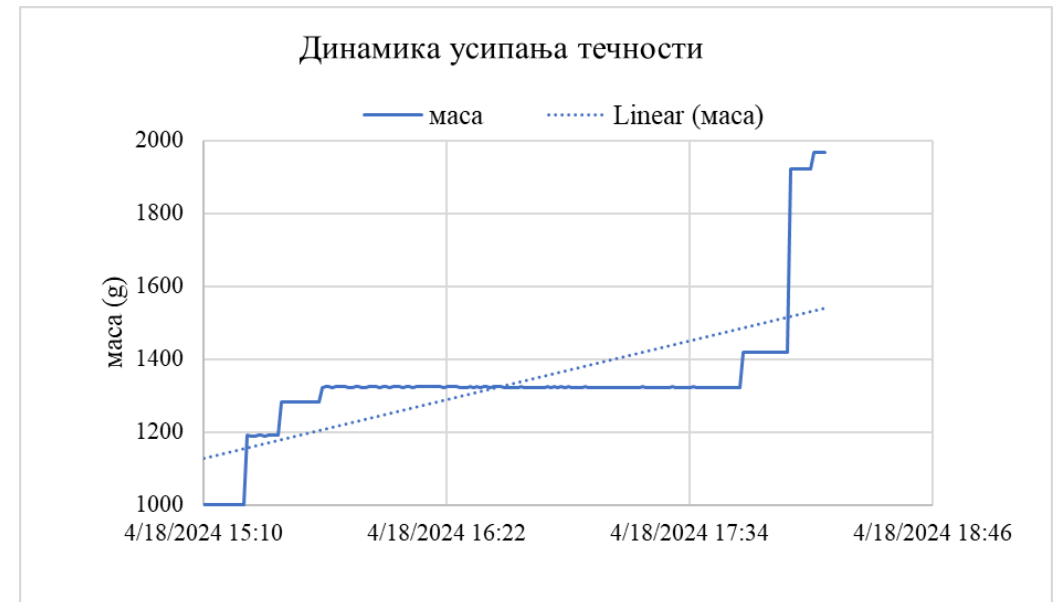
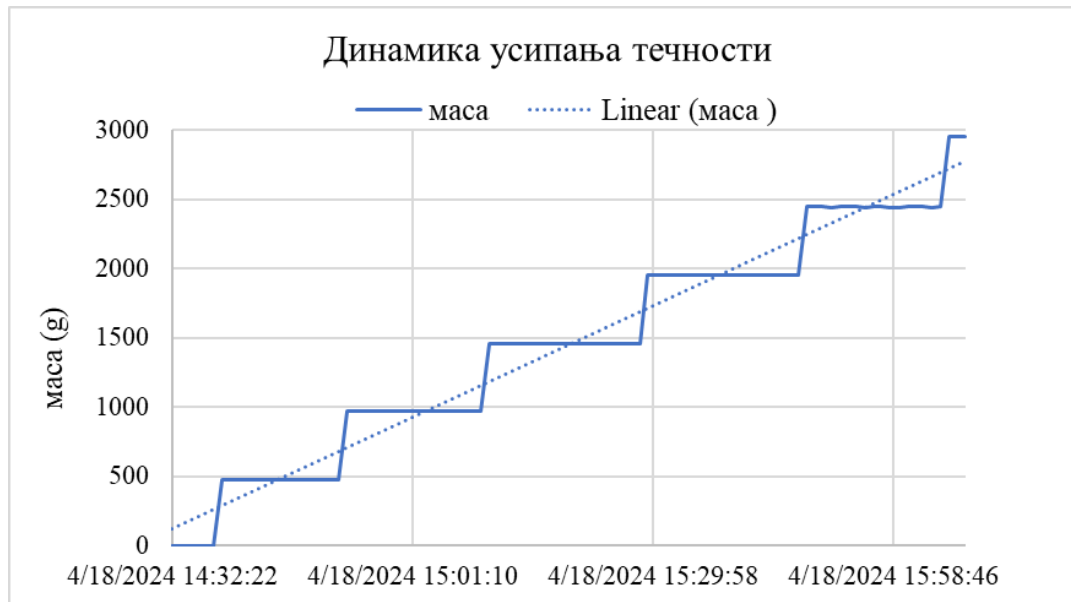
Испитивање кишомера - Динамички тест

- Из добијених резултата прати се одступање масе и времена.
- Идеја теста је увид колико добро сензор силе прати динамику промена и колико је временско кашњење у односу на реално време промене.
- Динамика сензора силе је прихватљиве тачности.



Тестирање прототипа кишомера у лабораторијским условима

- У првом тесту течност од 3 l се задавала у правилним временским интервалима.
- Сврха теста је доказ прецизности, поновљивости и конзистентности резултата.
- Другим тестом се вага кишомера је добијала мање количине течности, а калибрациони фактор је искуствено фиксиран на вредност 443.



Тестирање прототипа кишомера у реалним условима

- Кишомер је постављен у дворишту зграде Грађевинског факултета Универзитета у Београду.
- Пробни период кишомера је трајао од 19.04. до 22.04.2024. године.



Обрада података

Очитанане вредности:

- сирова вредност масе,
- маса у g,
- температура °C,
- вредност калибрационог фактора
- вредност нуле.

- Подаци захтевају додатну обраду

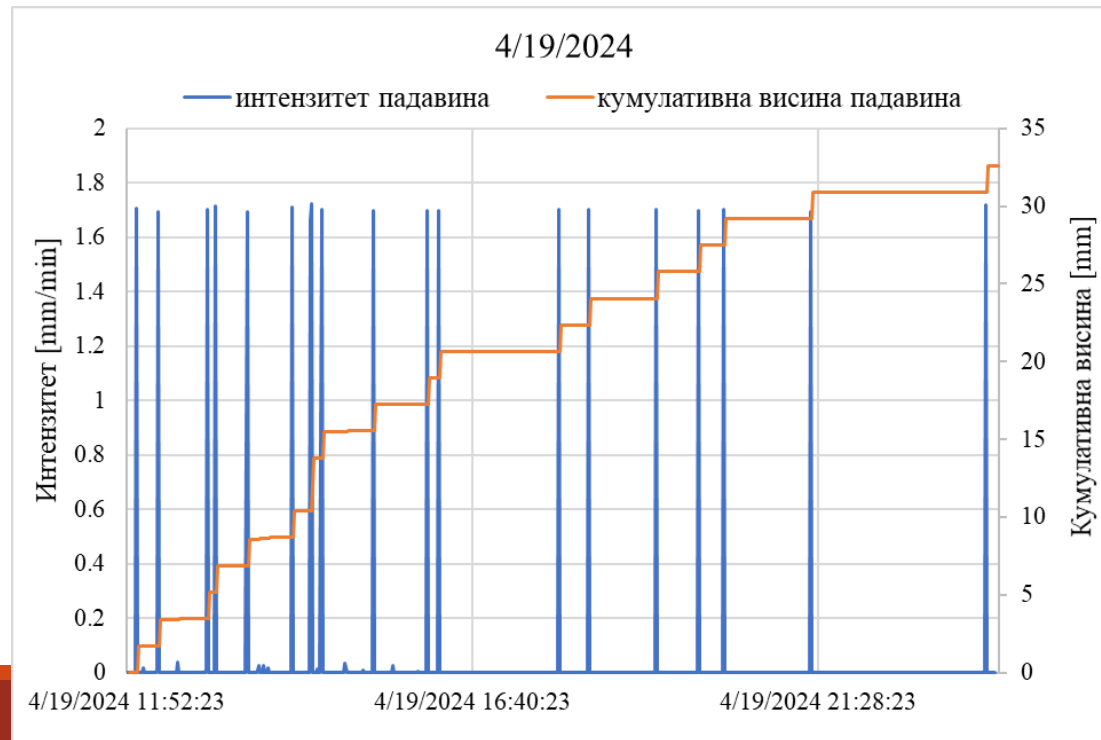
04_20 - Notepad

File Edit Format View Help

04/20	00:00:00	::	8934980	::	-5.53	::	8937430	::	443.00	::	9.50
04/20	00:00:10	::	8935418	::	-4.54	::	8937430	::	443.00	::	9.50
04/20	00:00:20	::	8935514	::	-4.33	::	8937430	::	443.00	::	9.50
04/20	00:00:30	::	8935194	::	-5.05	::	8937430	::	443.00	::	9.50
04/20	00:00:40	::	8935080	::	-5.30	::	8937430	::	443.00	::	9.50
04/20	00:00:50	::	8935177	::	-5.09	::	8937430	::	443.00	::	9.50
04/20	00:01:00	::	8935317	::	-4.77	::	8937430	::	443.00	::	9.50
04/20	00:01:10	::	8935126	::	-5.20	::	8937430	::	443.00	::	9.50
04/20	00:01:20	::	8935102	::	-5.26	::	8937430	::	443.00	::	9.50
04/20	00:01:30	::	8935185	::	-5.07	::	8937430	::	443.00	::	9.50
04/20	00:01:40	::	8935154	::	-5.14	::	8937430	::	443.00	::	9.50
04/20	00:01:50	::	8935180	::	-5.08	::	8937430	::	443.00	::	9.50
04/20	00:02:00	::	8935478	::	-4.41	::	8937430	::	443.00	::	9.50

Обрада података

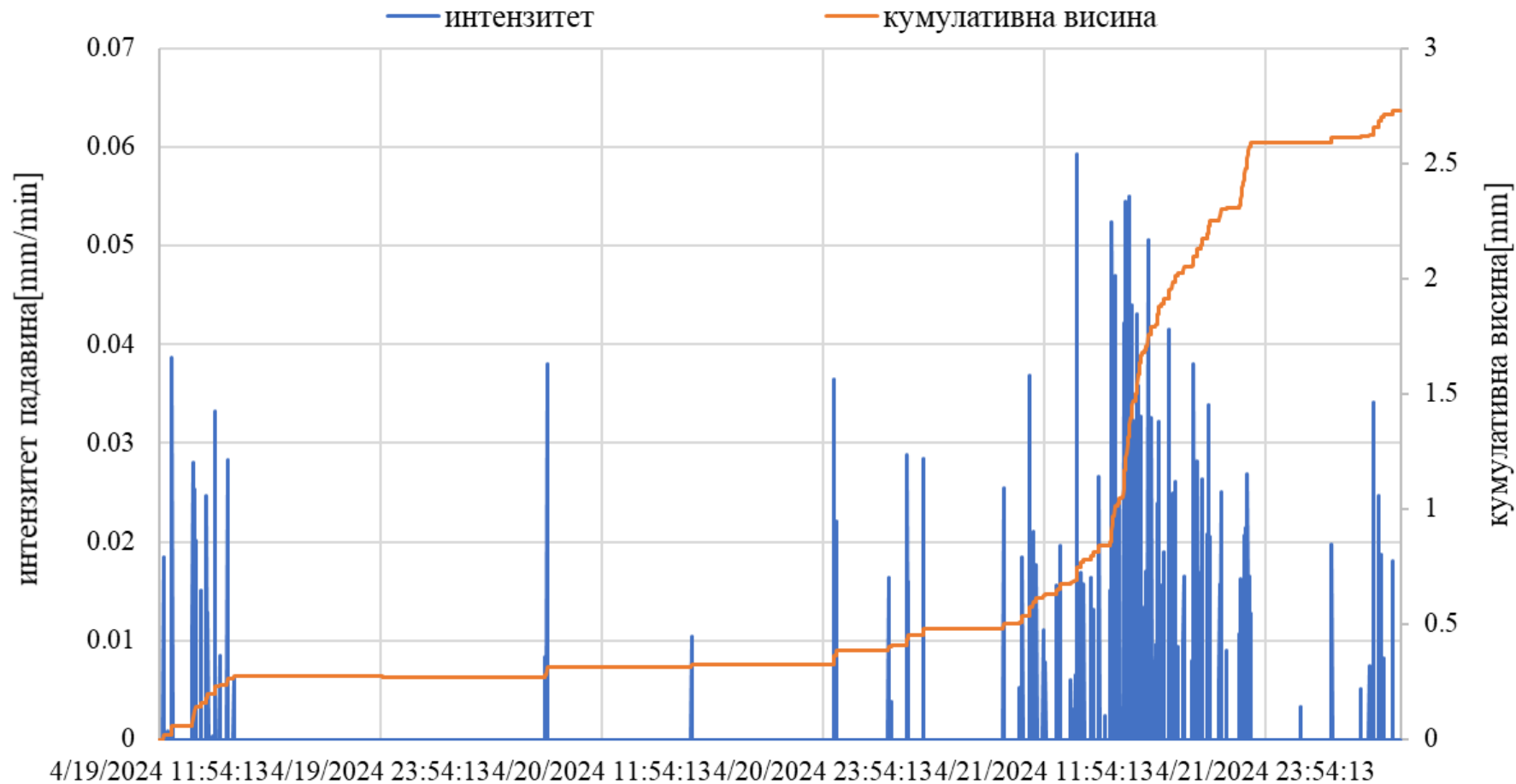
- Методологија обраде података коришћена за DIY кишомер 2018.године.
- Метода за податке без шума, не поседује филтер мерења масе.
- Не може се у потпуности применити на регистроване податке ногов кишомера.
- Потребно унапређење.



Обрада података – унапређена метода

- Регистровани су подаци на сваких 10 секунди.
- Фокус обраде је био на очитаним вредностима масе у *g*.
- Максимална вредност интензитета $1,24 \text{ mm/min}$ као ограничавајући фактор.
- Осредњавањем сирове масе добијене вредности на сваки минут.
- Интензитет падавина у $[\text{mm/min}]$.
- Висина падавина у $[\text{mm}]$.

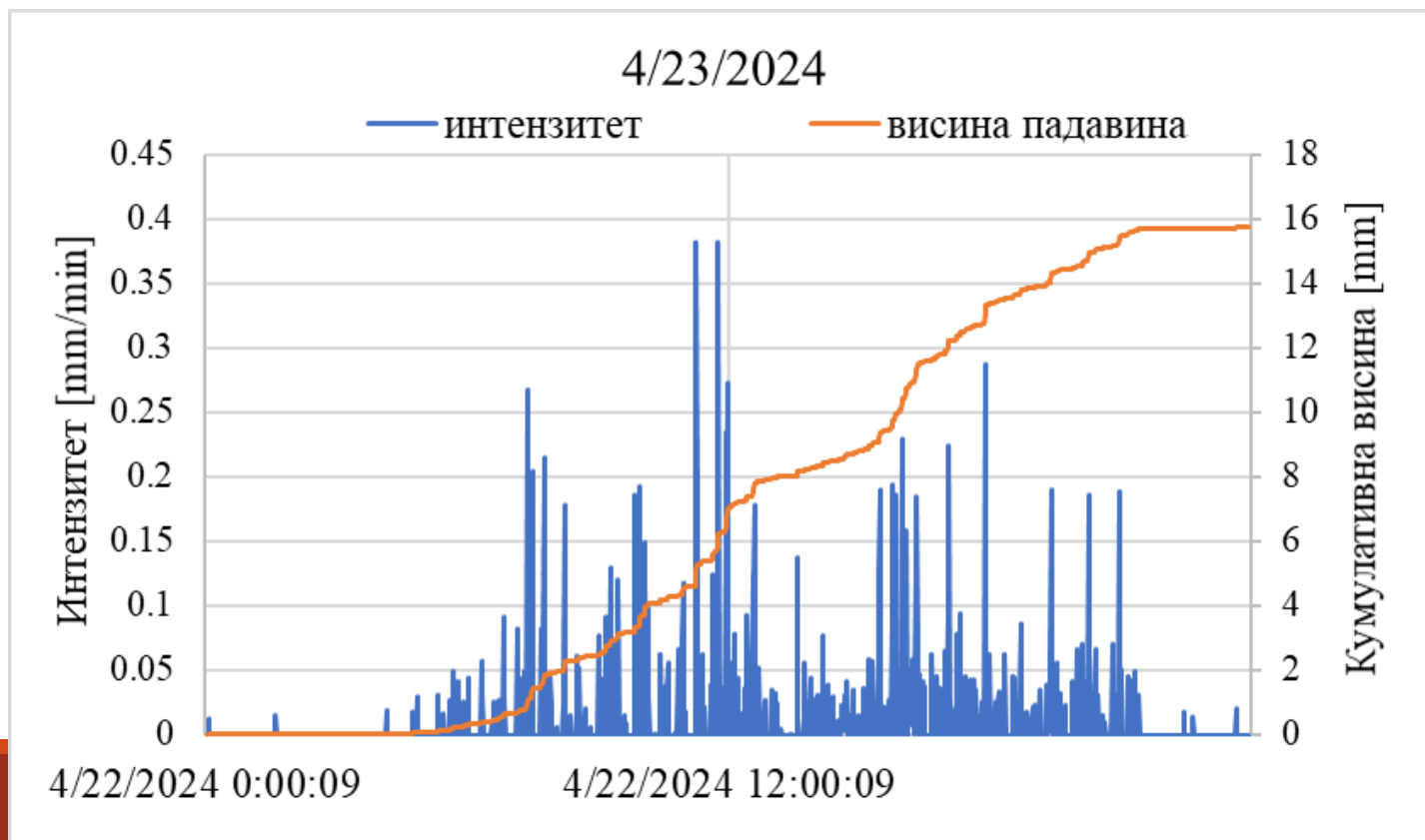
Сумарна линија кише и кумулативна висина падавина за период 4/19/2024 - 4/22/2024



- РХМЗ извештај:
4/19/2024 – 0,4 mm
4/20/2024 – 0 mm
4/21/2024 – 2,3 mm
4/22/2024 – 0 mm

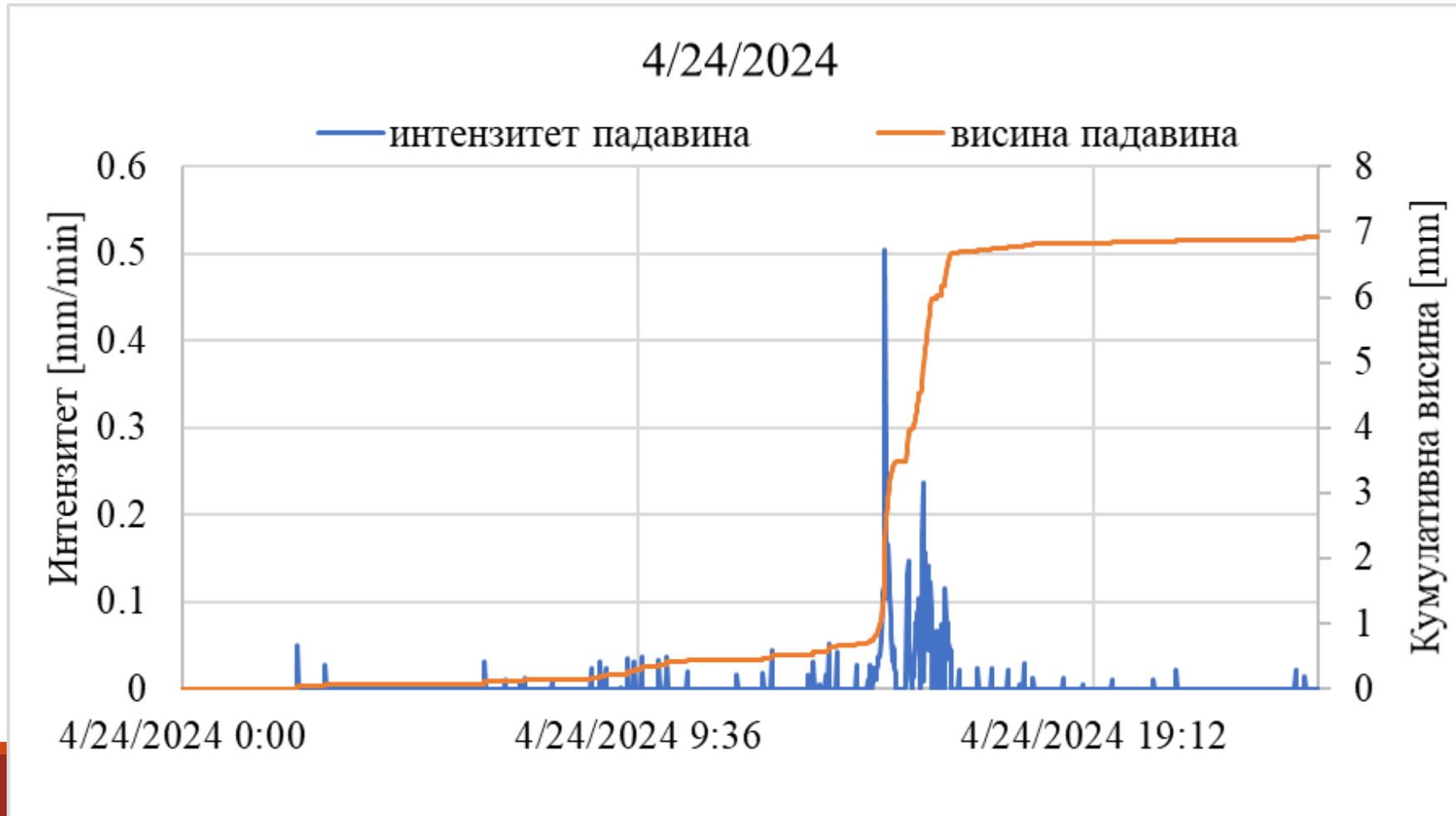
Сумарна линија кише и кумулативна висина падавина 4/23/2024

- Неочекивана забиљежена појава падавина у дану без кише
- РХМЗ није забиљежио падавине 4/23/2024
- Подаци захтевају додатну обраду и утврђивање сигналних сметњи



Сумарна линија кише и кумулативна висина падавина 4/24/2024

- РХМЗ 4/23/2024 је забиљежио 5,9 mm



Закључци и препоруке за будући рад

- Контруисати комерцијални кишомер је изазов који уколико се прецизно изводи може дати веома поуздане резултате.
- Тестирани кишомер показао је прихватљиву тачност и прецизност у поређењу са подацима које је забележио Републички хидрометеоролошки завод Србије на територији града Београда на мерној станици Врачар.
- Препоруке за израду конструктивног дела кишомера у будућем раду (носач, ћускија, хоризонтални делови и оклоп).
- Препоруке за израду и повезивање електронског дела кишомера у будућем раду (жице, кутија, тастери и СД картица).



Хвала на пажњи!