

**Грађевински факултет Универзитета у Београду  
Одсек за хидротехнику и водно – еколошко инжењерство**



## **Мастер рад**

**Тема: Динамичка анализа система за континуално мерење воде са дела експерименталног слива на Грађевинском факултету у Београду**

Ментор:  
Проф. др Душан Продановић

Кандидат:  
Никола Јанићијевић 537/14

Београд, 2016

## **Садржај**

1. Увод .....	4
2. Мерна опрема .....	6
2.1. Сonda за мерење рН вредности .....	6
2.1.1. Уопштено о рН вредности .....	6
2.1.2. Принцип рада сонде за мерење рН вредности.....	6
2.1.3. Старење електроде .....	10
2.1.4. Одржавање и коришћење сонде за мерење рН вредности .....	12
2.2. Сonda за мерење електропроводљивости .....	13
2.2.1. Уопштено о електропроводљивости .....	13
2.2.2. Принцип рада сонде за мерење електропроводљивости .....	15
2.2.3. Утицај температуре на мерење електропроводљивости .....	17
2.2.4. Одржавање и коришћење сонде за мерење електропроводљивости .....	19
2.3. Сonda за мерење мутноће.....	20
2.3.1. Уопштено о мутноћи .....	20
2.3.2. Принцип рада сонде за мерење мутноће .....	20
2.3.3. Правилно коришћење и одржавање сонде за мерење мутноће .....	22
2.4. Сonda за мерење нивоа.....	22
2.4.1. Увод.....	22
2.4.2. Сonda за мерење нивоа преко хидростатичког притиска.....	22
2.4.3. Капацитивна сонда за мерење нивоа.....	25
2.5. Мерење протока .....	26
2.5.1. Мерење времена и тежине протеклог флуида .....	26
2.5.2. Преливи за мерење протока.....	27
2.5.3. Електромагнетни мерач протока .....	30
3. Резултати мерења .....	32

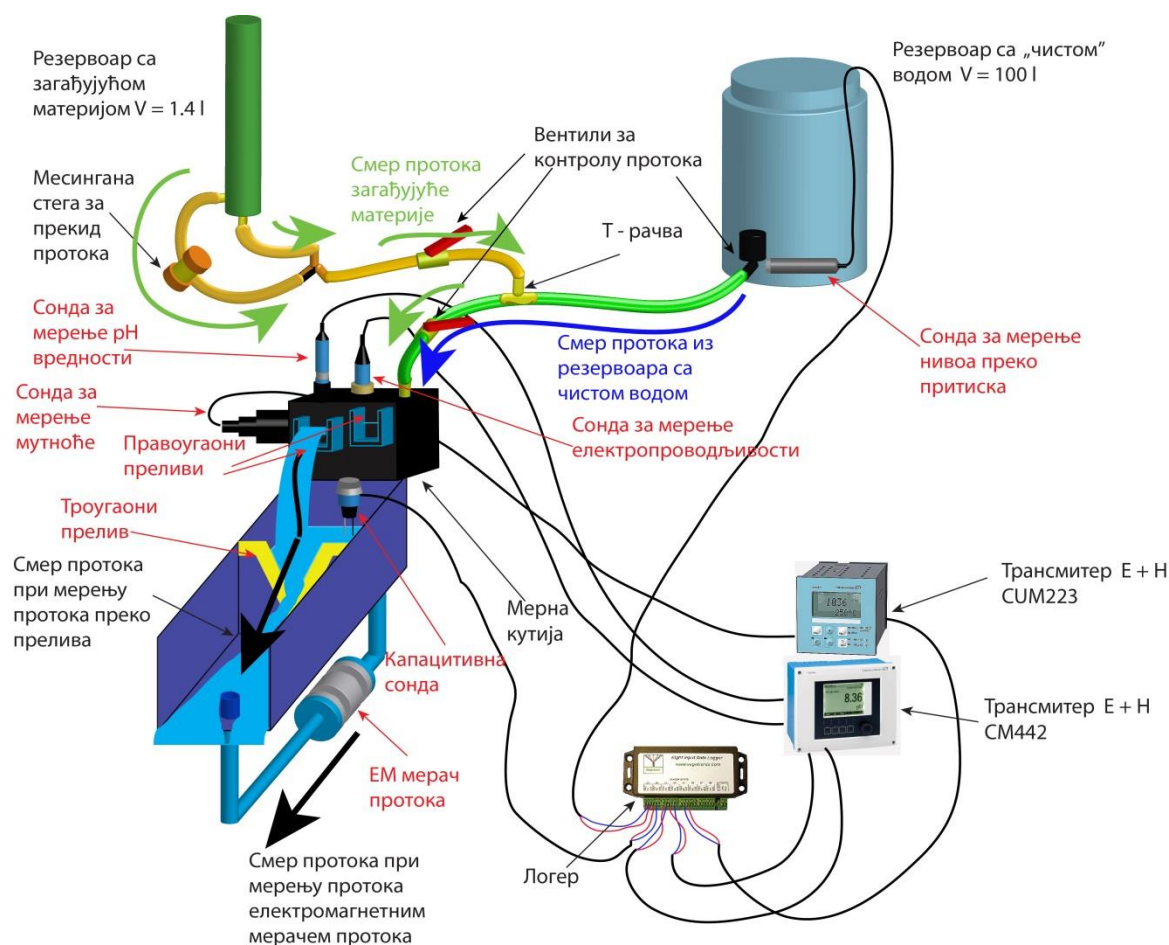
3.1. Одређивање Q-h криве правоугаоних прелива.....	32
3.1.1. Принцип мерења и резултати мерења.....	32
3.1.2. Дискусија резултата мерења.....	41
3.2. Проток преко троугаоног прелива .....	42
3.2.1. Диспозиција система за одређивање протока.....	42
3.2.2. Резултати мерења протока преко троугаоног прелива .....	44
3.2.3. Резултати мерења 1. Експеримента (Q=0.03 l/s) .....	45
3.2.4. Резултати мерења 2. Експеримента ( Q=0.05 l/s ) .....	46
3.2.5. Резултати мерења 3. Експеримента ( Q=0.07 l/s ) .....	47
3.2.6. Резултати мерења 4. Експеримента ( Q = 2.08 l/s ).....	48
3.2.7. Резултати мерења 5. Експеримента ( Q = 1.5 l/s ).....	51
3.2.8. Резултати мерења 6. Експеримента ( Q = 1 l/s ).....	53
3.2.9. Дискусија резултата.....	54
3.3. Промена рН вредности током симулације кише .....	55
3.3.1. Диспозиција система за мерење рН вредности.....	55
3.3.2. Резултати мерења одзива рН сонде .....	56
3.3.3. Дискусија резултата мерења одзива рН сонде .....	61
3.3.4. Резултати мерења промене рН вредности у току симулације кише .....	62
3.3.5. Дискусија резултата промене рН вредности током симулације кише .....	65
3.4. Предлог математичког модела транспорта загађујуће материје .....	66
3.4.1. Аналитичко решење .....	68
3.5. Промена електропроводљивости током симулације кише .....	71
3.5.1. Диспозиција система за мерење електропроводљивости .....	71
3.5.2. Експеримент 1 (Q=0.04 l/s) .....	73
3.5.3. Експеримент 2 (Q=0.033 l/s) .....	75
3.5.4. Експеримент 3 (Q=0.054 l/s) .....	77
3.5.5. Дискусија резултата мерења електропроводљивости .....	79
3.6. Промена мутноће током симулације кише.....	80

3.6.1. Диспозиција система за мерење распростирања таласа мутноће током симулације кише .....	80
3.6.2. Експеримент 1 ( $Q=0.052$ l/s ) .....	82
3.6.2. Експеримент 2 ( $Q=0.047$ l/s ) .....	84
3.6.3. Експеримент 3 ( $Q=0.041$ l/s ) .....	86
3.6.4. Експеримент 4 ( $Q=0.041$ l/s ) .....	88
3.6.5. Дискусија резултата мерења мутноће .....	90
4. Закључак и предлози за даља истраживања .....	92
5. Захвалност .....	94
6. Литература.....	95
Прилог 1.....	97
Ознаке примењене у табелама приликом представљања резултата мерења протока .....	98
Ознаке примењене у табелама приликом представљања резултата мерења протока на троугаоном преливу .....	102
Ознаке примењене у табелама приликом представљања резултата мерења рН вредности.....	116
Ознаке примењене у табелама приликом представљања резултата мерења електропроводљивости.....	137
Ознаке примењене у табелама приликом представљања резултата мерења мутноће .....	150



## 1. Увод

Једна од опште познатих чињеница је да се захваљујући Сунчевом зрачењу загрева површина земље, која је добрим делом прекривена водом. Вода која се загрева почиње да испарава, тј. почиње процес евапорације. Вода у гасовитом стању се хлади путујући у више слојеве атмосфере, па долази до кондензације и формирања кишних капи, које су у почетку јако ситне; затим долази до њиховог сударања постају све теже, савладавају отпор ваздуха и почињу да падају ка земљи. Кишне капи при кретању ка земљи могу покупити различите честице прашине, дима, пепела; такође при контакту са кровним површинама и током проласка кишнице кроз олуке, или друге системе за одводњавање велика је вероватноћа да ће у води бити присутне честице бакра, олова, азбеста и сл. Све честице и растворени јони, које атмосферска вода прикупи на свом путу ка земљи утичу на параметре квалитета воде.



Слика 1. Инсталација за мерење протока и параметара квалитета

У циљу изучавања отицаја са урбаних површина, на Грађевинском факултету у Београду је формиран експериментални слив. Слив обухвата део крова зграде Завода за физику, за који је направљена инсталација ( в. слику 1 ) за мерење протока и неких параметара квалитета воде, као што су рН вредност, електропроводљивост и мутноћа.

У оквиру овог рада приказани су резултати мерења протока и испитивања промене параметара квалитета воде. За мерење протока коришћено је више метода, уз напомену, да је приликом мерења протока систем за упуштање загађујуће материје био затворен, тј. кретање флуида је пратило плаву, па затим црну стрелицу (в.слику 1). Једна од најједноставнијих коришћених метода је одређивање протока на основу тежине протеклог флуида, у одређеном временском интервалу. Упоредо са мерењем протка преко тежине протеклог флуида вршена су и мерења дебљине преливног млаза на правоугаоним преливима, који се налазе на мерној кутији. На основу измерених вредности формиране су Q-H криве правоугаоних прелива. Проток је мерен и посредством троугаоног (Томпсоновог) прелива, док је за мерење дебљине преливног млаза коришћена капацитивна сонда. У оквиру мерења вршених на троугаоном преливу, вршено је и мерење протока електромагнетним мерачем. Измерене вредности на троугаоном преливу и електромагнетном мерачу протока показале су изузетна поклапања у опсегу малих протока. За веће протоке систем је модификован демонтажом мерне кутије, и коришћењем ватрогасног црева за довођење воде. Због великих осцилација нивоа, измерене вредности, електромагнетним мерачем и троугаоним преливом показале су мања одступања. Мерење протока на два наведена начина је контролног карактера, док је одређивање протока у оквиру система вршено на основу промене нивоа у резервоару са „чистом” водом.

Промена параметара квалитета воде је изазвана симулацијом кише у лабораторијским условима, уз помоћ резервоара са концентрованим раствором, који је спојен рачвом узводно од мерне кутије са дотоком воде која се може сматрати „чистом” (в.слику 1). На месту где се налази т - рачва, долази до интензивног мешања, док је проток контролисан маневром вентила, што омогућује што природнију симулацију испирања кровне површине током појаве падавина. Мешавина концентрованог раствора и „чисте” воде дотиче у мерну кутију са сондама за континуално мерење наведених параметара. Падавине су симулиране формирањем таласа загађења, прво мањим протоком загађујуће материје, па уклањањем месингане стеге већим, а затим и испирањем мерне кутије. На основу измерених вредности промене параметара квалитета и измереног протока формиран је математички модел промене параметара квалитета у циљу елиминисања утицаја мерне кутије и успостављања везе између „непознатих” улазних концентрација загађења и познатих излазних концентрација. Коришћен је математички модел за линијски транспорт загађујуће материје у подземним токовима, који као механизме транспорта користи адвекцију и хидродинамичку дисперзију. Промена параметара електропроводљивости и мутноће у току симулираних падавина су показали поклапање са израчунатим вредностима применом математичког модела у току формирања таласа, али у току испирања долази до непоклапања модела и измерених вредности. За мерење рН

вредности коришћени систем се показао као неадекватан. На основу добијених резултата дати су предлози за даља истраживања и увођење одређених промена у систему.

## **2. Мерна опрема**

Мерна опрема се састојала од сонди за континуално мерење параметара квалитета воде (сонде за мерење рН вредности, електропроводљивости и мутноће), које су се налазиле у мерној кутији, распоређене у складу са захтевима за њихово правилно функционисање. У склопу система су и две сонде за мерење нивоа воде, од којих је једна капацитивна сонда, док друга сонда функционише по принципу промене хидростатичког притиска. Све сонде су биле повезане на логер, ради континуалног прикупљана информација о излазном напону са уређаја. Поред сонди мерна кутија има два преливна поља правоугаоног облика и један Томпсонов прелив који се налази у каналу за мерење протока на изласку из мерне кутије. За мерење протока коришћена су и два електромагнетна мерача протока. Принципи функционисања и положај сваког мерила биће објашњени у даљем тексту.

### **2.1. Сонда за мерење рН вредности**

#### **2.1.1. Уопштено о рН вредности**

рН вредност представља меру активитета водоникових јона, која се за разблажене растворе може апроксимирати концентрацијом  $[H^+]$  јона у раствору. Математички се најчешће дефинише као негативни логаритам концентрације активних  $[H^+]$  јона.

$$pH = -\log[H^+] \quad (1)$$

Међутим приликом процене рН вредности треба бити обазрив, јер до потпуне дисоцијације долази само код водених раствора јаких база (  $LiOH$ ,  $NaOH$ ,  $KOH$ ,  $Mg(OH)_2$ ,  $Ca(OH)_2$ ,  $Ba(OH)_2$  ) и водених раствора јаких киселина (  $HClO_4$ ,  $HNO_3$ ,  $HBr$ ,  $H_2SO_4$ ,  $HCl$ ,  $HJ$  ), У случају слабих киселина и база потребно је прво одредити концентрације јона на основу константи дисоцијација.

#### **2.1.2. Принцип рада сонде за мерење рН вредности**

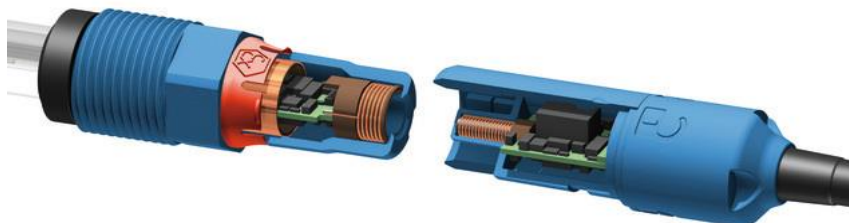
За мерење рН вредности коришћена је сонда *Endress + Hauser Orbisint CPS 11* (в. слику 2 ). Сонда је повезана на одговарајући трансмитер *Endress + Hauser Liquiline CM 442* (слика 2 ), чији задатак је да омогући различита подешавања и приказивање измерене вредности у сваком тренутку. Веза између сонде и трансмитера се остварује преко кабла, али спој кабла и сонде је бесконтактни, пренос сигнала и електричне

енргије се остварује путем електромагнетне индукције. На тај начин се елиминише проблем утицаја корозије и влаге на сигнал ( *Memosens* технологија ).



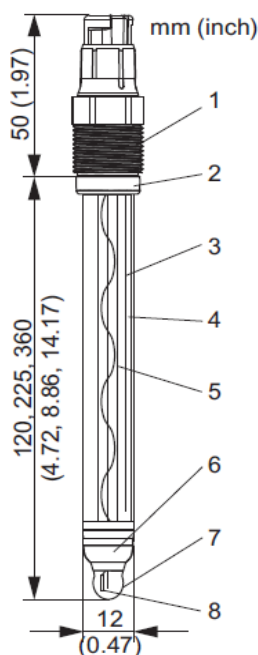
**Слика 2.** Сonda за мерење рН вредности Endress + Hauser  
Orbisint CPS 11 ( лево ) и трансмитер CM 442 ( десно )

*Memosens* технологија ( слика 3 ) преноса сигнала подразумева дигитализацију података у самом сензору и омогућује чување података о калибрацији и самом сензору, па је процес обраде података и управљања мерењима доста олакшан. Поред олакшане обраде података, могућа је брза и лака промена сонде, уз аутоматско препознавање врсте сензора<sup>1</sup>.



**Слика 3.** *Memosens* технологија преноса сигнала<sup>1</sup>

Сонда *Orbisint CPS 11* је стандардна комбинована рН електрода са температурним сензором. Пресек кроз коришћену рН сонду је приказан на слици 4. Састоји се од стаклене цеви са мембраном на врху, која је осетљива на промену рН вредности. Цев је испуњена неутралним раствором калијумхлорида ( KCl ), у који је урођена електрода од сребро / среброхлорида ( Ag/AgCl ) у циљу остваривања електричне везе. Референтни систем се налази у спољној стакленој цеви и садржи электроду, који је такође начињен од Ag/AgCl. Око проводника се налази референтни раствор засићеног KCl у виду гела. Задатак гела је да одржава потенцијал референтне електрорде константним<sup>2</sup>.



- 1) Memosense прикључак
- 2) Гумени О-прстен са носачем
- 3) Ag/AgCl проводник – референтни
- 4) Сатурисани гел
- 5) Ag/AgCl проводник – рН
- 6) Дијафрагма од политетрафлуоретилена (PTFE)
- 7) Стаклена мембрана осетљива на промену рН вредности
- 8) Сензор за температуру

Слика 4. Саставни елементи сонде за мерење рН вредности<sup>2</sup>

PTFE дијафрагма служи да заштити референтну электроду од медијума који се мери, али да не спречи електричну везу између референтне и мерне електроде<sup>3</sup>.

Мерење рН вредности се заснива на принципу потенциомерије, тј. формирања разлике потенцијала између референтног и мерног система (слика 5). Везу између концентрације активних водоникових јона  $[H^+]$  и излазног напона математички се представља Нернстовом једначином<sup>4,5</sup>:

$$U = U_0 + \frac{RT}{nF} \cdot \ln[H^+] \quad (2)$$

где је :

U – Електрични потенцијал редокс састава ( измерена вредност )

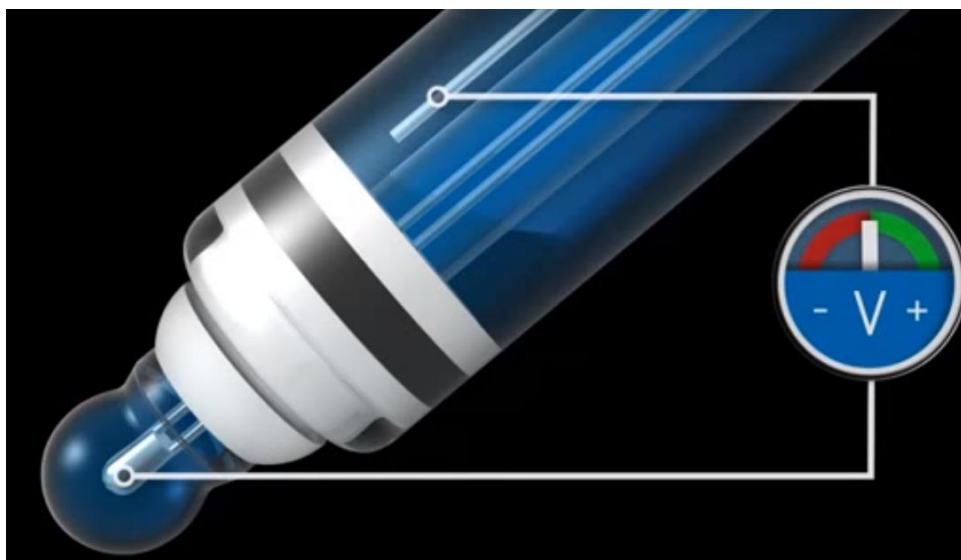
$U_0$  – Стандардни електродни потенцијал ( зависи од врсте електроде )

$n$  – Број електрона који учествују у реакцији

$F$  – Фарадејева константа (  $C / mol$  )

$R$  – Универзална гасна константа  $8,31439 J/(mol \cdot K)$

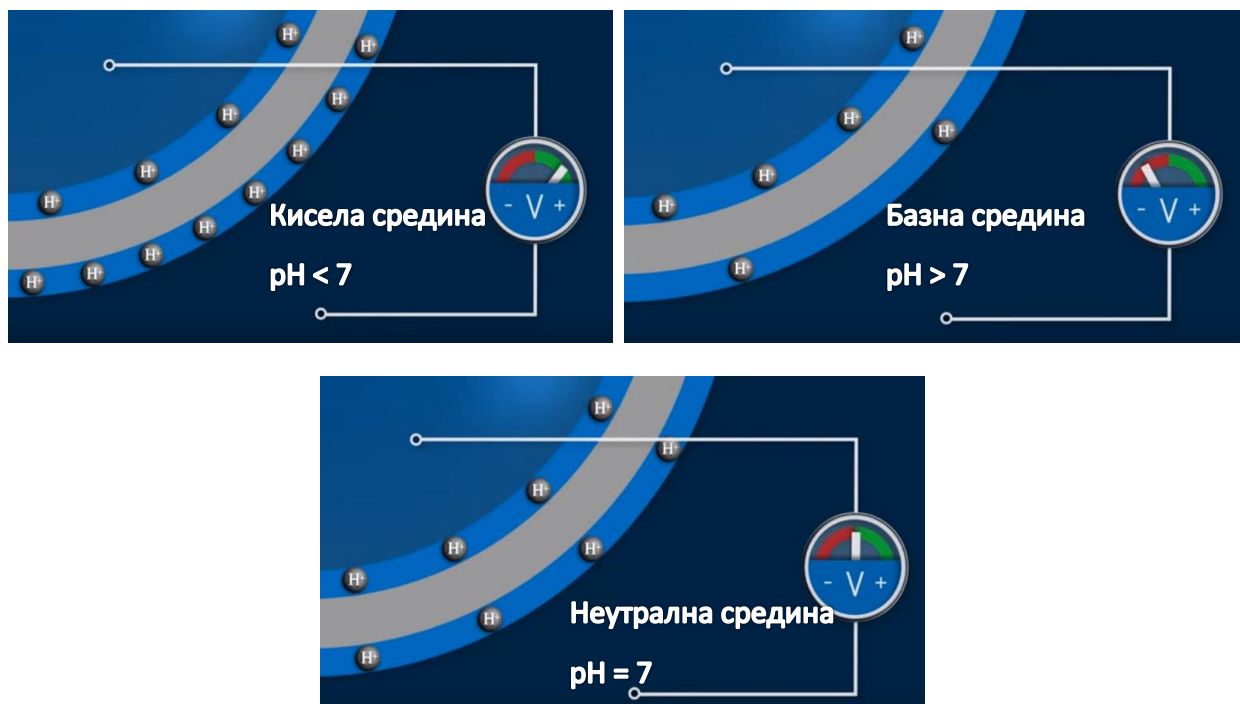
$T$  – Температура (  $K$  )



Слика 5. Примена принципа потенциометрије код сонде за мерење рН вредности<sup>4</sup>

Пресудна ствар, код уређаја за мерења рН вредности са стакленом електродом, јесте управо специјална врста стакла примењена за израду мембране, која је осетљива на промену рН вредности. Када дође до контакта мембране и воденог раствора, на површини мембранског стакла, са унутрашње и спољне стране јавља се слој хидратизованог гела, дебљине око  $10^{-4}$  mm. Дебљина слоја гела зависи од квалитета и састава стакла, температуре и рН вредности мерног раствора. Континуална размена  $[H^+]$  јона у слојевима гела и раствора се одвија са обе стране мембране. Размена је контролисана концентрацијама  $[H^+]$  јона у мерном раствору и раствору са унутрашње стране који има константну концентрацију  $[H^+]$  јона<sup>3</sup>. Ако је концентрација активних јона са унутрашње и спољашње стране мембране различита, долази до разлике потенцијала и појаве напона. Уколико је једнак број јона са обе стране мембране, рН вредност је 0. Ако је пак концентрација јона у гелу са унутрашње стране, мања од концентрације јона у гелу са спољне стране, онда раствор спада у киселе ( $pH < 7$ ). У случају веће концентрације јона са унутрашње стране, рН вредност је већа од 7 па се ради о базном раствору<sup>4</sup>. На слици 6 приказана је пресек кроз стаклену мембрану у тренутку када је сонда уроњена у различите растворе<sup>4</sup>.





Слика 6. Попречни пресек кроз стаклену мембрану сонде приликом у урањања у различите врсте раствора<sup>4</sup>

За могућност мерења потенцијала који се ствара у самој мембрани, стакло мора бити проводно. Проводност стакала се остварује преко јона алкалних метала (нпр. литијума [ $\text{Li}^+$ ]) који се налазе у стаклу<sup>3</sup>.

Без слоја хидратизованог гела мерења не би била могућа, па је јако битно да се гел развије пре мерења. За развијање слоја гела је потребно од 24 до 48 сати, што имплицира да сонда мора бити хидратисана пре употребе<sup>6</sup>. Хидратација пре употребе се може извршити на тај начин, што сонда пре мерења мора стајати бар 24 часа у посуди са водом из водовода. Већина произвођача у данашње време испоручује сонде са раствором  $\text{KCl}$  у пластичној капици, која се ставља на врх; и на тај начин је сонда хидратизована и одмах спремна за употребу<sup>3</sup>.

### 2.1.3. Старење електроде

Један од великих проблема сонди за мерење рН вредности, јесте старење мерних електрода. Нажалост, процес старања електрода почиње оног трену када сонда напусти производну линију. Континуални процес старања се одвија чак и када сонда није у употреби. Примарни фактори који утичу на старење електроде су<sup>3</sup>:

1. Хемијски састав мембранског стакла
2. Стални развој слоја гела са унутрашње стране мембране
3. Хемијска и механичка оштећења спољашњег слоја гела, која настају у поцесу мерења и чишћења

Убрзано старење електроде се одвија уколико се мерења врше у екстремнијим условима, који подразумевај температуре раствора веће од  $60^{\circ}\text{C}$ , јако киселе или јако базне растворе ( $\text{pH} < 4$  и  $\text{pH} > 10$ ). На убрзани процес старења може утицати и неправилно одлагање и одржавање сонде, када се не врше мерења.

Типични симптоми старења електроде су<sup>3</sup>:

1. Повећање времена одзива електроде
2. Повећање отпора мембране
3. Опадање нагиба линеарног излаза сонде, посебно у зони алкалних раствора
4. Промена нуле мерног инструмента

Уобичајано време одзива мерних електрода, које су нове или исправне износи мање од 30 секунди. Време одзива сонде се манифестује потребним временом за промену између две устаљене вредности, било у виду напонског излаза или приказивања на екрану трансмитера. Уколико време одзива буде веће од 120 секунди, није могуће вршити континуална мерења и измерне вредности нису поуздане, па је потребно извршити замену електроде, ако је то могуће или заменити сонду<sup>7</sup>.

Електрични отпор мембране се креће у јако широком опсегу у зависности од произвођача ( од 10 до 1000  $\text{M}\Omega$  на  $25^{\circ}\text{C}$  ). Нека горња граница до које се може толерисати вредност отпора је 5000  $\text{M}\Omega$ . Превелики отпор стаклене мембране узрокује грешке и непоузданост мерења .

Осетљивост или нагиб криве излзне вредности напона и pH вредности се приказује преко односа  $\Delta U/\Delta \text{pH}$ . Код „остарелих ” електрода, као и код нових веза између излазног напона и pH вредности је линеарна. Разлика је у томе, што код нове електроде излазна вредност напона је приближно 59,2 mV по јединичној промени pH вредности и температури од  $25^{\circ}\text{C}$ , док код електрода које показују знаке старења електрода, напон је варијабилан у односу на јединичну промену pH вредности ( в. график 1 ).

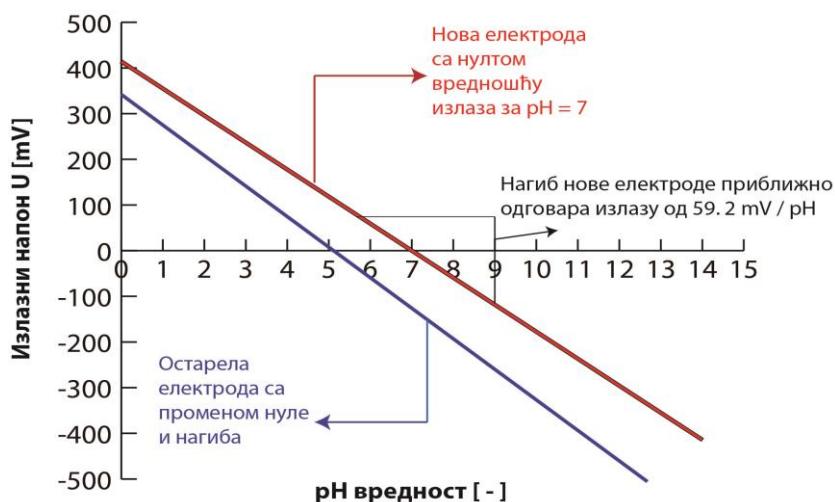


График 1. Веза између напона и pH вредности код остареле и нове електроде



Одступање у нагибу криве одзива је нарочито уочљиво у делу који одговара алкалним растворима<sup>3</sup>.

Теоријски нулта тачка одговара вредности од  $pH = 7$  и излазном напону од  $0\text{ mV}$  на температури од  $25\text{ }^{\circ}\text{C}$ . У пракси је дозвољено одступање нулте тачке од  $\pm 30\text{ mV}$ <sup>7</sup>. Уколико је одступање излазног напона веће и време одзива сонде прелази 2 минута, електроду је потребно избацити из употребе.

Референтна електрода у принципу не стари, али њен животни век може бити скраћен у случају неправилног коришћења током мерења и одлагања сонде након завршетка мерења<sup>3</sup>.

#### **2.1.4. Одржавање и коришћење сонде за мерење pH вредности**

Пре сваког мерења потребно је извршити правилан избор сонде, тј. добро сагледати услове у којима се мери. Неки од главних фактора су: облик стаклене мембране, температура и притисак средине, електропроводљивост раствора у коме се мери, захтевана тачност мерења итд.

Након избора сонде, потребно је повезати сонду за мерење pH вредности и сонду за мерење температуре, те сонде могу бити одвојене или у склопу једног уређаја. Мерење температуре је јако битан фактор, посебно у условима где температура јако осцилује, јер температура врши утицај на величину излазног напона при јединичној промени pH вредности.

Када је завршено са повезивањем сонде, врши се процес калибрације. Он се састоји од следећих корака<sup>7 5</sup>:

1. Укључити сонду и трансмитер ( уколико постоји ); и изабрати одговарајуће пуфере за калибрацију ( најмање два пуфера )
2. Подесити температурну корекцију, изабрати ручну или аутоматску корекцију
3. Подесити температуру пуфера на трансмитеру или сонди, уколико нема аутоматске корекције температуре
4. Насути пуфере намењене калибрацији у чисте посуде ( углавном раствори са pH вредношћу 4 и 10 )
5. Обратити пажњу да се калибрациони пуфери користе у редоследу, који је приказан на екрану трансмитера ( неке сонде имају функцију аутоматског препознавања пуфера )
6. Прегледати електроде и утврди да ли нема неких очигледних физичких оштећења
7. Испрати електроду дестиловном или дејонизованом водом
8. Узети први пуфер нежно промешати и уронити у њега електроду
9. Кликнути на дугме калибрација ( на самој сонди или трансмитеру )
10. Сачекати док се не стабилизује показивање на екрану
11. Извадити електроду, поново је испрати дестилованом водом и поновити кораке од 8-10 за други пуфер.

12. Након извршене калибрације, добро је проверити да ли је калибрација успела. Урањањем сонде у рН неутралан раствор и поновним урањањем у пуфере за калибрацију, са испирањем између сваког урањања, као и праћењем измерених вредности на екрану може се утврдити да ли је калибрација обављена успешно. Уколико није, поновити процес калибрације.

13. Поставити електроду на своје место и може се отпочети са мерењима.

Мерења се врше једноставним урањањем сонде у раствор који се жели мерити. За континуално праћење промене рН вредности, може се користити и логер уређај, који је или интегрисан у трансмитеру или као засебан уређај и служи у сврху прикупљања податак у виду излазаног напона. Такође је могуће и вршити ручно записивање података.

Након коришћења сонду не треба брисати крпом, јер се на тај начин може оштети слој гела око стаклене мембране. Електроду која није у употреби најбоље је чувати у влажним условима. Најбоље је сонду потопити у пуферске растворе рН = 4 или 7. Никако не треба електроду држати у дејонизованој или дестилованој води. За одлагање на дуге стазе потребно је гумену капицу електроде испунити раствором од 3 mol/L KCl, на тај начин електрода остаје хидратизована и спречава се убрзано старење електроде.

## **2.2. Сонда за мерење електропроводљивости**

### **2.2.1. Уопштено о електропроводљивости**

Проводљивост представља електрично својство воде. Вода и водени раствори у зависности од концентрације јона, могу да проводе електричну струју. Проводљивост зависи од врсте јона присутних у води, концентрације јона, покретљивости и наелектрисања јона, као и од температуре на којој се врше мерења. У СИ систему јединица, проводљивост се изражава у сименсима ( S ), али величина која се обично мери се назива специфична електропроводљивост и изражава се у  $\mu\text{S}/\text{cm}$ <sup>8</sup>.

Све супстанце, које могу проводити струју, имају одређену вредност електричног отпора, која се може измерити. Електрични отпор, одређује јачину струје која ће проћи кроз електрично коло при одређеном напону. Према Омовом закону, између напона и струје постоји линеарна зависност<sup>8</sup>.

$$U = I \cdot R \quad (3)$$

Ознаке у једначини су :

U – Напон

I – Јачина струје

R – Електрични отпор

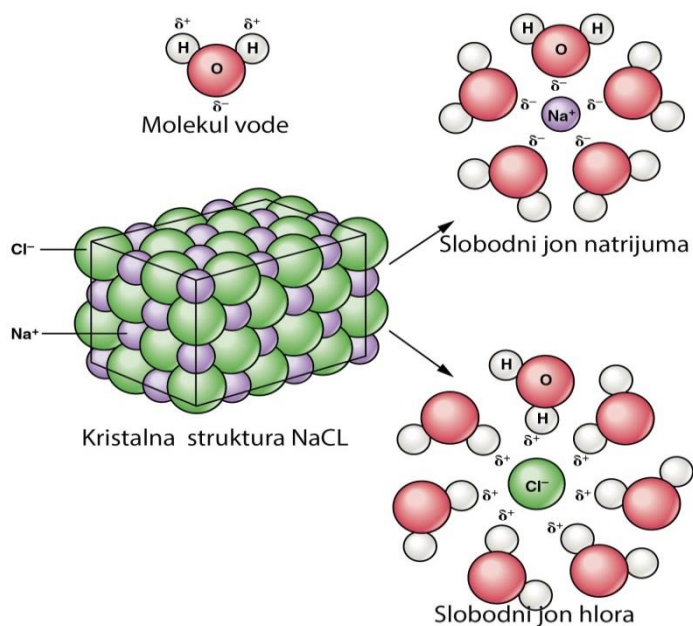
Вредност отпора  $R$  се теоријски може одредити преко геометријских величина самог проводника: Дужине проводника ( $l$ ), површине попречног пресека ( $A$ ) и преко величине која се назива специфична електропроводљивост ( $\kappa$ ). Специфична проводљивост зависи од материјала, од кога је израђен проводник.

$$R = \frac{l}{\kappa \cdot A} \quad (4)$$

Електропроводљивост ( $G$ ) је величина која се изражава у сименсима ( $S$ ), обрнуто пропорционална отпору и изражава се као:

$$G = \frac{1}{R} \quad (5)$$

У металним проводницима струја се преноси посредством слободних електрона, али у воденим растворима за провођење струје заслужни су дисосовани јони<sup>9</sup>. Дисосовани јони, јесу они јони који настају у процесу разлагања раствора електролитичком дисоцијацијом, под утицајем молекула растварача. Молекули растварача који су поларни ( имају оба пола наелектрисања ) окружују молекуле растворка, на тај начин долази до неутралисања електростатичке привлачне силе између јона. Тако окружени јони са неутралисаним привлачним силама, почињу се удаљавати једни од других, тј. постају слободни јони. Пример формирања слободних јона у воденом раствору кухињске соли (  $\text{NaCl}$  ) је приказан на слици 7. Што је већа концентрација слободних јона у раствору, то је већа електропроводљивост раствора<sup>10</sup>.



Слика 7. Процес дисоцијације кухињске соли (  $\text{NaCl}$  ) у води

Велика разлика између концентрације слободних јона, па самим тим и електропроводности, може се уочити на примеру ултра чисте и пијаће воде. Електропроводност чисте воде је негде око  $0.1 \mu\text{S}/\text{cm}$ , док је горња граница електропроводљивости за пијаћу воду  $1000 \mu\text{S}/\text{cm}$ . Лако се може доћи до закључка да се мерење електропроводљивости врши ради утврђивања чистоће воде или као кумулативни параметар за мерење растворених неорганских супстанци.

### 2.2.2. Принцип рада сонде за мерење електропроводљивости

За мерење електропроводљивости користе се сонде са различитим принципима функционисања. Постоје сонде које раде на принципу контактне проводљивости, као и сонде које раде на принципу индуктивне проводљивости. У оквиру овог рада биће речи само о контактної проводљивости, јер је тај принцип мерења коришћен у лабораторији.

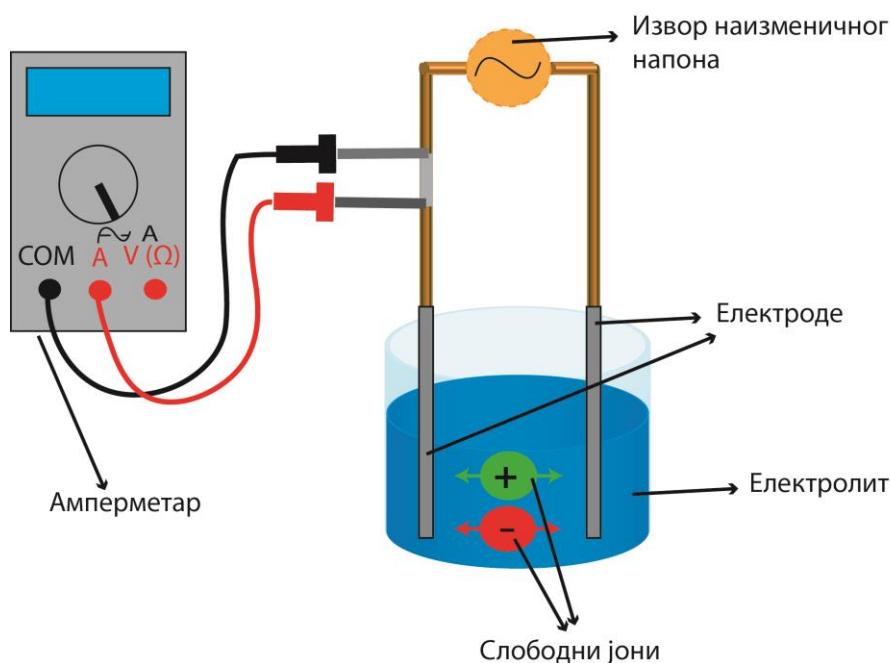
За процес континуалног праћења електропроводљивости коришћена је сонда компаније *Endress + Hauser CLS15 D*, која је попут сонде за рН, повезана на другом каналу трансмитера *Endress + Hauser Liquiline CM 442*. Сонда поседује и сензор за температуру, па се остварује аутоматска компензација температурних утицаја приликом мерења. Елементи сонде и њен изглед приказани су на слици 8.



Слика 8. Сонда за мерење електропроводљивости и делови сонде

Већина сензора, који раде на принципу контактне проводљивости састоје се од две електроде. Електроде су најчешће израђене од титанијума или нерђајућег челика. Извор струје са наизменичном променом напона, који се преноси на електроде, ствара електрично поље. Електрично поље изазива померање јона напред, назад, па како они представљају носиоце наелектрисања, долази до провођења струје кроз раствор. Мерењем јачине струје и уз помоћ познатог напона, добијају се два параметра преко којих се може израчунати отпор. Када је позната вредност отпора, применом израза (5)

једноставно се долази до вредности која представља проводљивост<sup>11</sup>. Електрично коло за мерење електропроводљивости у електролиту је приказано на слици 9.



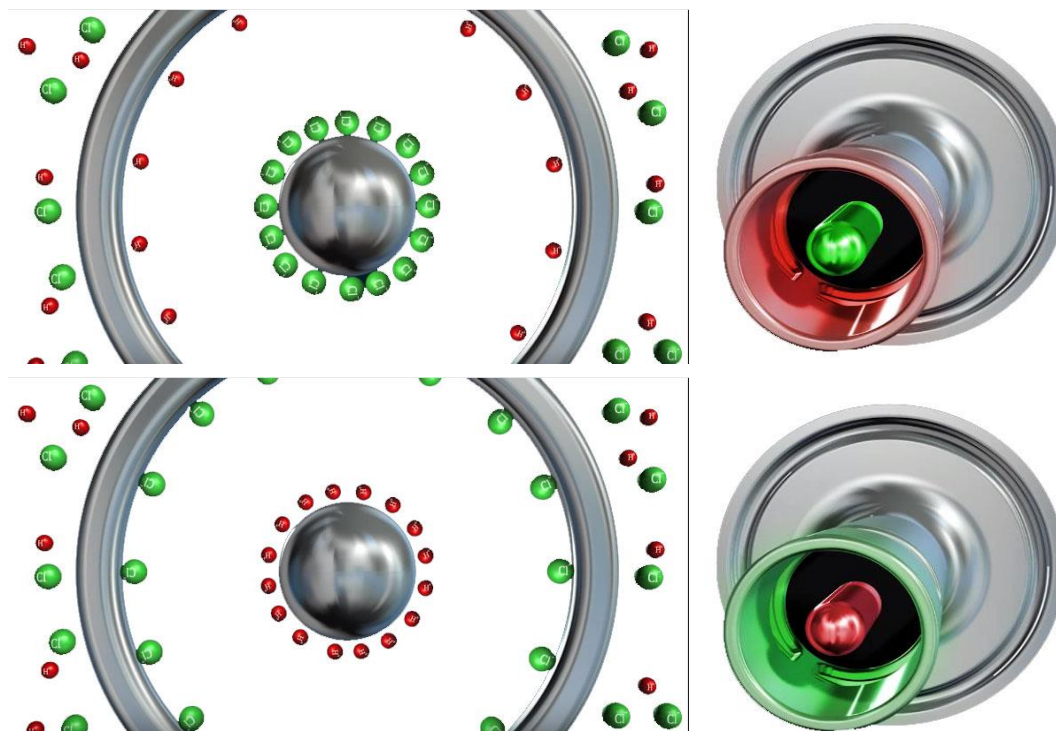
Слика 9. Електрично коло за мерење електропроводљивости

Код сонде су електроде распоређене на компактнији начин него у електричном колу, што чини уређај доста мобилнијим. Једна електрода је у виду игле, док се друга електрода пружа у виду омотача око игле на неком одређеном растојању. Кроз ове електроде наизменични напон изазива стална кретања јона из раствора, од игле ка омотачу и обратно, генеришући струју у раствору<sup>11</sup>.

Јонска струја која настаје у раствору, где јони представљају носиоце наелектрисања, зависи од концентрације јона, површине уроњеног дела електрорда и растојања између електрода. Управо геометрија самог сензора дефинише пут којим ће пролазити струја, што имплицира увођење корекционог фактора са којим се множе измерене вредности проводности, тзв. ћелијске константе уређаја ( $c$ )<sup>8</sup>. Ћелијска константа се изражава у јединицама  $1/\text{cm}$ , и обично је задата од стране произвођача. Најчешће вредности ћелијске константе су  $0.01/\text{cm}$ ,  $0.1/\text{cm}$ ,  $1/\text{cm}$  и  $10/\text{cm}$ , током животног периода сонде ове вредности доживљавају мање промене. Сада се специфична електропроводљивост ( $\kappa$ ) може изрзити као :

$$\kappa = c \cdot G \quad (6)$$

Уколико има превише наелектрисаних честица у раствору, под утицајем Кулонове силе, која изазива њихово привлачење или одбијање, изазива се редукција струје. Кретање јона између две електроде у раствору хлороводоничне киселине приказано је на слици 10<sup>9</sup>.



Слика 10. Кретање јона (зеленом бојом су означени анјони хлора док су црвеном бојом означени катјони водоника) између електрода (зеленом бојом је означена анода, а црвеном катода)

### 2.2.3. Утицај температуре на мерење електропроводљивости

Мерење електропроводљивости зависи од температуре. Са порастом температуре долази до пораста електропроводљивости. Температурна корекција се може извршити зависно од величине електропроводљивости раствора, поковавајући се различитим законима.

**Линеарна температурна корекција** се може применити за растворе средње и велике електропроводљивости. У растворе средње и велике проводљивости спадају слани раствори, кисели раствори, као и процедурне воде са земљишта, пепела или сличних материјала. Како би се математички формулисао линеарни модел корекције температуре, потребно је увести температурни коефицијент ( $\theta$ ). Коефицијент се углавном дефинише као варијација проводљивости у % / °C. Израз који представља линеарну корекцију специфичне електропроводљивости гласи <sup>12</sup>:

$$\kappa_{T_{ref}} = \frac{100}{100 + \theta \cdot (T - T_{ref})} \cdot \kappa_T \quad (7)$$

$\kappa_{T_{ref}}$  – Проводљивост на референтној температури

$\kappa_T$  – Проводљивост узорка

$T$  – Температура узорка

$T_{ref}$  – Референтна температура

$\theta$  – Температурни коефицијент

Повећање разлике између  $T$  и  $T_{ref}$  доводи до повећања грешке.

Познавајући температуру  $T_1$  која је блиска референтној температури и температуру  $T_2$  која одговара температури узорка, као и одговарајућим вредностима електропроводљивости при тим температурама, може се дефинисати емпиријски израз за прорачун температурног коефицијента :

$$\theta = \frac{100 \cdot (\kappa_{T_2} - \kappa_{T_1})}{\kappa_{T_1} \cdot (T_2 - T_1)} \cdot \kappa_T \quad (8)$$

Опсег вредности температурног коефицијента за различите врсте електролита наведен је у тексту испод :

- Киселине : 1 -1.6 % /°C
- Базе : 1.8 – 2.2 % /°C
- Соли : 2.2 – 3 % /°C
- Вода за пиће : 2 % /°C
- Ултрачиста вода : 5.2 % /°C

**Нелинеарна температурна корекција (  $f_{25}(T)$  )** се користи за растворе са нижом електропроводљивошћу, као што су: подземна вода, површинска вода, пијаћа вода и неке отпадне воде. Принцип корекције у овом случају се заснива на томе да се проводљивост измерена на температури узорка сведе на проводљивост при температури од 25 °C (  $\kappa_{25}$  ). Веза између измерене електропроводљивости  $\kappa_T$  и  $\kappa_{25}$  описује се следећом релацијом <sup>13</sup>:

$$\kappa_{25} = f_{25}(T) \cdot \kappa_T \quad (9)$$

Нелинеарна функција корекције је дефинисана према стандарду <sup>14</sup> и применљива је у опсегу температуре од 0 °C до 35.9 °C. Израз по коме се рачуна корекциона функција је:



$$f_{25} = 1.116 \cdot \left[ (1 - a) \cdot a \cdot \left( \frac{\eta_0}{\eta_{25}} \right)^n \right] \quad (10)$$

$$\frac{\eta_0}{\eta_{25}} = A + e^{\left( B + \frac{C}{T+D} \right)} \quad (11)$$

Ознаке у једначини и вредности параметара су:

$\eta$  – вискозност раствора

T – температура раствора у тренутку мерења

$a = 0.962144$

$n = 0.965078$

$A = -0.198058$

$B = 1.992186$

$C = 231.17628$

$D = 86.39123$

#### 2.2.4. Одржавање и коришћење сонде за мерење електропроводљивости

Калибрација сонде за мерење електропроводљивости се врши према упутству произвођача. Калибрација омогућује проверу вредности ћелијске константе.

Пре почетка мерења битно је електроде сензора добро испрати дејонизованом водом како би се уклонила било каква контаминација. Јако је битно уклонити и мехуриће ваздуха из раствора у коме се мери. За мерење јако малих вредности електропроводљивости (испод 10  $\mu\text{S}/\text{cm}$ ) потребно је користити затворени систем, како би се искључио утицај угљен-диоксида. Након завршене припреме, мерење се једноставно изводи потапањем сонде у раствор, тако да се ниво раствора нађе изнад места где је перфорирана спољашња електрода<sup>12</sup>.

Након завршетка мерења треба се побринути да је ћелија чиста. Ћелија се чисти испирањем дејонизованом водом. У случају да је ћелија била у раствору нечега што није растворљиво у води, прво се врши испирање етанолом или ацетоном, па затим дејонизованом водом. Тако очишћен сензор, уколико се неће користити на нешто краћи временски период (око 2 дана) може се држати на сувом месту или потопљен у дејонизовану воду, док у случају некоришћења на дужи временски период сензор треба осушити и одложити у кутију, која га штити од механичких оштећења и честица прашине<sup>12</sup>.

Код сонде за мерење електропроводљивости не долази до старења електрода, па се на трајање електроде може утицати само непрописним чишћењем и употребом.



## 2.3. Сonda за мерење мутноће

### 2.3.1. Уопштено о мутноћи

Мутноћу воде чине колоидне и суспендоване честице у води. Мутноћа воде се мери поређењем светлосних ефеката који се одвијају проласком светлости кроз узорак и кроз стандард. Што је већи интензитет скретања светлосних зрака и што је већа интерференција, већа је и мутноћа узорка. Јединица у којој се изражава мутноћа је FNU (Formazin Nephelometric Unit), може се користити и NTU (Nephelometric Turbidity Unit). Ове две јединице изражавања су једнаке, једину разлику чини то што се за мерење у FNU јединицама користи инфрацрвени извор светлости, док се изражавање у NTU јединицама врши при мерењима у којима је коришћен извор беле светлости<sup>15 16</sup>.

Суспендоване честице глине, честице муља, fine и ситне органске и неорганске материје, растворене и обојене органске и неорганске материје, микроскопски ситни организми и планктони су најчешћи узрочници мутноће<sup>15</sup>.

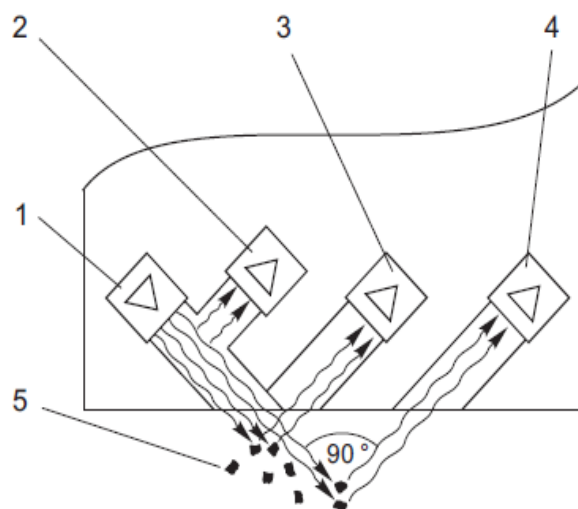
За мерење мутноће постоји више врста уређаја, као што су цеви за мерење мутноће, турбидиметри и сонде за континуално праћење промене мутноће.

### 2.3.2. Принцип рада сонде за мерење мутноће

Мерење мутноће воде у оквиру овог рада вршено је континуално, сондом *Turbimax CUS 31* компаније *Endress + Hauser*. Сонда је повезана кабловском везом на трансмитер *CUM 223*, који такође производи компанија *Endress + Hauser*. Детекција мутноће код ове сонде се врши према стандарду ISO 7027, што подразумева да сензори пријемници светлосних таласа, који се одбијају од честица у води, буду постављени под углом од 90° у односу на светлосни извор. Светлосни извор одашиље светлосне таласне дужине од око 880 nm, што одговара инфрацрвеном спектру<sup>17</sup>.



Слика 11. Трансмитер CUM 223 и сонда за мерење мутноће Turbimax CUS 31

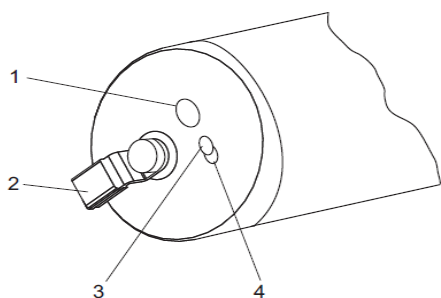


- 1) Емитер инфрацрвеног зрачења
- 2) Референтна диода
- 3) Пријемник расипаног зрака светлости 1
- 4) Пријемник расипаног зрака светлости 2
- 5) Честице

Слика 12. Принцип рада сонде за мерење мутноће<sup>17</sup>

Емитер инфрацрвеног зрачења емитује светлосни сноп под дефинисаним углом кроз медијум ( воду ). Различите рефракције светлости између улазног дела и медијума се узимају у обзир. Честице у медијуму расипају светлост, и светлост долази до пријемника светлосног зрака, који су такође постављени под дефинисаним углом. Мерења која се добијају као резултат детекције на пријемнику се константно упоређују са вредношћу, која је измерена пре контакта светлости са честицама на референтној диоди. Процес детекције мутноће воде је приказан на слици 12<sup>17</sup>.

Сонда се састоји од електричног кола, које је смештено унутар тела сонде и врши претварање детектоване мутноће у одређену јачине струје. Опсег мерења који је сразмеран опсегу јачине струје подешава се на трансмитеру. На врху сонде присутне су фотодиоде као пријемници и инфрацрвени ( LED ) емитер, као и четкица ( в. слику 13 )<sup>17</sup>. Четкица има улогу да изврши чишћење сензора, у временским корацима задатим преко трансмитера. На тај начин се спречава контаминација сензора, која може озбиљно утицати на расипање светлосног зрака, па сам тим и на измерене вредности.



- 1) Фотодиода ( пријемник )
- 2) Четкица
- 3) Фотодиода ( пријемник )
- 4) Инфрацрвени (LED) емитер

Слика 13. Делови сонде за мерење мутноће воде

### 2.3.3. Правилно коришћење и одржавање сонде за мерење мутноће

Процес калибрације сонде за мерење мутноће се врши према упутствима произвођача.

Приликом мерења овом сондом потребно је обратити пажњу на исправно постављање сонде у систем, како би се омогућило правилно детектовање расипаних светлосних зрака. Обично се поставља на бочну страну цеви, резервоара, мерне кутије или сл. На тај начин се омогућује одбијање зрака од оних честица, које су круцијалне за непровидност воде, а не оних које су исталожене, уколико би се сонда поставила тако да се светлосни сноп емитује ка дну. Присуство мехурића гаса у систему може утицати на рефракцију светлости, па се свакако требају елиминисати из система<sup>18</sup>. Систем за мерење мутноће је врло осетљив на спољашња светлосна загађења, па је потребно да током мерења буде на тамном месту, где нема продора светлости из спољне средине.

Величина честица, које чине мутноћу воде, различито утиче на расипање емитованог светла. Ако се честице много мање од таласне дужине емитованог светла, извршиће расипање светла приближно једнако у свим правцима, док честице веће од таласне дужине емитованог светла, расипају светлост највише у предњем делу, а мање у осталим правцима. Трансмисија светла кроз воду зависи и од способности честица да апсорбују светлост одређене таласне дужине, из тог разлога могућа је појава различитих резултата на уређајима који врше мерења по различитим принципима. Такође појава разлике у мутноћи између два узастопна мерења је сасвим нормалана, јер долази до таложења прво крупнијих честица, а затим и мањих, па се светлост другачије одбија иако се ради о истом узорку<sup>19</sup>.

Одлагање сонде за мерење електропроводљивости се врши испирањем дестилованом водом, па затим сушењем на ваздуху. Битно је врх сонде заштитити од директног сунчевог зрачења и прашине. То се може постићи навлачењем непрозирног поклопца, који је обично саставни део паковања сонде<sup>18</sup>.

## 2.4. Сонде за мерење нивоа

### 2.4.1. Увод

Мерење нивоа се може извести на пуно начина, ручно или путем електричних мерења. У оквиру овог рада коришћен је принцип мерења нивоа у зависности од промене хидростатичког притиска, као и систем капацитивног мерења промене нивоа, па ће само та два принципа мерења и бити описана у овом поглављу.

### 2.4.2. Сонда за мерење нивоа преко хидростатичког притиска

У резервоару у коме се налази „чиста ” вода, ради континуалног праћења промене нивоа постављена је сонда *Endress + Hauser Waterpilot FMX167*. Сонда врши мерење промена хидростатичког притиска из кога се једноставном математичком релацијом долази до вредности нивоа. Релација за прорачун нивоа гласи<sup>20</sup> :

$$h = \frac{p}{\rho \cdot g} \quad (12)$$

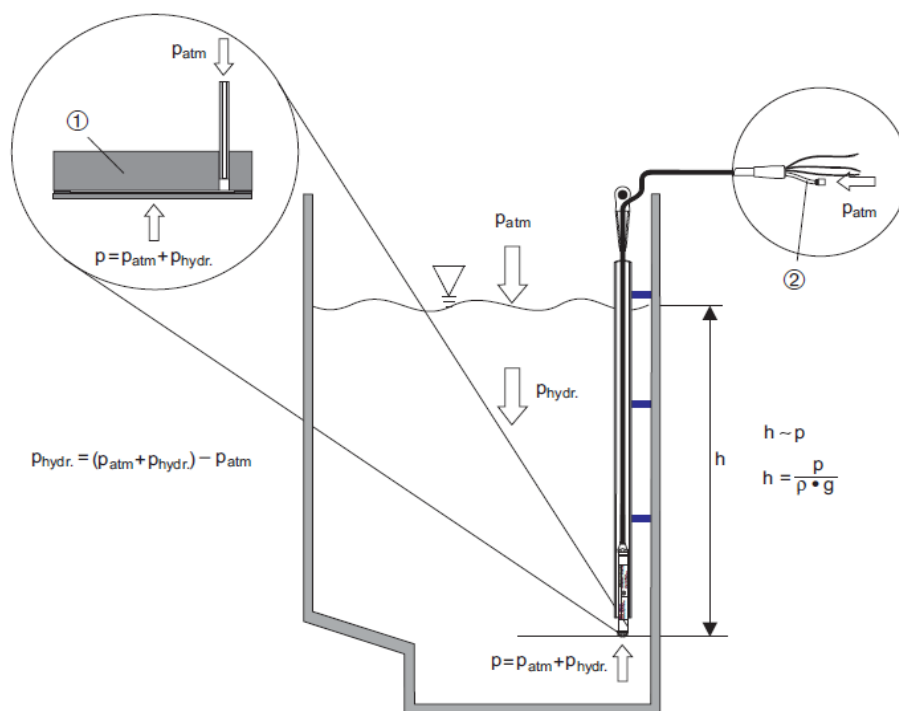
h – Ниво

p – Тотални притисак ( хидростатички + атмосферски )

$\rho$  – Густина течности у којој се налази сонда

g – гравитационо убрзање

Принцип рада сонде се заснива на деловању тоталног притиска са једне стране, и атмосферског притиска са друге стране керамичке мерне ћелије. Тотални притисак ствара медијум ( вода ), док се атмосферски притисак спроводи путем цеви која пролази кроз кабл до изоловане керамичке мембране. Довођење атмосферског притиска се врши како би се компензовао његов утицај на мерења. Услед померања керамичке мембране под утицајем притиска, долази до промене капацитивности, која се мери на електроди од керамичког преносника. Електрично коло унутар сонде конвертује померање мембране у сигнал пропорционалан притиску, који је у линеарној зависности са нивоом воде. Принцип рада графички је приказан на слици 14



Слика 14. Принцип рада сонде за мерење нивоа преко хидростатичког притиска

На слици 14 је под бројем 1 приказана керамичка мерна ћелија, а под бројем 2 је приказан елемент који омогућује компензацију атмосферског притиска. Приказ сонде и елемента за компензацију притиска дат је на слици 15 .



**Слика 15.** Сонда за мерење нивоа преко хидростатичког притиска и елемент за компензацију притиска

Сви елементи сонде смештени су у компактном кућишту од нерђајућег челика. Тежина сонде је довољна за мерење у мањим дубинама и у мирној води. У лабораторијским условима сонду је потребно причврстити у резервоар, како би имала фиксни положај нултог нивоа, може бити и слободна, али се онда мора вршити стална калибрација положаја нулте тачке. У случају мерења у великим дубинама и воденим токовима који нису мирни, пожељно је на сонду додати додатну тежину.

У циљу температурне компензације у сонди је присутан температурни сензор Pt 100. Pt 100 је сензор од платине који при температури од 0 °C има електричну отпорност од 100  $\Omega$ <sup>21</sup>. Са повећањем температуре расте и електрична отпорност. Релација између температуре и отпорности је задата према стандарду ITS-90.

Ова врста сонде је погодна за велики распон дубина од 10 cm до више стотина метара.

Калибрација сонде се може извршити формирањем криве линеарне зависности нивоа и измерене вредности напона.

Одлагање ове сонде након мерења није сложено, потребно је само сонду осушити и одложити на место које пружа заштиту од механичких оштећења.

### 2.4.3. Капацитивна сонда за мерење нивоа

Капацитивност представља способност тела да складишти наелектрисање. Ово је појам који се најчешће среће код кондензатора и зависи од облика, димензија, међусобног растојања између електрода, као и од карактеристика диелектрика између њих. Диелектрик представља средину која није проводна. Када дође до пропуштања струје кроз електрично коло, позитивно наелектрисане честице остају на једној електроди, док се негативно наелектрисане честице прилепљују за другу электроду. Оног тренутка када се разлика потенцијала извора и разлика потенцијала између електрода кондензатора изједначи престаје проток струје. Релација којом се представља капацитивност гласи :

$$C = \frac{dQ}{dU} \quad (13)$$

Где је :

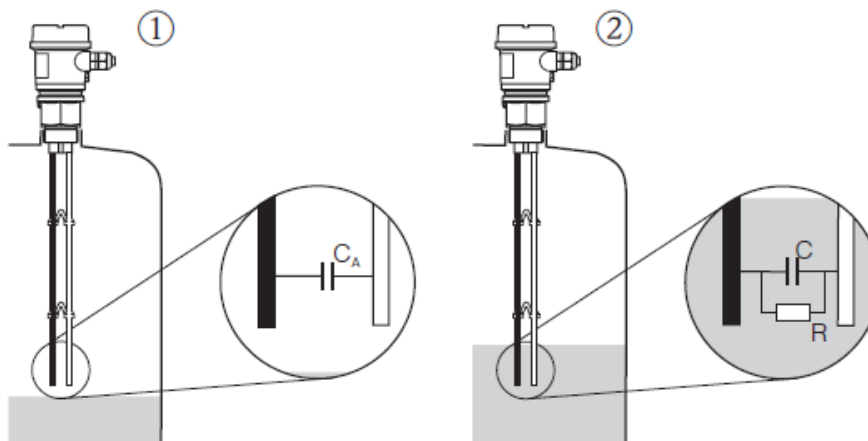
Q – количина наелектрисања

U – напон

Јединица за капацитивност је Фарад (F).

Један од кључних фактора диелектричне средине, јесте материјал од кога је израђена средина. Однос између капацитивности кондензатора испуњеног неким диелектриком и капацитивности истог тог кондензатора у вакууму без диелектричног материјала између електрода, дефинише се релативном константом ( $\epsilon$ ). Диелектрична константа воде и ваздуха је различита, и управо је то један од главних фактора који утичу на принцип рада капацитивне сонде.

Сонда *Endress+Hauser Liquicap T FMI21*, се састоји од две паралелно постављене електроде на одређеном растојању. Тако постављене електроде заправо формирају кондензатор, са ваздухом као диелектричном средином ( слика 16 )<sup>22</sup>. Како расте ниво



Слика 16. Принцип рада капацитивне сонде

диелектрична средина коју представља ваздух бива замењена водом, која има далеко већу диелектричну константу. Због веће диелектричне константе долази до повећања капацитивности. Електроника унутар сонде врши трансформацију измерене вредности капацитивности у струју јачине од 4 до 20 mA.

Одлагање ове сонде се врши на исти начин као и код сонде за мерење нивоа преко промене хидростатичког притиска.

## 2.5. Мерење протока

Мерење протока флуида се врши од давнина, па из тог разлога постоји велики број развијених метода за мерење протока. Нека решења су једноставнија и заснивају се на мануелном раду, док су нека решења спроведена пратећи принципе електротехнике па су мало и сложенија, али и умањују број фактора који утичу на грешке при мерењу.

Низ различитих метода мерења протока је спроведен у оквиру овог рада, па ће свака од њих бити објашњена хијерархијски по сложености.

### 2.5.1. Мерење времена и тежине протеклог флуида

Ова метода је коришћена само као контролна метода за одређивање протока, па поставка за ова мерења није у оквиру сталне лабораторијске инсталације за мерења параметара квалитета. Једна од најједноставнијих метода мерења протока је мерење уз помоћ посуде познате масе ( $m_0$ ) и мерача времена. Посуда се пуни водом у одређеном временском интервалу, који би требао да износи преко 30 секунди, како би се утицаји неусклађености поставке посуде и мерења интервала времена компензовали. Након завршетка пуњења водом, маса се мери поново и добија се маса флуида заједно са посудом ( $m_1$ ). Претпоставља се да је густина воде константна и износи  $\rho_{H_2O} = 1000 \text{ kg/m}^3$ . Једноставном математичком релацијом може се доћи до протока:

$$Q = \frac{m_1 - m_0}{\rho_{H_2O} \cdot t} \quad (14)$$

$m_1$  – Маса посуде и флуида у њој

$m_0$  – Маса празне посуде

$\rho_{H_2O}$  – Густина воде

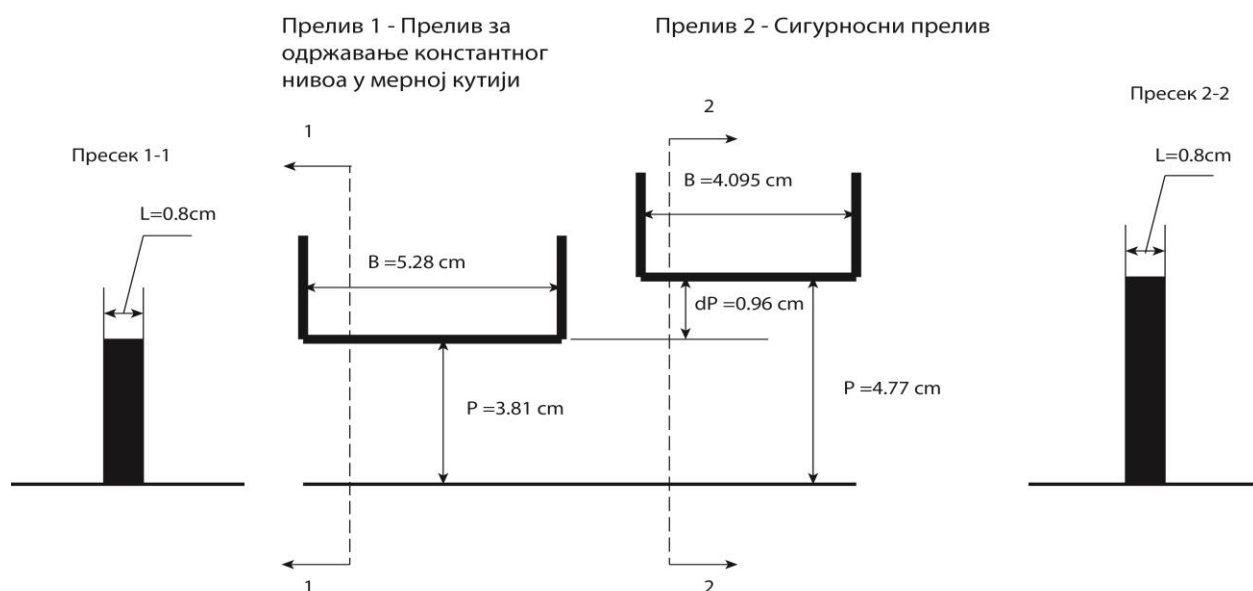
$t$  – време пуњења посуде



### 2.5.2. Преливи за мерење протока

За контролу протока на инсталацији су присутна три прелива, два на мерној кутији од којих је један сигурносни и један троугаони прелив који се налази на инсталацији. Као и претходно описана метода, и мерење протока преко прелива је само контролног карактера, иако су сви преливи били у функцији током извођења експеримената.

За **правоугаони прелив** није познат коефицијент преливања, па су вршена мерења како би се идентификао коефицијент преливања, с обзиром на карактеристичне димензије прелива које су дате на слици 17 и величине протока, прелив не припада ни оштроивичним, ни преливима са широким прагом, већ ирегуларним преливима за које се уводе посебни коефицијенти корекције. Коефицијенти корекције, као и прорачун коефицијента преливања биће наведени у поглављу резултати мерења.



Слика 17. Димензије прелива у см; Сигурносни прелив десно и прелив за одржавање константног нивоа у кутији и контролу протока лево

**Троугаони прелив** се налази у каналу за мерење протока ( слика 18. ). Троугаони прелив је оштроивични са димензијама које задовољавају услове примене једначине Киндсвејтер – Картер (1957) <sup>23</sup>.

Једначина Киндсвејтер - Картер садржи поред коефицијента протока и коефицијент корекције висине преливног (  $K_h$  ) млаза у зависности од величине угла  $\theta$  прелива, и представља се изразом 15.

$$Q = \frac{8}{15} \cdot C_e \cdot \tan\left(\frac{\theta}{2}\right) \cdot \sqrt{2 \cdot g \cdot (h + K_h)^5} \quad (15)$$



Ознаке у изрзу 15 су :

$Q$  – Проток

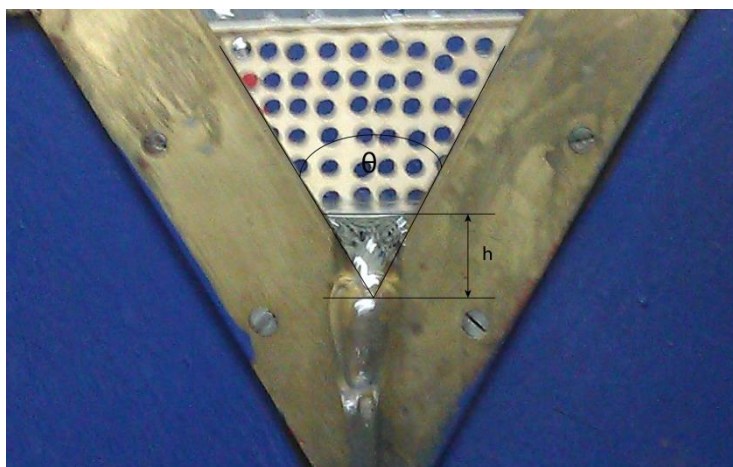
$C_e$  – Коефицијент преливања

$\theta$  – Угао који заклапају преливне ивице троугаоног прелива

$g$  – Гравитационо убрзање

$h$  – Висина преливног млаза

$K_h$  – Корекција висина преливног млаза



Слика 18. Троугаон прелив

Израз за приближно израчунавање коефицијената преливања и корекције висине преливног млаза су :

$$K_h \cong 0.001 \cdot [\theta \cdot (1.395 \cdot \theta - 4.296) + 4.135] \quad (16)$$

$$C_e \cong \theta \cdot (0.02286 \cdot \theta - 0.05734) + 0.6115 \quad (17)$$

У овим изразима је потребно унети угао  $\theta$  у радијанима, тј. угао у степенима помножити са  $\pi/180$ . Добијена вредност  $K_h$  се применом ове једначине добија у метрима. Факторе  $C_e$  и  $K_h$  могуће је одредити и читавањем са дијаграма 2 и 3<sup>23</sup>.

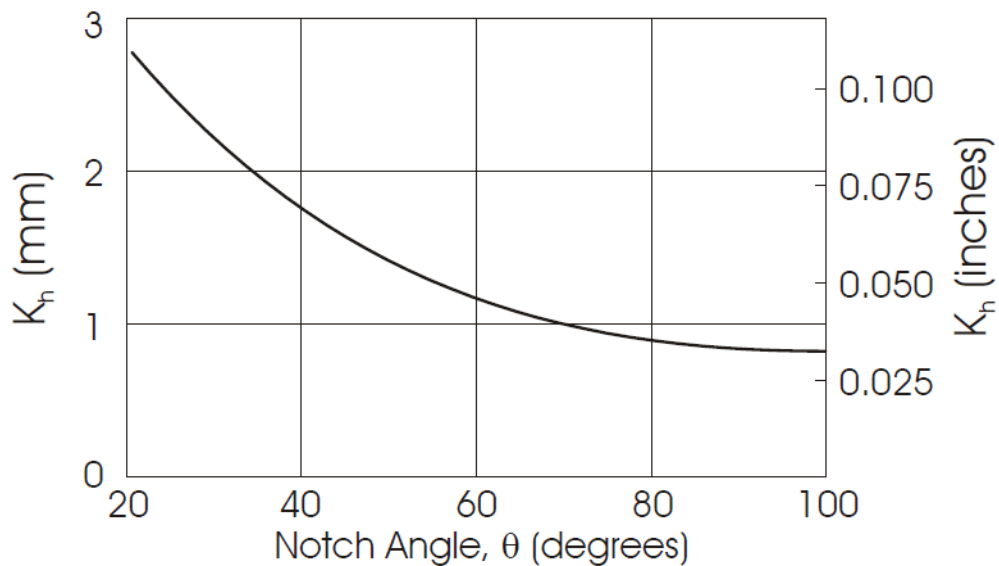


График 2. График за очитавње коефицијента корекције висине преливног млаза  $K_h$

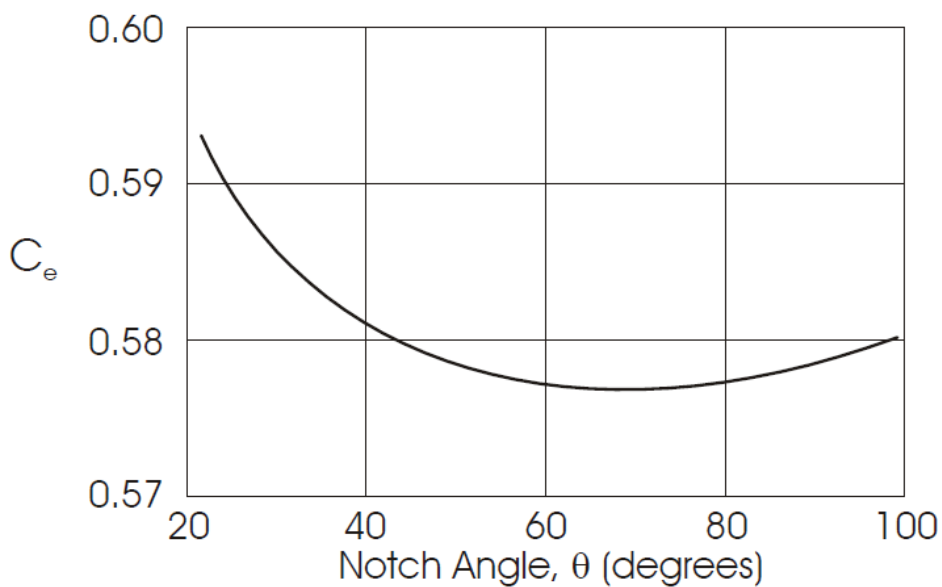
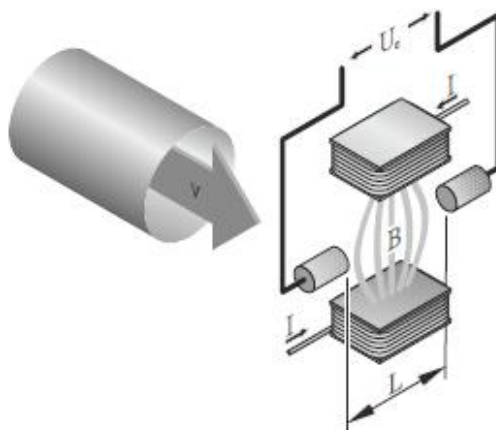


График 3. График за очитавње вредности коефицијента преливања

### 2.5.3. Електромагнетни мерач протока

Мерење протока електромагнетним мерачем протока врши се по принципу Фарадејевог закона електромагнетне индукције који гласи: кроз сваки проводник који се креће кроз електромагнетно поље индукује се електромоторна сила.

Улогу проводника код електромагнетног мерача протока игра вода, која се одређеном брзином креће кроз магнетно поље одређене јачине ( $B$ ) у проточној цеви која је саставни део мерача. Док вода пролази кроз магнетно поље, пропорционално брзини њеног кретања, између електрода фиксираних на бочним странама цеви се индукује напон. Како су магнетно поље и растојање између електрода фиксни параметри, једина варијабла је електромоторна сила која директно зависи од друге варијабле коју представља брзина кретања флуида. Принцип рада је шематски приказан на слици 19.



Слика 19. Принцип рада електромагнетног мерача протока

Математичка веза између брзине и индукованог напона је:

$$U_e = B \cdot L \cdot v \quad (18)$$

Где је:

$B$  – Магнетна индукција

$L$  – Растојање између две електроде

$v$  – Брзина

Проток се одређује преко површине попречног пресека проточне цеви, користећи израз :

$$Q = A \cdot v \quad (18)$$

Q – проток

A – Површина попречног пресека проточне цеви

V – Средња брзина кретања флуида кроз проточну цев

### **3. Резултати мерења**

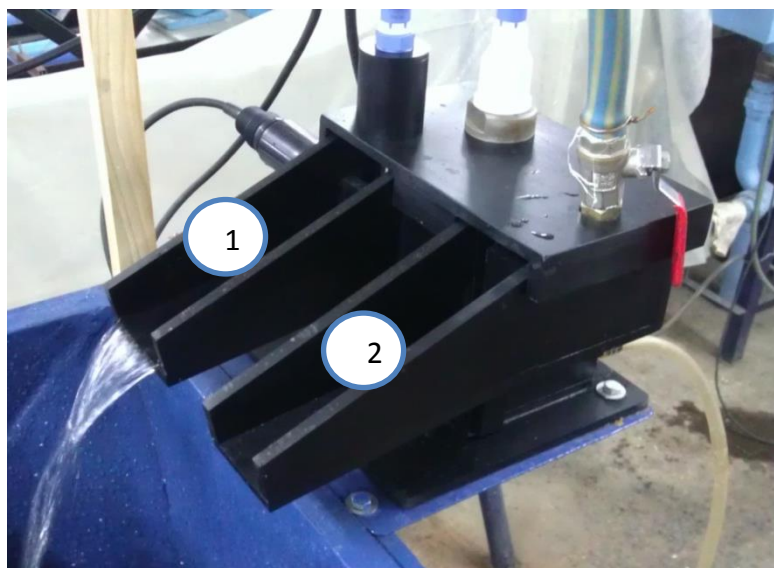
У оквиру овог поглавља биће представљени резултати мерења, као и предложени математички модел за прорачун улазних концентрација загађујућих материја на основу измерених вредности излаза у мерној кутији. Пошто транспорт материје у оквиру система зависи од протока воде, прво ће бити представљена мерења количине воде, а затим и транспорта загађујућих материја у оквиру система.

#### **3.1. Одређивање Q-h криве правоугаоних прелива**

##### **3.1.1. Принцип мерења и резултати мерења**

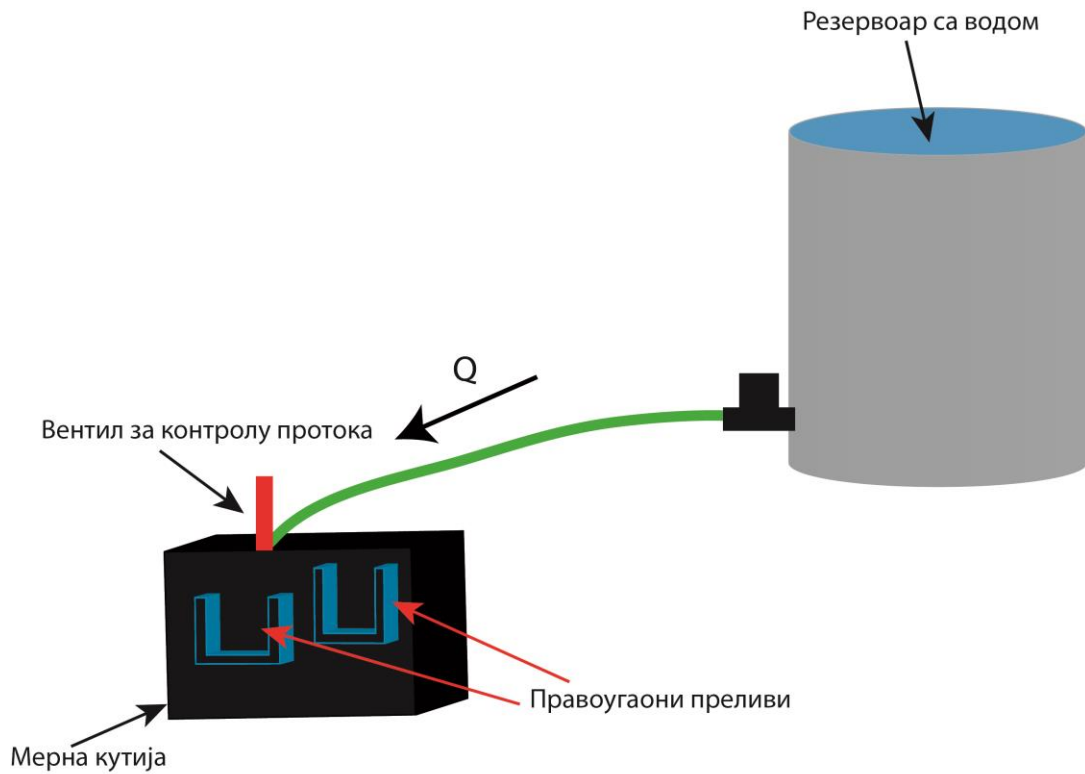
Одређивање Q-h криве прелива вршено је помоћу мерења времена и тежине протекле запремине воде преко ивице прелива, како би се одредио проток. За идентификацију дебљине преливног млаза вршена су мерења помоћу нонијуса.

Преливи се налазе на мерној кутији, ради једноставније представе резултата мерења, преливи су нумерисани, као што је приказано на слици 20.

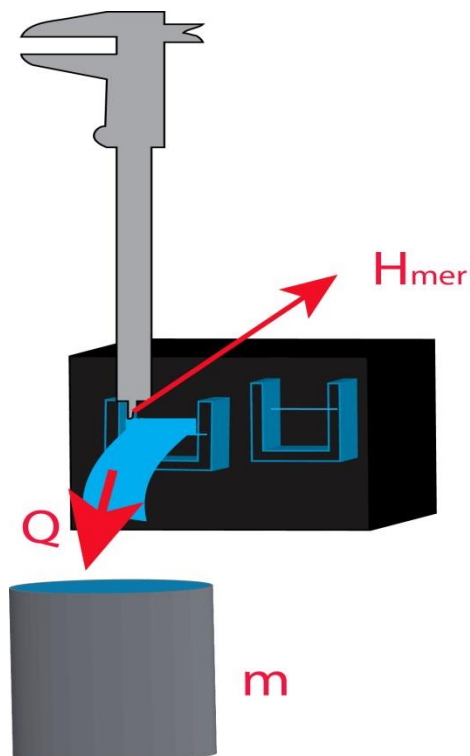


**Слика 20.** *Правоугаони преливи на мерној кутији*

На сликама 21 и 22 приказан је процес мерења као и начин на који се контролише проток воде из резервоара запремине 100 литара. Нонијус у оквиру система мерења није био фиксиран, већ је ослањан на ивицу како би се приближно увек успоставила једнака референтна тачка од које се мери ниво. Q-H криве прелива су одређене засебно за сваки од прелива, на тај начин што је приликом мерења на сигурносном преливу, прелив за одржавање константног нивоа био затворен.



Слика 21. Скица систем за контролу дотока у мерну кутију



Слика 22. Скица процеса мерења протока и  
дебљине преливног млаза

Измерене вредности и резултати прорачуна протока за прелив број 1 дати су у табели 1 у оквиру прилога 1.

Код прелива постоји низ фактора који утичу на одређивање коефицијента протока, као што су<sup>24</sup>:

- Утицај трења и површинског напона
- Однос ширине прелива (  $B$  ) и дебљине преливног млаза (  $h$  )
- Однос дебљине преливног млаза и релативне висине прелива (  $P$  )
- Утицај храпавости ивице прелива
- Дебљина преливне ивице
- Итд.

Како би се извршила компензација свих горе наведених утицаја уведен је фактор корекције (  $F$  ) преузет из литературе<sup>23</sup>.

Табела 2. Коефицијенти корекције и коефицијент протока  $C_q$

red br.	$H$ [cm]	$H+P$ [cm]	$H/(h+P)$ [-]	$H/L$ [-]	$F$ [-]	$C_q$ [-]
1	0.30	4.11	0.073	0.375	0.997	0.845
2	0.35	4.16	0.084	0.438	1.000	0.848
3	0.40	4.21	0.095	0.500	1.005	0.852
4	0.41	4.22	0.097	0.513	1.006	0.853
5	0.42	4.23	0.099	0.525	1.007	0.854
6	0.43	4.24	0.101	0.538	1.008	0.855
7	0.44	4.25	0.104	0.550	1.009	0.856
8	0.45	4.26	0.106	0.563	1.011	0.857
9	0.46	4.27	0.108	0.575	1.012	0.858
10	0.51	4.32	0.118	0.638	1.020	0.865
11	0.56	4.37	0.128	0.700	1.028	0.872
12	0.61	4.42	0.138	0.763	1.038	0.880
13	0.66	4.47	0.148	0.825	1.049	0.889
14	0.71	4.52	0.157	0.888	1.060	0.899
15	0.76	4.57	0.166	0.950	1.071	0.909

Сва мерења садрже несигурност, која у овом случају зависе од тачности уређаја којима су вршена мерења, начина мерења, као и утицаја временских кашњења приликом покретања и заустављања штопернице. Неодређеност мерења времена је процењена на  $\pm 1$  s, за мерење дебљине преливног млаза усвојена је неодређеност од  $\pm 1$  mm, иако је резолуција нонијуса 0.05 mm. Велика неодређеност је продукт нефиксираног нонијуса, као и осцилације нивоа у кутији. Вага за мерење тежине течности је тачности  $\pm 10$ g, па је та вредност и усвојена као непоузданост приликом

мерења тежине. Вредност густине воде је усвојена као константна  $\rho_{\text{воде}} = 1000 \text{ kg/m}^3$ . С обзиром на то да је проток ( $Q$ ) величина која се рачуна посредно преко запремине ( $V$ ) и времена ( $t$ ), а запремина посредно преко масе ( $m$ ) потребно је дефинисати пропацију неодређености. Пропагација неодређености се врши на следећи начин:

$$V \pm \varphi_V = \frac{m \pm \varphi_m}{\rho_{\text{воде}} \pm \varphi_\rho} \quad (19)$$

$\varphi_m$  – Неодређеност масе

$\varphi_\rho$  – Неодређеност густине флуида

$\varphi_V$  – Неодређеност запремине

Како је густина воде константна величина, неодређеност густине флуида је 0. Неодређеност запремине је дакле једнака неодређености масе.

$$\varphi_V = \varphi_m = \frac{m_{\text{vage}}}{m_{\text{mereno}}} \cdot 100 [\%] \quad (20)$$

$m_{\text{vage}}$  – Маса која представља тачност ваге (10 g )

$m_{\text{mereno}}$  – Измерена вредност тежине протекле запремине воде

Код посредне величине, протока, која се добије као количник протекле запремине и времена, где обе величине садрже неку неодређеност, неодређеност протока се одређује на следећи начин.

$$Q \pm \varphi_Q = \frac{V \pm \varphi_V}{t \pm \varphi_t} \quad (21)$$

$\varphi_t$  – Неодређеност измереног времена

$t$  – Време

$\varphi_Q$  – Неодређеност протока

$Q$  – Проток

Према правилу о пропацији неодређености приликом дељења две мерене величине, неодређеност протока се изражава као :



$$\varphi_Q = \sqrt{\varphi_V + \varphi_t} \quad [\%] \quad (22)$$

Резултати прорачуна неодређености су дати у прилогу 1, у табели 3.

На основу израчунатих вредности протока, измерних дебљина преливног млаза, и одређених коефицијената протока формирана је низ Q – H кривих прелива према изразу :

$$Q = \left(\frac{2}{3}\right)^{3/2} \cdot F \cdot 0.848 \cdot B \cdot \sqrt{g \cdot H_{mer}^x} \quad (23)$$

где је :

F – фактор корекције

g – Гравитационо убрзање (9.81 m/s<sup>2</sup>)

H<sub>мер</sub> – Измерена дебљина преливног млаза

x – Емпиријски параметар

B – Ширина прелива

Варирањем параметра X добијене су вредности протока које су дате у табели 4.

**Табела 4.** Q-H криве прелива за одржавање константног нивоа у мерној кутији  
( прелива 1 )

	x =	2.775	2.795	2.855	2.845
h [cm]	C <sub>q</sub> [-]	Q <sub>1</sub> [l/s]	Q <sub>2</sub> [l/s]	Q <sub>3</sub> [l/s]	Q <sub>4</sub> [l/s]
0.300	0.845	0.0241	0.0227	0.0196	0.0191
0.350	0.848	0.0300	0.0284	0.0246	0.0239
0.400	0.852	0.0365	0.0345	0.0300	0.0292
0.410	0.853	0.0378	0.0358	0.0312	0.0303
0.420	0.854	0.0392	0.0371	0.0323	0.0315
0.430	0.855	0.0405	0.0384	0.0335	0.0326
0.440	0.856	0.0420	0.0397	0.0347	0.0338
0.450	0.857	0.0434	0.0411	0.0359	0.0349
0.460	0.858	0.0448	0.0425	0.0371	0.0361
0.510	0.865	0.0524	0.0497	0.0435	0.0424
0.560	0.872	0.0604	0.0573	0.0504	0.0491
0.610	0.880	0.0689	0.0655	0.0577	0.0562
0.660	0.889	0.0780	0.0742	0.0654	0.0638
0.710	0.899	0.0876	0.0833	0.0736	0.0718
0.760	0.909	0.0976	0.0930	0.0823	0.0803

Графички приказ Q-H кривих прелива 1 је дат на графику 4. На графику 4 су такође приказани и резултати мерења са придруженим мерним нодређеностима.

Аналогно преливу 1, извршена су мерења и прорачун мерних несигурности за сигурносни прелив (прелив 2). Резултати прорачуна мерних неодређености и корекционих фактора су дати у табели 5, која се налази у прилогу 1. Одређивање корекционих фактора је вршено такође из литературе<sup>23</sup>, а за прорачуна протока је коришћен израз (23).

Табела 6. Коефицијенти корекције и коефицијент протока  $C_q$

red br.	H [cm]	H+P [cm]	H/(h+P) [-]	H/L [-]	F [-]	$C_q$ [-]
1	0.3	5.07	0.059	0.375	1.00	0.850
2	0.35	5.12	0.068	0.438	1.01	0.856
3	0.4	5.17	0.077	0.500	1.02	0.863
4	0.41	5.18	0.079	0.513	1.02	0.865
5	0.42	5.19	0.081	0.525	1.02	0.867
6	0.43	5.2	0.083	0.538	1.02	0.869
7	0.44	5.21	0.084	0.550	1.03	0.871
8	0.45	5.22	0.086	0.563	1.03	0.872
9	0.46	5.23	0.088	0.575	1.03	0.874
10	0.51	5.28	0.097	0.638	1.04	0.885
11	0.56	5.33	0.105	0.700	1.06	0.897
12	0.61	5.38	0.113	0.763	1.07	0.909
13	0.66	5.43	0.122	0.825	1.09	0.922
14	0.71	5.48	0.130	0.888	1.10	0.935
15	0.76	5.53	0.137	0.950	1.12	0.949
16	0.81	5.58	0.145	1.013	1.13	0.962
17	0.86	5.63	0.153	1.075	1.15	0.976
18	0.91	5.68	0.160	1.138	1.17	0.989
19	0.96	5.73	0.168	1.200	1.18	1.001
20	1.01	5.78	0.175	1.263	1.19	1.013
21	1.060	5.83	0.182	1.325	1.21	1.024
22	1.110	5.88	0.189	1.388	1.22	1.034
23	1.160	5.93	0.196	1.450	1.23	1.043
24	1.210	5.98	0.202	1.513	1.24	1.051

Као и код прелива 1 и код сигурносног прелива је варијацијом емпиријског параметра X одређено четири Q-H кривих. Резултати прорачуна Q-H кривих су дати у табели 7, док је графички приказ рачунских Q-H кривих и измерених вредности дат на графику 5.

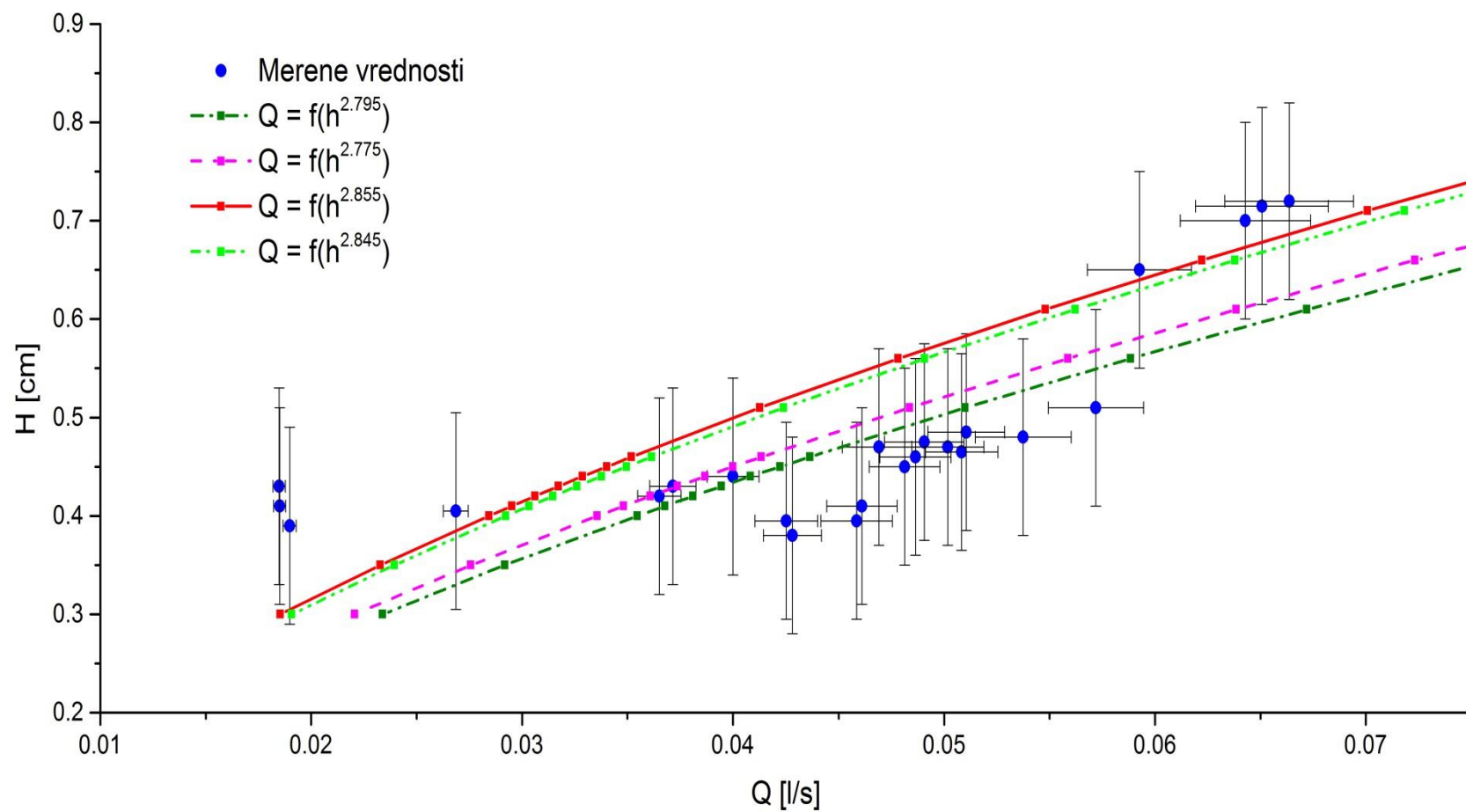


График 4. Q-H криве прелива за одржавање константног нивоа у мерној кутији ( прелива 1 )

**Табела 7. Q-H криве сигурносног прелива ( прелива 2 )**

	<b>x =</b>	2.94	2.98	3.02	3.1
<b>h</b> [cm]	<b>Cq</b> [-]	<b>Q<sub>1</sub></b> [l/s]	<b>Q<sub>2</sub></b> [l/s]	<b>Q<sub>3</sub></b> [l/s]	<b>Q<sub>4</sub></b> [l/s]
0.300	0.845	0.0149	0.0133	0.0118	0.0094
0.350	0.848	0.0188	0.0168	0.0150	0.0120
0.400	0.852	0.0231	0.0207	0.0185	0.0149
0.410	0.853	0.0240	0.0215	0.0193	0.0155
0.420	0.854	0.0249	0.0223	0.0200	0.0161
0.430	0.855	0.0259	0.0232	0.0208	0.0167
0.440	0.856	0.0268	0.0241	0.0216	0.0174
0.450	0.857	0.0278	0.0249	0.0224	0.0180
0.460	0.858	0.0288	0.0258	0.0232	0.0187
0.510	0.865	0.0339	0.0305	0.0274	0.0222
0.560	0.872	0.0394	0.0355	0.0320	0.0260
0.610	0.880	0.0453	0.0409	0.0369	0.0301
0.660	0.889	0.0515	0.0466	0.0422	0.0345
0.710	0.899	0.0582	0.0527	0.0478	0.0392
0.760	0.909	0.0653	0.0592	0.0537	0.0442
0.810	0.919	0.0727	0.0660	0.0600	0.0494
0.860	0.929	0.0805	0.0732	0.0665	0.0550
0.910	0.940	0.0886	0.0807	0.0734	0.0608
0.960	0.951	0.0971	0.0884	0.0806	0.0669
1.010	0.962	0.1058	0.0965	0.0880	0.0733
1.060	0.972	0.1148	0.1048	0.0957	0.0798
1.110	0.983	0.1241	0.1134	0.1036	0.0866
1.160	0.993	0.1335	0.1221	0.1117	0.0935
1.210	1.003	0.1431	0.1310	0.1200	0.1006

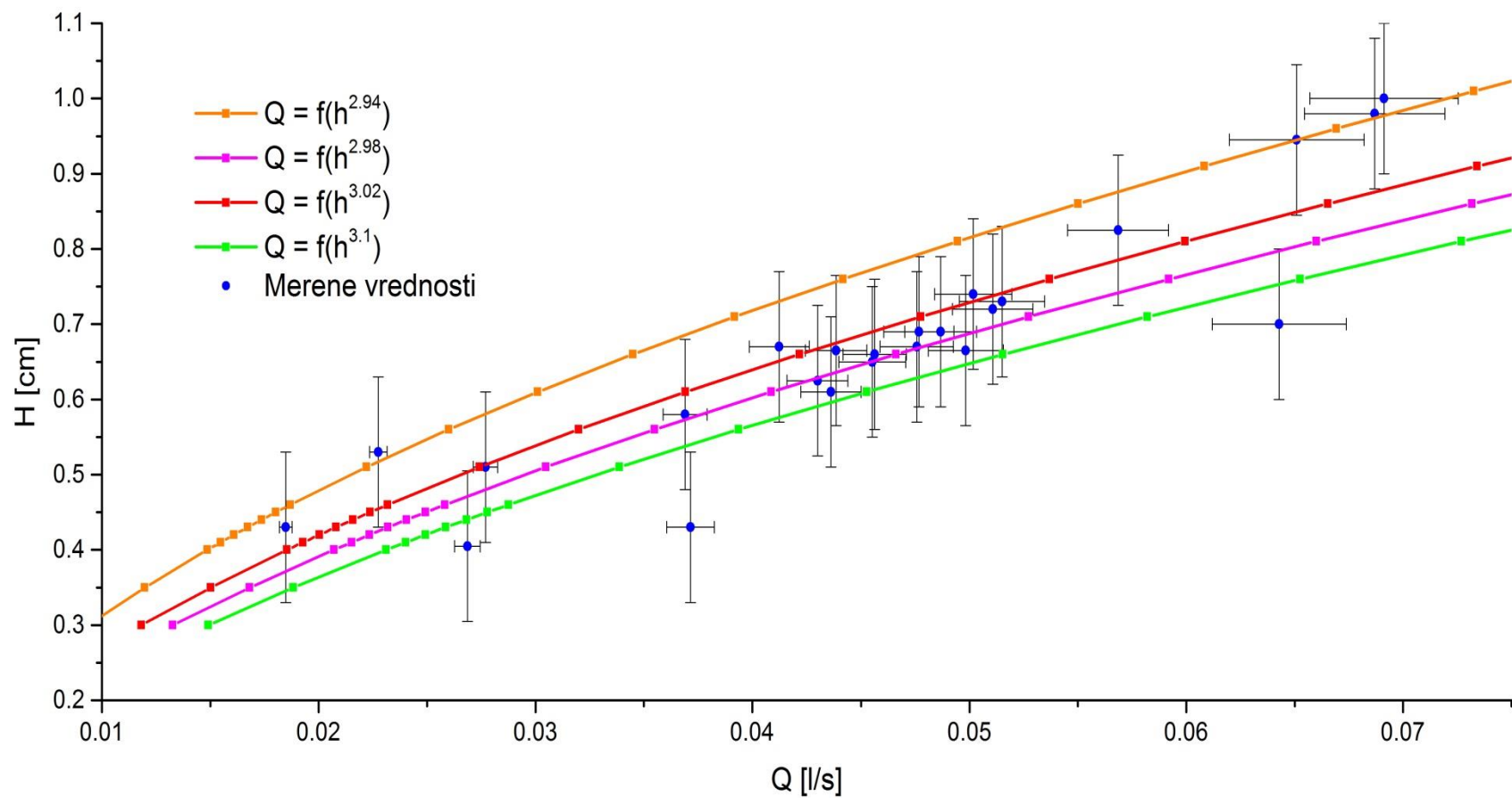


График 5.  $Q$ - $H$  криве сигурносног прелива ( прелива 2 )

### **3.1.2. Дискусија резултата мерења**

Велика дисипација резултата мерења и велике вредности мерне неодређености су последица грешака апаратуре за мерење, хидрауличких услова приликом мерења у кутији и људских грешака.

Приликом пуњења мерне кутије долази до наглог смањења кинетичке енергије флуида, јер долази до судара флуида који долази из резервоара са драстично већом брзином од флуида у мерној кутији, за који се може рећи да скоро мирује. Нагло смањење кинетичке енергије изазива осцилације нивоа у мерној кутији, што изазива постојање грешака при мерењу нивоа. На грешке при мерењу нивоа утиче и нефиксиран положај нонијуса, као и капиларно пењање при додиру игле на нонијусу и површине воде. Увођење умирујуће решетке на доводу цеви могла би се драстично смањити осциловање нивоа. Фиксирање нонијуса или замена нонијуса мерном иглом, може довести до прецизнијих мерења дебљине преливног млаза. За уклањање и случајних грешака које уноси вршиоц мерења, може се користити капацитивна сонда за мерење нивоа.

Грешка при мерењу масе је систематског типа, јер се јавља услед тачности ваге на којој су вршена мерења масе протеклог флуида. Тачност ваге је била 10 грама, па сва мерења садрже мерну неодређеност, која износи између 0.5% и 1% измерене вредности. Како би се смањила систематска грешка, предлаже се коришћење аналитичке ваге веће тачности.

При прорачуну запремине уведена је претпоставка да је густина воде константна и износи  $1000 \text{ kg/m}^3$ , тј. није вршена корекција густине флуида при промени температуре, што изазива грешке при прорачуну запремине, које није могуће компензовати. За отклањање ове грешке, може се користити сонда за континуално мерење густине флуида са температурном компензацијом.

Мерење времена приликом извођења експеримента захтева велику синхронизованост поставке суда и укључења штоперице, па долази до одређених кашњења при старту и заустављању штоперице, изазивајући директни утицај на промену вредности протока. Грешка настала временским кашњењем покретања и заустављања штоперице може се компензовати дужим временским интервалима мерења.

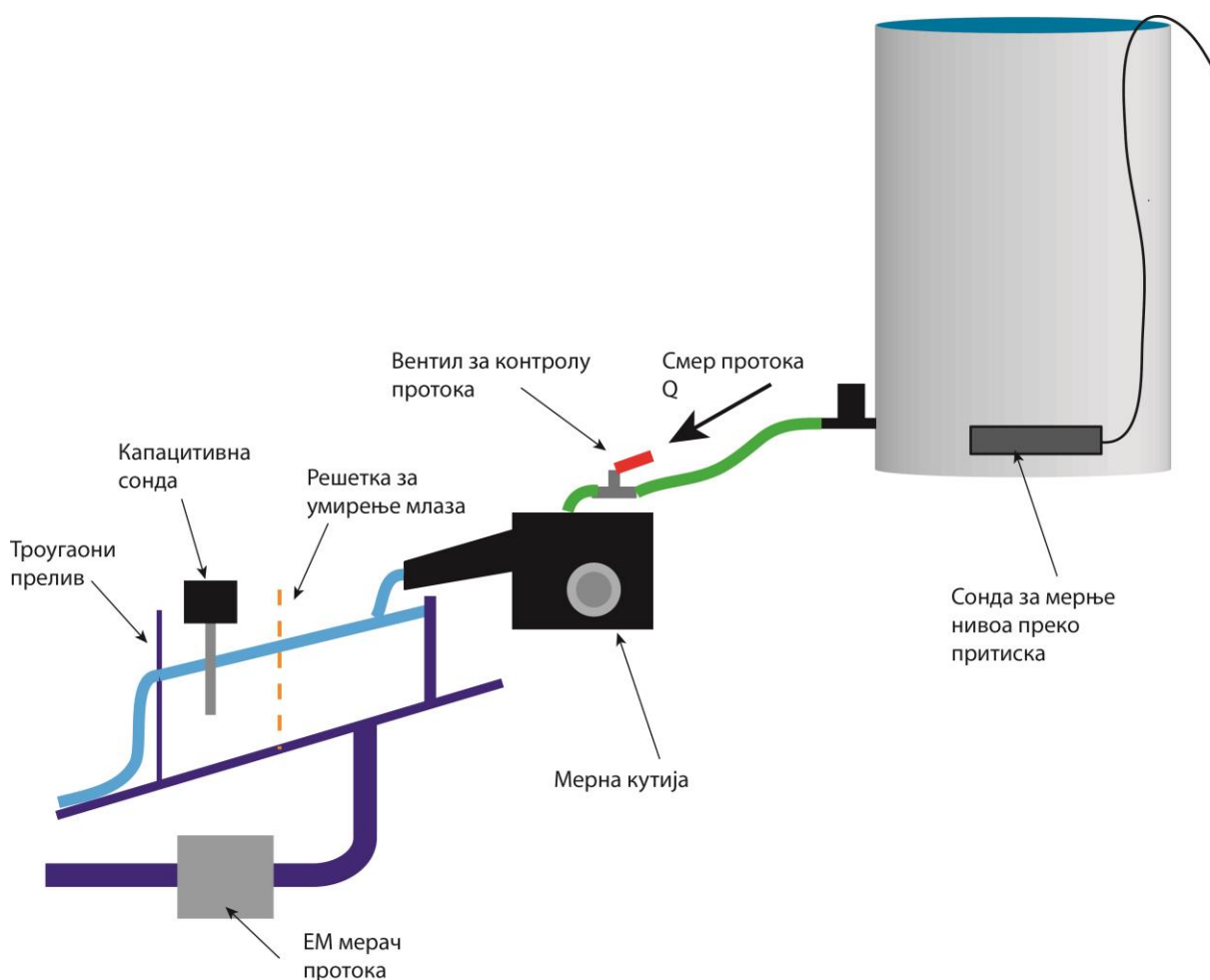
Ако би се употребио мерач протока (масени, електромагнетни или слично), грешке мерења унете при прорачуну запремине, мерењу масе и времена, могле би се свести само на грешку мерног инструмента.

У пракси није честа примена прелива са геометријским карактеристикама, које су имали преливи на мерној кутији, па се не може извршити поређење са неким већ познатим изразима. Предложени изрази за конкретне преливе су продукт мерења обављених у оквиру овог рада. За прецизније одређивање параметра  $X$  потребно је извршити додатна мерења на истим преливима.

## 3.2. Проток преко троугаоног прелива

### 3.2.1. Диспозиција система за одређивање протока

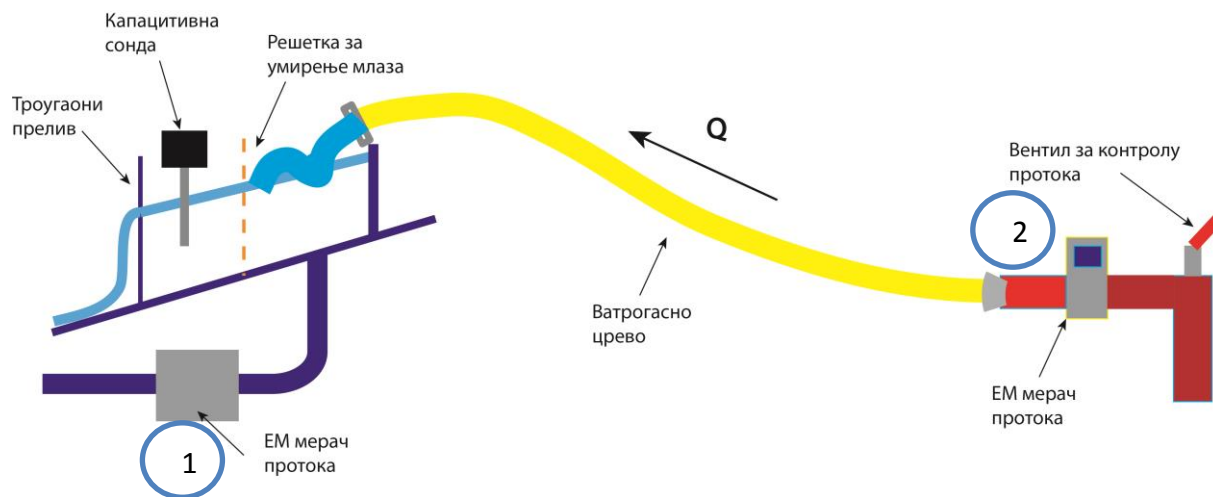
За мерење протока преко троугаоног прелива коришћено је више сонди и упоредних метода детерминације протока. Ради лакшег разумевања принципа мерења, скица диспозиције система је дата на слици 23.



Слика 23. Скица диспозиције система за детерминацију протока преко троугаоног прелива

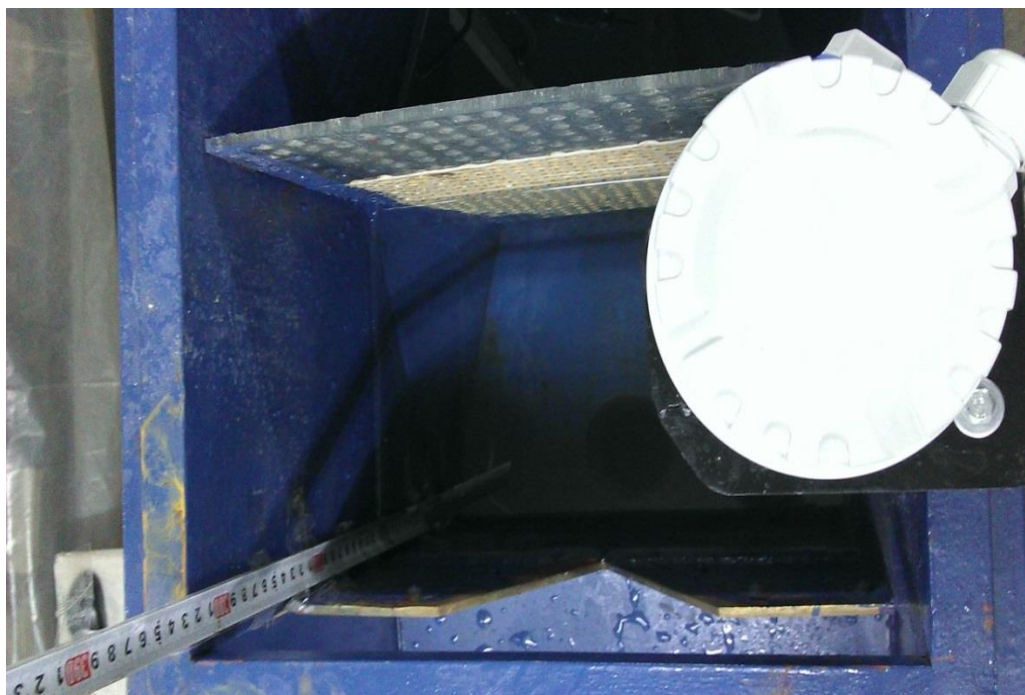
Диспозиција система приказана на слици 23 коришћена је искључиво за мерење протока до 0.07 l/s. За веће протоке коришћено је ватрогасно црево на које је био прикључен други електромагнетни (ЕМ) мерач протока, док је мерна кутија уклоњена.

Диспозиција система за мерење протока на преливу при већим дотоцима дата је на слици 24.



Слика 24. Скица диспозиције система за детерминацију протока преко троугаоног прелива за протоке веће од 0.07 l

Принцип рада сонди за мерење нивоа дат је у поглављу 2.4, док су једначине за прорачун протока дате у поглављу 2.5.2. На месту где је капацитивна сонда постављен је лењир за очитавање нивоа, што је приказано на слици 25.



Слика 25. Положај лењира и капацитивне сонде за мерење нивоа



### 3.2.2. Резултати мерења протока преко троугаоног прелива

Резултати мерења протока електромагнетним мерачима протока и лењиром су дати у табели 8. Протоци који су измерени на електромагнетним мерачима протока дати су у табели у колонама  $Q_{mer1}$  и  $Q_{mer2}$ . Тачка на преливу од које почиње преливање дефинисана је као „ нула ” прелива и у табели представљена у колони  $H_{0,preliv}$ , док је релативна дебљина млаза очитана на лењиру у односу на тачку „ нула ” дата као  $H_{mlaz,relativ}$ . Вредност дебљине преливног млаза представљена је у колони  $H_{mlaz}$ , док је вредност протока дата у колони  $Q_{preliva}$ .

**Табела 8.** Резултати мерења протока електромагнетним мерачима протока и вредности срачунате преко измерене дебљине млаза

Експеримент Бр.	$Q_{mer1}$ [l/s]	$Q_{mer2}$ [l/s]	$H_{0,preliv}$ [cm]	$H_{mlaz,relativ}$ [cm]	$H_{mlaz}$ [cm]	$Q_{preliva}$ [l/s]
1	0.03		360.8	362.3	1.5	0.0261
2	0.05		360.8	362.8	2	0.0513
3	0.07		360.8	363.1	2.3	0.0714
4	2.08	2.09	360.8	370.2	9.4	2.1969
5	1.47	1.52	360.8	368.7	7.9	1.4308
6	1	1.11	360.8	367.5	6.7	0.9539

Резултати мерења нивоа капацитивном сондом и сондом за мерење нивоа преко промене притиска дата је у прилогу 1 у табелама 10 – 16 за сваки од експеримената из табеле 8. Подаци о нивоу су преузети из логера као вредност напона у волтима ( $U_{пр}$ ,  $U_{карс}$ ). Индекси пр и карс се односе на сонде ниво-притисак, односно капацитивну сонду.

Нивои су срачунати преко познатих вредности јачине струје ( $I$ ) за одређени ниво и познатих вредности отпора ( $R$ ) у струјном колу, коришћењем Омовог закона:

$$I = \frac{U}{R} \quad (24)$$

Вредности јачине струје за одговарајуће нивое и вредности отпора за капацитивну сонду и сонду ниво-притисак дати су у табели 9.

**Табела 9.** Вредности јачине струјног излаза и отпора сонди за мерење нивоа

Сонда	$I_{min}$ [mA]	$h_{min}$ [cm]	$I_{max}$ [mA]	$h_{max}$ [cm]	$R$ [ $\Omega$ ]
Ниво – притисак	4	0	20	100	98.49
Капацитивна	4	0	20	20	98.5

Битно је напоменути да је потопљеност сонде, која одговара тачки „ нула ” прелива  $H_{кар0} = 4.703$  cm и напон  $U_{кар} = 0.7645$  V.

### 3.2.3. Резултати мерења 1. Експеримента ( $Q=0.03$ l/s)

Резултати мерења добијени извођењем првог експеримента, представљени су у прилогу 1 у табели 10.

На основу измерених вредности одређени су и статистички параметри мерења и мерне несигурности за капацитивну сонду :

- Средња вредност ( $H_{kap,sr}$ ) : 1.7060cm
- Стандардно одступање ( $\sigma_x$ ) : 0.02631cm
- Максимална вредност ( $H_{max}$ ) : 1.7605 cm
- Минимална вредност ( $H_{min}$ ) : 1.6376 cm
- Број података ( $N$ ) : 242
- Стандардно одступање од средње вредности ( $\sigma_{xsr}$ ) : 0.00169 cm

Ниво измерен капацитивном сондом у експерименту 1 са одговарајућом мерном несигурношћу износи :

$$H_{kap} = 1.706 \pm 0.078 \text{ cm}$$

Релативна несигурност мерења је :

$$\delta H_{kap} = 4.63 \%$$

Вредност протока је :

$$Q = 0.0353 \pm 0.0001 \text{ l/s}$$

Осциловање нивоа измереног капацитивном око средње вредности приказано је на графику 6.

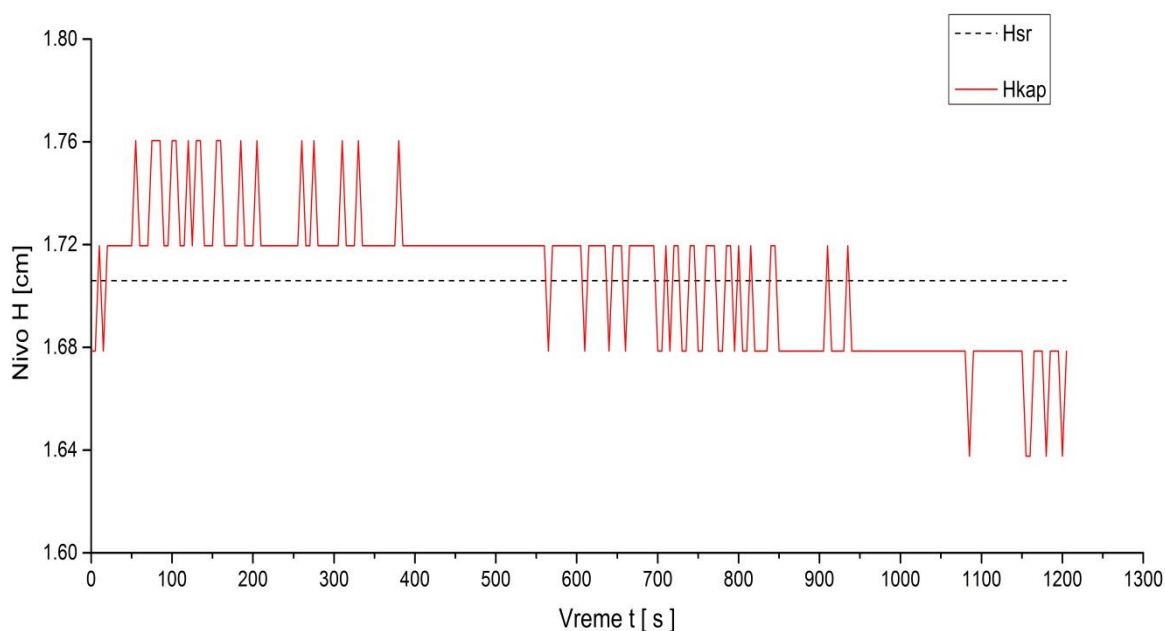


График 6. Осциловање нивоа у односу на средњу вредност при протоку од 0.03 l/s

### 3.2.4. Резултати мерења 2. Експеримента ( $Q=0.05$ l/s )

Резултати мерења протока помоћу сонде ниво - притисак и капацитивне сонде постављене код троугаоног прелива представљени су у прилогу 1, у табели 11.

Статистички параметри срачунати на основу резултата мерења су :

- Средња вредност (  $H_{kap,sr}$  ) : 2.0997 cm
- Стандардно одступање (  $\sigma_x$  ) : 0.03568 cm
- Максимална вредност (  $H_{max}$  ) : 2.1699 cm
- Минимална вредност (  $H_{min}$  ) : 2.0470 cm
- Број података (  $N$  ) : 77
- Стандардно одступање од средње вредности (  $\sigma_{xsr}$  ) : 0.00406 cm

Ниво измерен капацитивном сондом у експерименту 2 са одговарајућом мерном несигурношћу износи :

$$H_{kap} = 2.100 \pm 0.108 \text{ cm}$$

Релативна несигурност мерења је :

$$\delta H_{kap} = 5.10 \%$$

Вредност протока је :

$$Q = 0.0575 \pm 0.0002 \text{ l/s}$$

На графику 7 се може уочити осциловање мерених вредности нивоа око средње вредности.

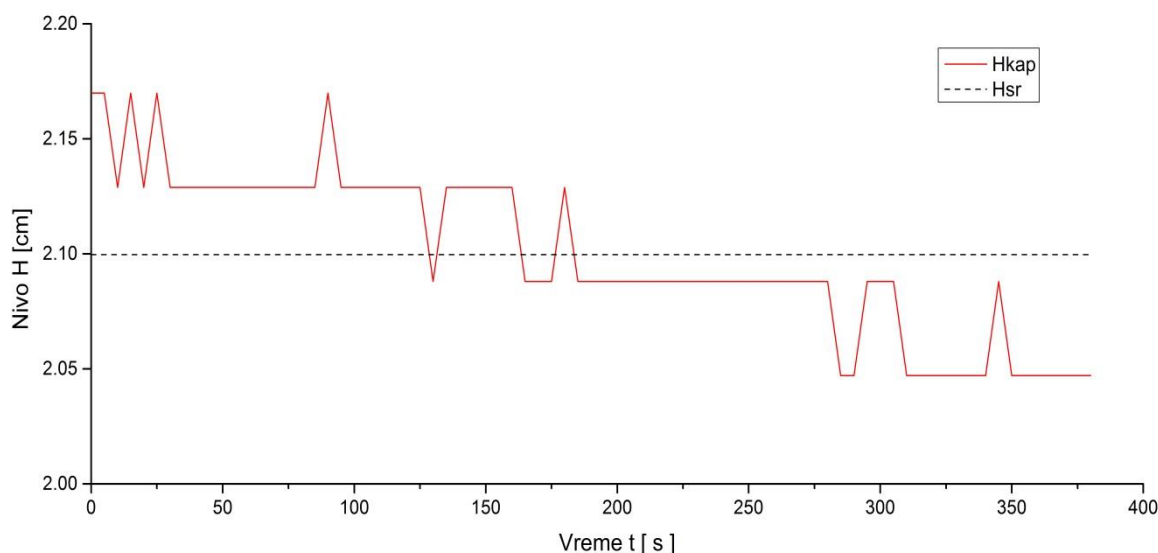


График 7. Осциловање нивоа у односу на средњу вредност при протоку од 0.05 l/s

### 3.2.5. Резултати мерења 3. Експеримента ( $Q=0.07$ l/s )

Табеларни приказ резултата мерења је дат у оквиру прилога 1, у табели 12.

Статистичком обрадом резултата мерења добијени су следећи резултати:

- Средња вредност (  $H_{kap,sr}$  ) : 2.1827 cm
- Стандардно одступање(  $\sigma_x$  ) : 0.02314 cm
- Максимална вредност (  $H_{max}$  ) : 2.2108 cm
- Минимална вредност (  $H_{min}$  ) : 2.1289 cm
- Број података (  $N$  ) : 99
- Стандардно одступање од средње вредности (  $\sigma_{xsr}$  ) : 0.00232 cm

Средња вредност нивоа са придруженом мерном несигурношћу износи:

$$H_{kap} = 2.183 \pm 0.069 \text{ cm}$$

Релативна несигурност мерења је :

$$\delta H_{kap} = 3.18 \%$$

Вредност протока је :

$$Q = 0.0630 \pm 0.0001 \text{ l/s}$$

На графику 8 приказано је осциловање нивоа измереног капацитивном сондом око средње вредности свих мерења.

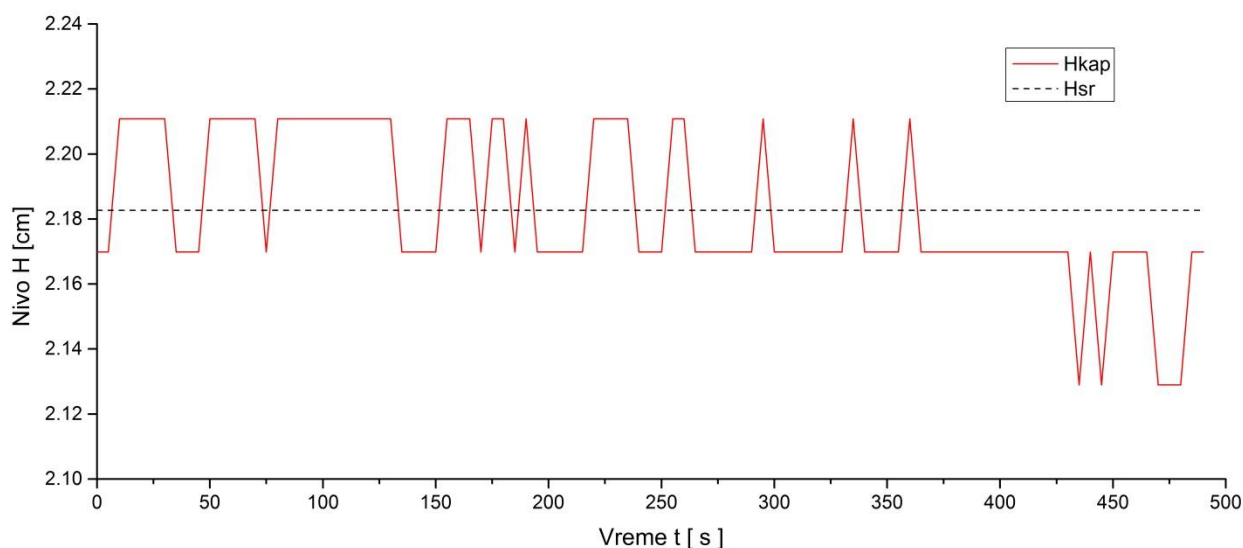


График 8. Осциловање нивоа у односу на средњу вредност при протоку од 0.07 l/s

### **3.2.6. Резултати мерења 4. Експеримента ( $Q = 2.08 \text{ l/s}$ )**

Овај експеримент, као и наредна два су вршена ватрогасним цревом. С обзиром на то да су протоци били већи од оних који су дотицали из резервоара у претходна три експеримента, ради сигурности сонде извршено је додатно затезање носача сонде. Додатним затезањем изазвано је померање тачке „нула” прелива. Нова тачка „нула” прелива је при потопљености капацитивне сонде од  $H_{\text{кар}0} = 3.112 \text{ cm}$  и напону  $U_{\text{кар}} = 0.6392 \text{ V}$ .

У експериментима 4, 5 и 6 није коришћена сонда за мерење нивоа преко притиска, јер вода није црпљена из резервоара у ком се налазила сонда. Доток воде у систем за мерење протока је довођен пумпом из резервоара у Институту за хидротехнику на Грађевинском факултету, ради лакше контроле протока на месту где се налазио контролни вентил прикључен је још један електромагнетни мерач протока (слика 26).

Доток из ватрогасног црева је улазио у систем пролазећи кроз умирујућу решетку, како би се умањиле турбуленције тока и смањило осциловање нивоа изазвано ваздухом, који је био присутан у доточној инсталацији. Резултати мерења протока преко троугаоног прелива су дати у табели 13.



**Слика 26.** *Електромагнетни мерач протока на ватрогасном цреву*

Табела 13. Резултати прорачуна протока на основу мерних нивоа, при вредности 2.08 l/s на  
ЕМ мерачу протока

t [s]	U <sub>капс</sub> [V]	H <sub>кап</sub> [cm]	Q <sub>preliva</sub> [l/s]
0	1.3484	9.001	1.9739
5	1.3548	9.083	2.0185
10	1.3581	9.124	2.0410
15	1.3548	9.083	2.0185
20	1.3613	9.165	2.0637
25	1.3484	9.001	1.9739
30	1.3516	9.042	1.9961
35	1.3484	9.001	1.9739
40	1.3613	9.165	2.0637
45	1.3548	9.083	2.0185
50	1.3742	9.329	2.1559
55	1.3355	8.837	1.8864
60	1.3548	9.083	2.0185
65	1.3742	9.329	2.1559
70	1.3548	9.083	2.0185
75	1.3742	9.329	2.1559

Статистичком обрадом података из табеле 13 добијене су следеће вредности :

- Средња вредност (  $H_{кап,ср}$  ) : 9.1085 cm
- Стандардно одступање(  $\sigma_x$  ) : 0.13359 cm
- Максимална вредност (  $H_{мак}$  ) : 9.3285 cm
- Минимална вредност (  $H_{мин}$  ) : 8.8373 cm
- Број података ( N ) : 16
- Стандардно одступање од средње вредности (  $\sigma_{xср}$  ) : 0.03339 cm

Ниво измерен капацитивном сондом износи:

$$H_{кап} = 9.109 \pm 0.402 \text{ cm}$$

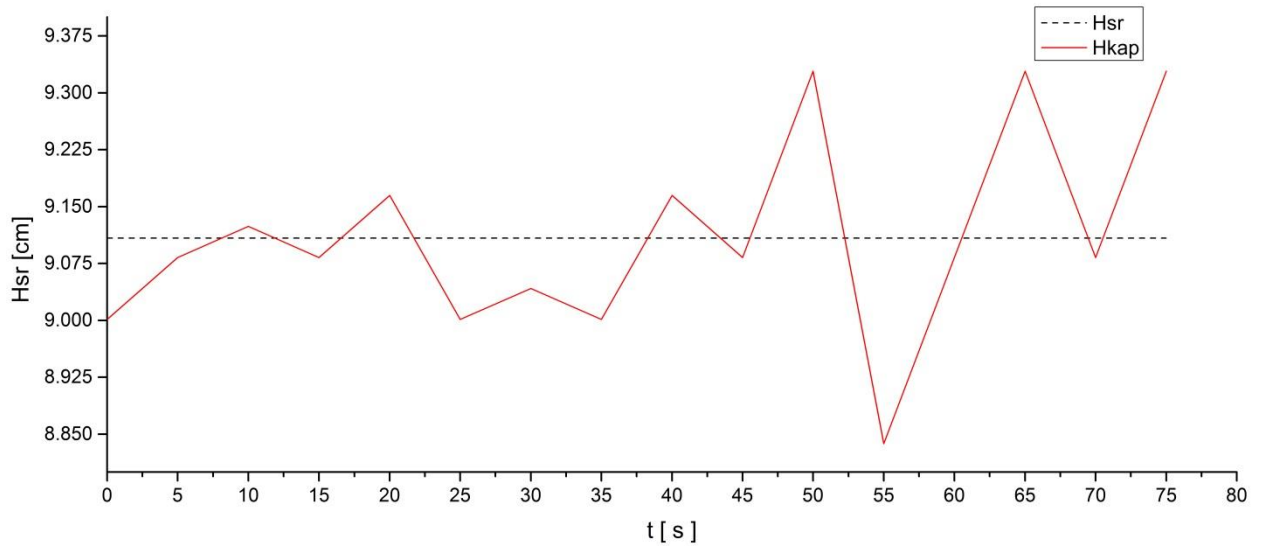
Релативна несигурност мерења је :

$$\delta H_{кап} = 4.40 \%$$

Вредност протока је :

$$Q = 2.0325 \pm 0.0015 \text{ l/s}$$

Осциловање нивоа при протоку од 2.08 l/s може се уочити на графику 9.



**График 9.** Осциловање нивоа у односу на средњу вредност при протоку од 2.08 l/s

### 3.2.7. Резултати мерења 5. Експеримента ( $Q = 1.5 \text{ l/s}$ )

Промена положаја капацитивне сонде је објашњена у оквиру поглавља 3.2.6. Резултати мерења у експерименту 5 су дати у табели 14.

Табела 14. Резултати прорачуна протока на основу мерних нивоа, при протоку од  $1.5 \text{ l/s}$

t [s]	$U_{\text{капс}}$ [V]	$H_{\text{кап}}$ [cm]	$Q_{\text{preliva}}$ [l/s]
0	1.2194	7.363	1.2032
5	1.2968	8.346	1.6382
10	1.2839	8.182	1.5601
15	1.2710	8.019	1.4843
20	1.2839	8.182	1.5601
25	1.2903	8.264	1.5988
30	1.3226	8.674	1.8013
35	1.2903	8.264	1.5988
40	1.2645	7.937	1.4472
45	1.2903	8.264	1.5988
50	1.2645	7.937	1.4472
55	1.3226	8.674	1.8013
60	1.2903	8.264	1.5988
65	1.2645	7.937	1.4472
70	1.2710	8.019	1.4843
75	1.2735	8.050	1.4987
80	1.2715	8.025	1.4871
85	1.2713	8.022	1.4859

На основу измерених вредности срачунати су статистички параметри:

- Средња вредност (  $H_{\text{кап,ср}}$  ) : 8.134 cm
- Стандардно одступање (  $\sigma_x$  ) : 0.29390 cm
- Максимална вредност (  $H_{\text{макс}}$  ) : 8.673 cm
- Минимална вредност (  $H_{\text{мин}}$  ) : 7.363 cm
- Број података (  $N$  ) : 18
- Стандардно одступање од средње вредности (  $\sigma_{\text{ср}}$  ) : 0.06927 cm

Ниво измерен капацитивном сондом износи:



$$H_{кар} = 8.134 \pm 0.882 \text{ cm}$$

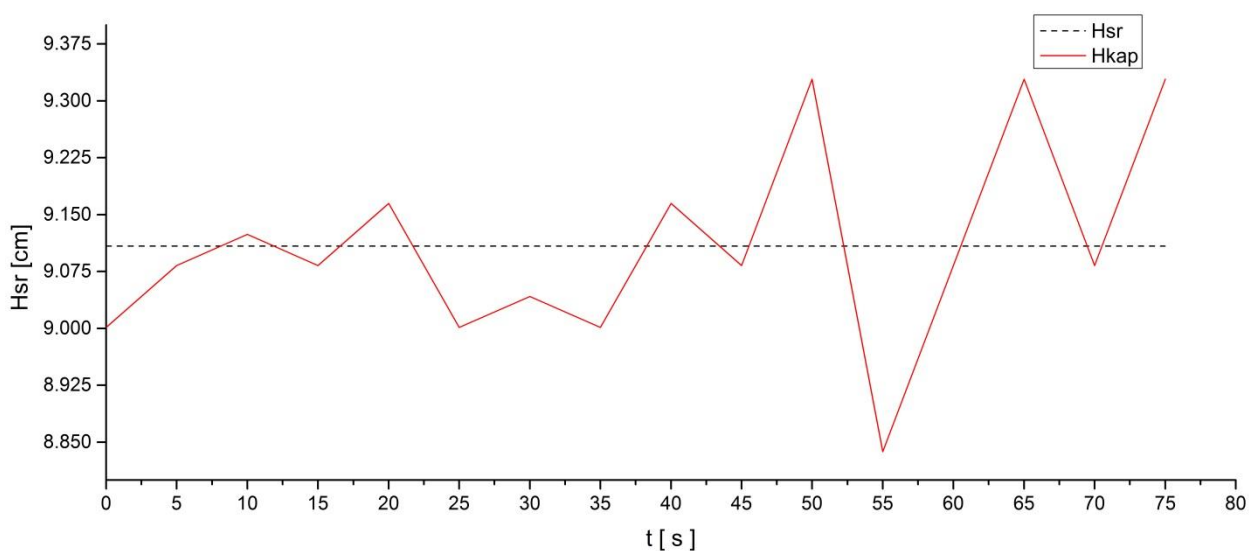
Релативна несигурност мерења је :

$$\delta H_{кар} = 10.84 \%$$

Вредност протока је :

$$Q = 1.5377 \pm 0.0078 \text{ l/s}$$

Графички приказ осциловања нивоа је дат на графику 10



**График 10.** Осциловање нивоа у односу на средњу вредност при протоку од 1.5 l/s

### 3.2.8. Резултати мерења 6. Експеримента ( $Q = 1 \text{ l/s}$ )

О промени потопљености сонде за ниво при коме креће преливање подаци су изнети у поглављу 3.2.6. Резултати мерења нивоа капацитивном сондом приказани су у табели 15.

Табела 15. Резултати прорачуна протока на основу мерних нивоа, при протоку од  $1 \text{ l/s}$

t [s]	$U_{\text{капс}}$ [V]	$H_{\text{кап}}$ [cm]	$Q_{\text{preliva}}$ [l/s]
0	1.1581	6.586	0.9144
5	1.1581	6.586	0.9144
10	1.1839	6.913	1.0302
15	1.1936	7.036	1.0759
20	1.1968	7.077	1.0913
25	1.1129	6.012	0.7313
30	1.1905	6.998	1.0615
35	1.2020	7.143	1.1165
40	1.2134	7.288	1.1731
45	1.1839	6.913	1.0303
50	1.1839	6.913	1.0303
55	1.1839	6.913	1.0303
60	1.1968	7.077	1.0913
65	1.1936	7.036	1.0759
70	1.1839	6.913	1.0303

Обрадом мерних вредности добијени су статистички параметри:

- Средња вредност (  $H_{\text{кап,sr}}$  ) : 6.893 cm
- Стандардно одступање (  $\sigma_x$  ) : 0.30522 cm
- Максимална вредност (  $H_{\text{max}}$  ) : 7.287 cm
- Минимална вредност (  $H_{\text{min}}$  ) : 6.012 cm
- Број података (  $N$  ) : 15
- Стандардно одступање од средње вредности (  $\sigma_{\text{sr}}$  ) : 0.07880 cm

Ниво измерен капацитивном сондом износи:

$$H_{\text{кап}} = 6.893 \pm 0.915 \text{ cm}$$

Релативна несигурност мерења је :

$$\delta H_{\text{кап}} = 13.28 \%$$

Вредност протока је :

$$Q = 1.0231 \pm 0.0085 \text{ l/s}$$

На графику 11 приказано је осциловање нивоа измереног капацитивном сондом.

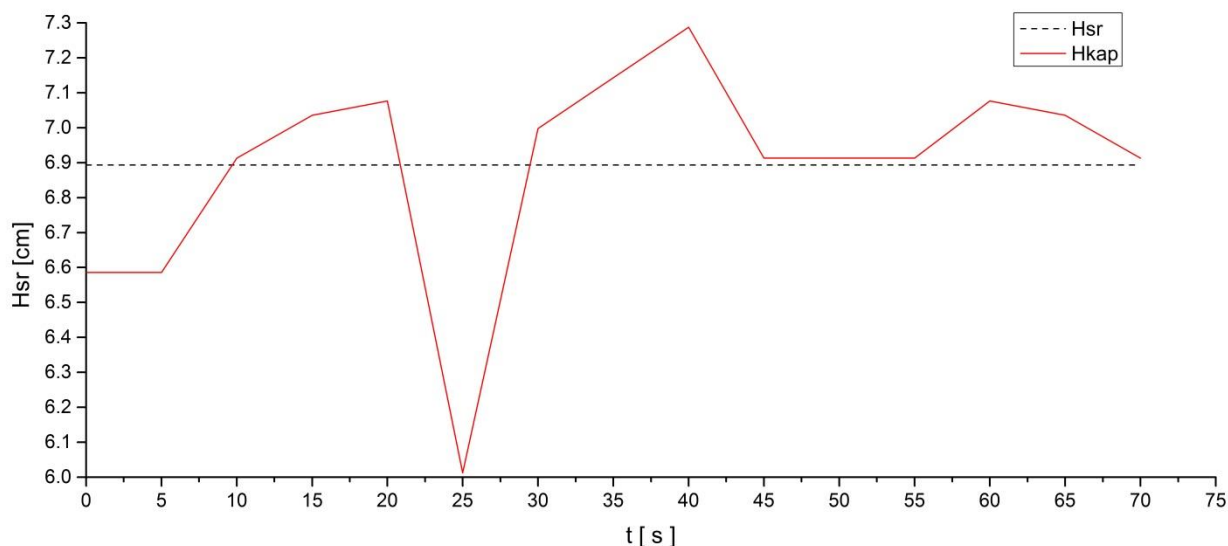


График 11. Осциловање нивоа у односу на средњу вредност при протоку од 1.0 l/s

### 3.2.9. Дискусија резултата

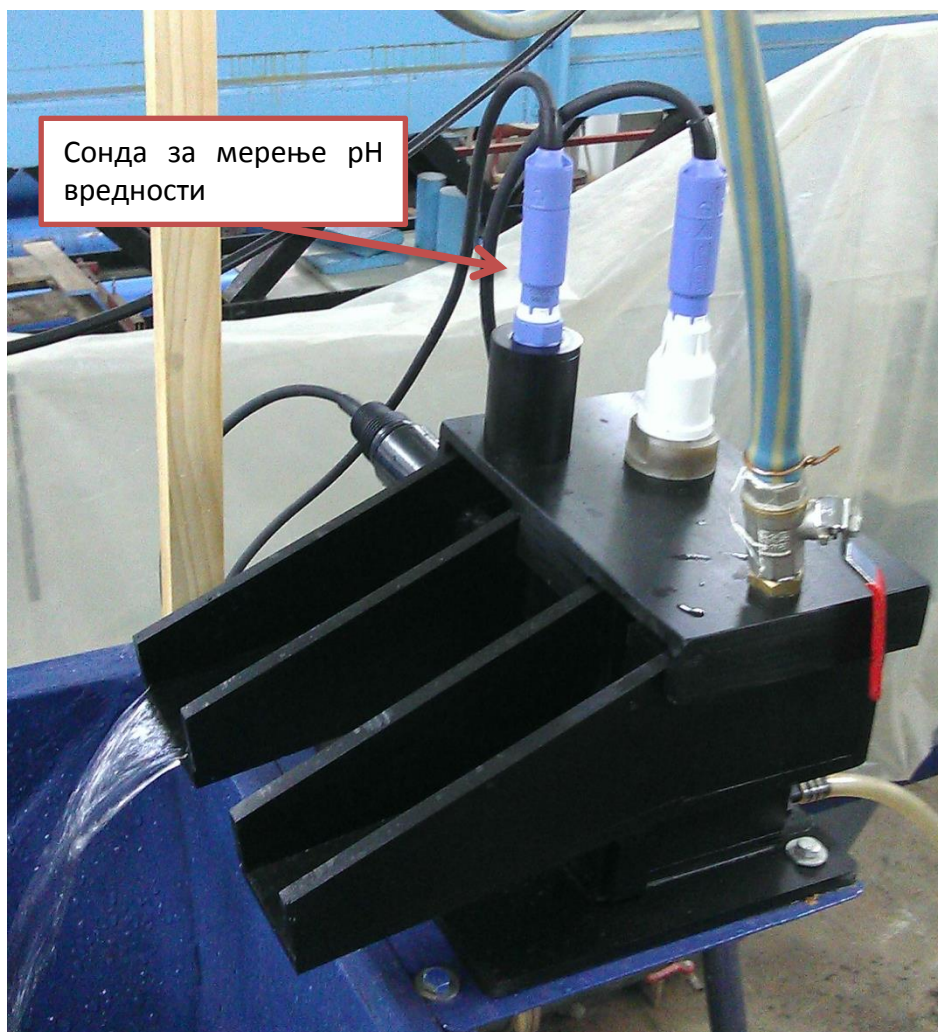
С обзиром на тачност капацитивне сонде која износи 1% од укупног мерног опсега што је приближно  $\pm 0.2$  cm, и поновљивост од 0.25 % пуне скале, може се рећи да су мерења у прва 3 експеримента показала завидне резултате. Треба узети у обзир и потешкоће око одређивање тачке „нула“ прелива због капиларног пењања воде на ивици прелива. Код експеримената који су вршени ватрогасним цревом ( експерименти 4,5,6 ), због великог протока који је изазивао турбуленције, као и заробљених мехура ваздуха у цреву, долазило је до великих осцилација нивоа, упркос постојању дела за умирење доточног млаза, што је извршило негативан утицај на тачност мерења. Управо из наведених разлога велике су релативне неодређености мерења, које се могу кориговати увођењем још једне коморе са преливом или повећањем запремине постојеће, ради бољег умирења млаза. Елиминација једног дела ваздуха из ватрогасног црева се може извести пропуштањем воде кроз црево пре извођења експеримента. Код мањих протока на графицима 4,5 и 6 може се приметити мала резолуција мерења промене нивоа од 0.04 cm.

Очигледна је повремена појава равних линија на графицима осцилације нивоа, тј. не регистровања малих осцилација. Узрок мале резолуције не потиче од самог мерног инструмента, већ од вредности 1 бита на коришћеном осмобитном логеру.

### **3.3. Промена рН вредности током симулације кише**

#### **3.3.1. Диспозиција система за мерење рН вредности**

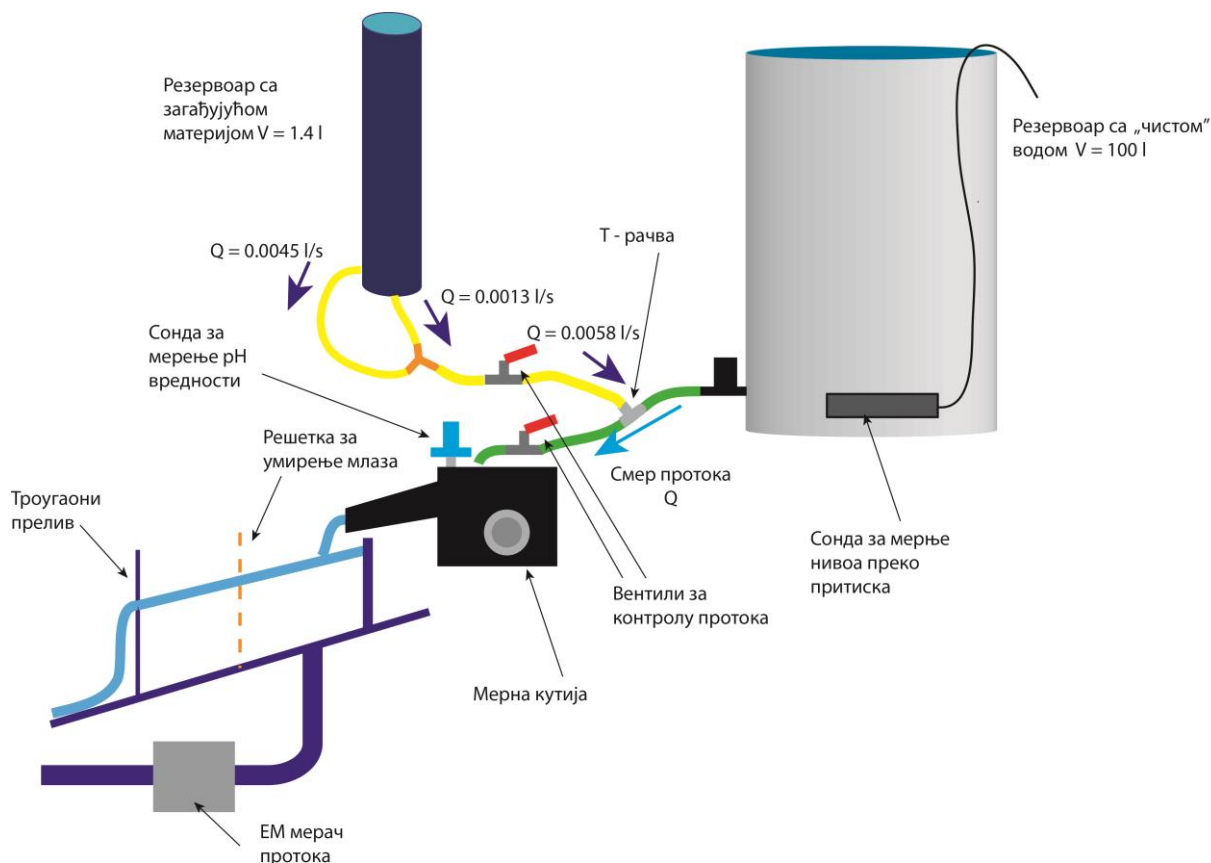
Мерење рН вредности одвија се у мерној кутији. Положај сонде у мерној кутији приказан је на слици 26.



**Слика 27.** Положај сонде за мерење рН вредности у мерној кутији

Због разуђености система за мерење рН вредности, ради увида у билансирање воде приказана је скица система за симулирање кише (слика 28). Из резервоара са „чистом“ водом у мерну кутију се упуштају различити протоци са циљем симулација кише различитих интензитета, док се у резервоару са раствором, налазе раствори различитих киселина. Интензивно мешање раствора и „чисте“ воде се одвија у т-рачви на споју два довода, и затим се мешавина транспортује до мерне кутије где се налази сонда. Електромагнетни мерач протока приликом извођења овог експеримента није у

функцији, па се проток одређује помоћу промене нивоа, измереног сондом ниво-притисак.



Слика 28. Схема система за мерење рН вредности

Сонда за мерење рН вредности је била две године ван употребе, па је било потребно извршити хидратацију сонде и испитивање времена одзива сонде. Испитивање времена одзива сонде је вршено два пута са размаком између испитивања од 15 дана.

### 3.3.2. Резултати мерења одзива рН сонде

Први експеримент провере одзива је вршен коришћенем два раствора. Један од раствора је имао рН вредност 2.6, док је други раствор била вода из водовода са рН вредношћу 7.14. Јачина струјног излаза подешена преко трансмитера дата је у табели 16, такође је у табели приказана и вредност отпора у електричном колу између трансмитера и логера.

Табела 16. Вредности струјних излаза и отпора за одређене рН вредности

pH [-]	I [mA]	R [Ω]
0	4	98.41
14	20	

Сонда је наизменично урањана у кисели, па у базни раствор, очекивано је време одзива мање од 60 секунди. Резултати мерења прва два експеримента су приказани у табели 17, а резултати друга два експеримента су дата у табели 18, обе табеле налазе се у прилогу 1 овог рада. Сва мерења су вршена прикупљањем података са логера, па је рН вредност срачуната применом Омовог закона коришћеном израза 24.

Резултати мерења су приказани графички на графицима 12, 13, 14 и 15.

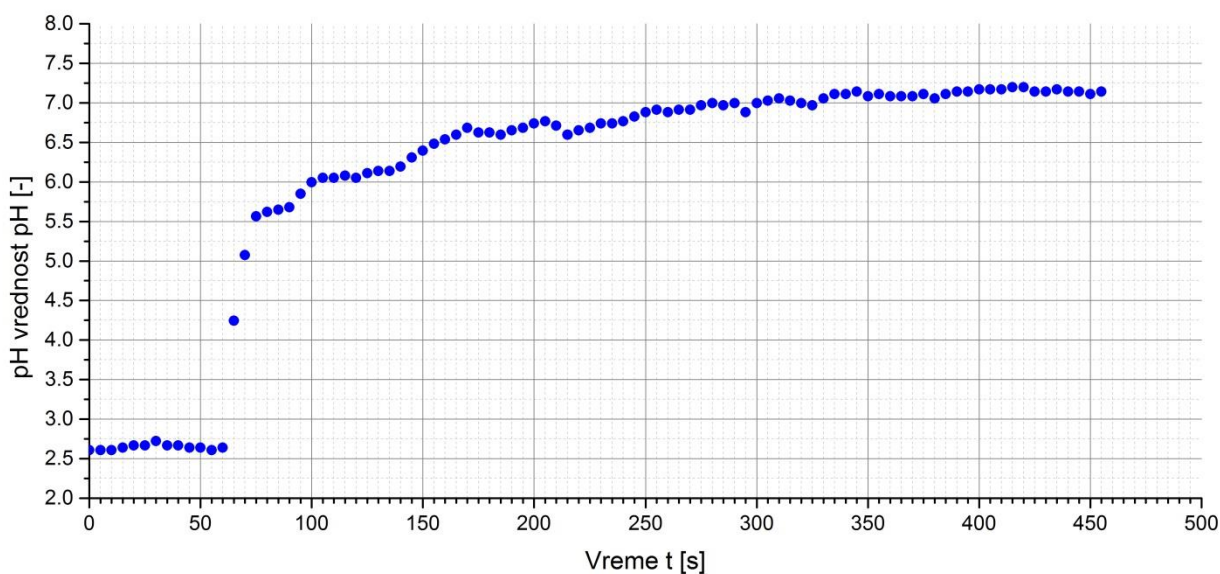


График 12. Графички приказ резултата мерења рН вредности у експерименту 1



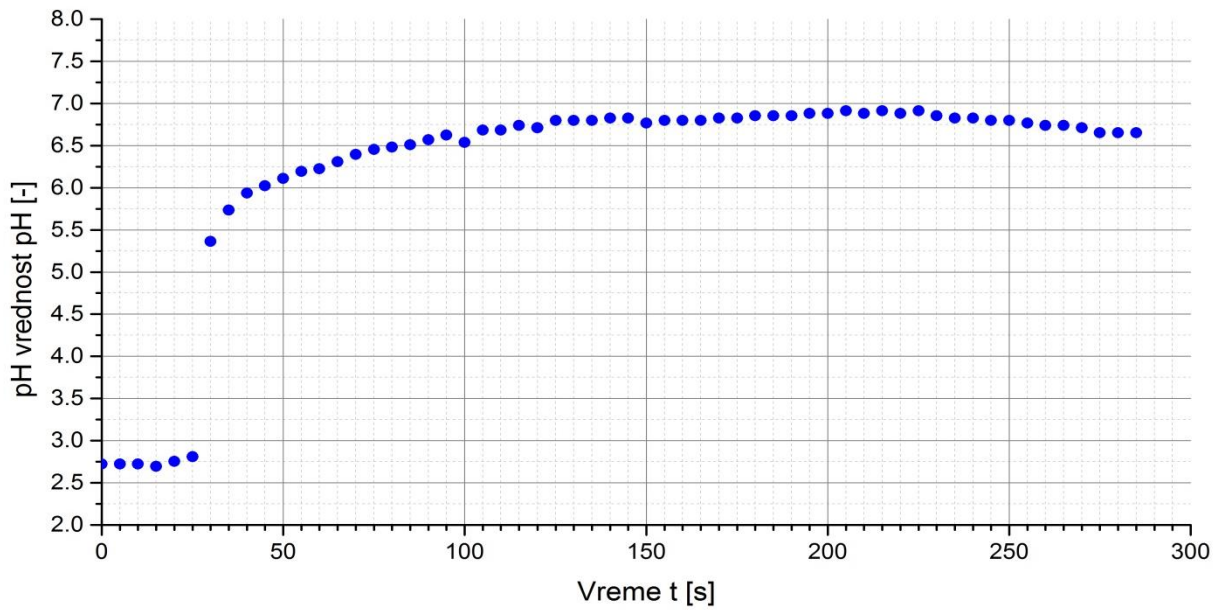


График 13. Графички приказ резултата мерења pH вредности у експерименту 2

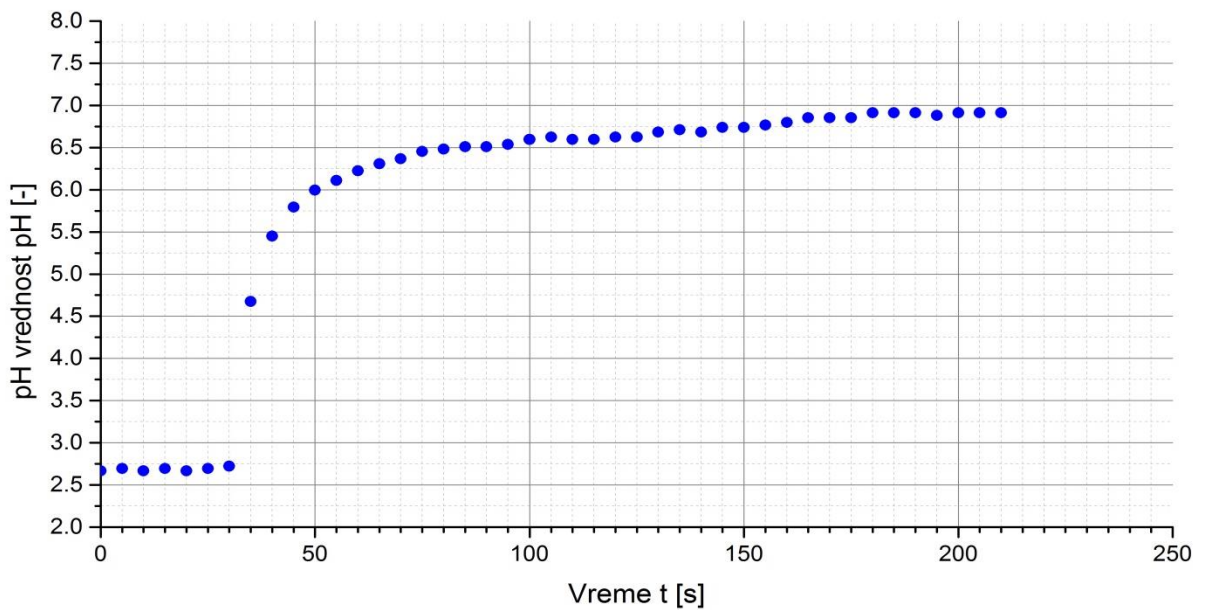
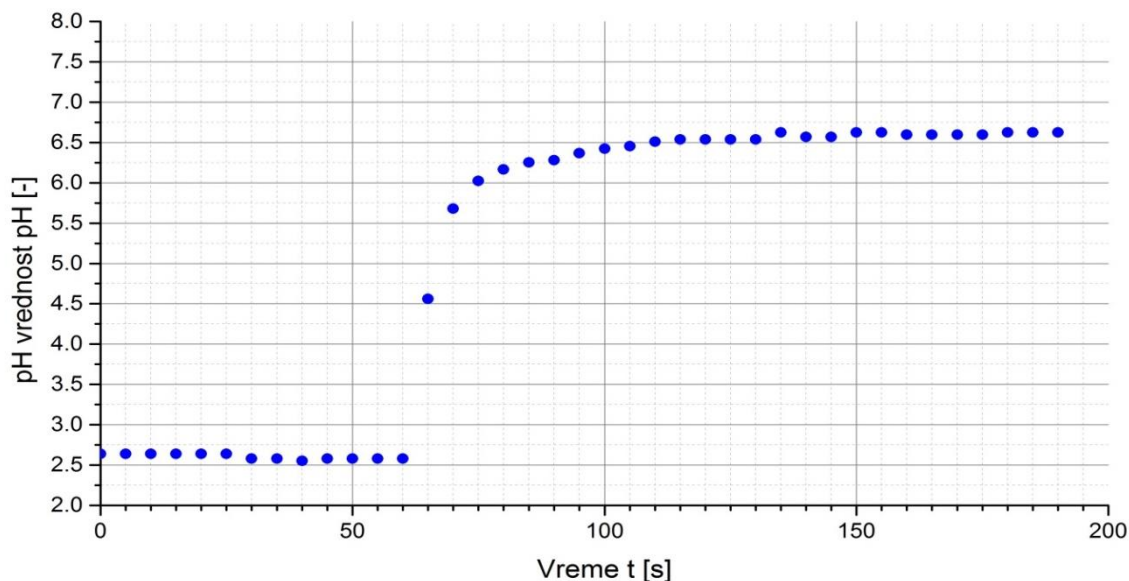
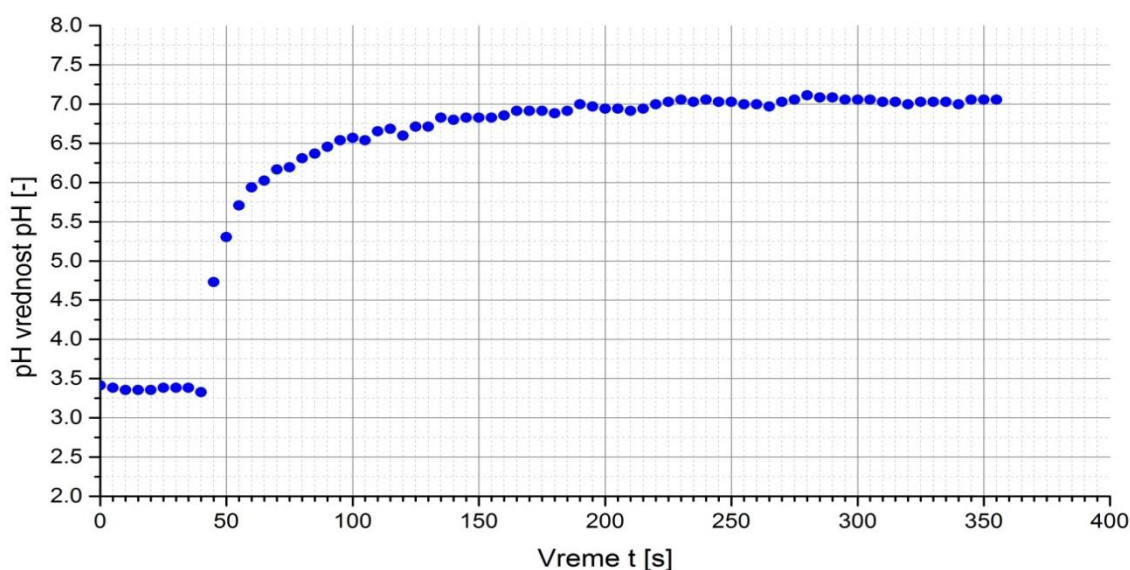


График 14. Графички приказ резултата мерења pH вредности у експерименту 3



**График 15.** Графички приказ резултата мерења рН вредности у експерименту 4

Након периода од две недеље изведена су нова мерења за одређивање времена одзива сонде, очекивано је краће време одзива, јер је сонда већ дужи временски период била у функцији. Сматра се да је процес хидратације више утицао на смањење времена одзива, него што је процес старења електроде у току две недеље утицао на продужетак времена одзива. Вршена су три мерења чији резултати су представљени у оквиру прилога 1, у табелама 19 и 20. Током другог мерења коришћен је раствор киселине са рН вредношћу од 3.35, док је рН воде износило 7.05. Ради лакшег увида у резултате извршено је њихово графичко представљање (в. график 16,17 и 18).



**График 16.** Графички приказ резултата мерења рН вредности у експерименту 5



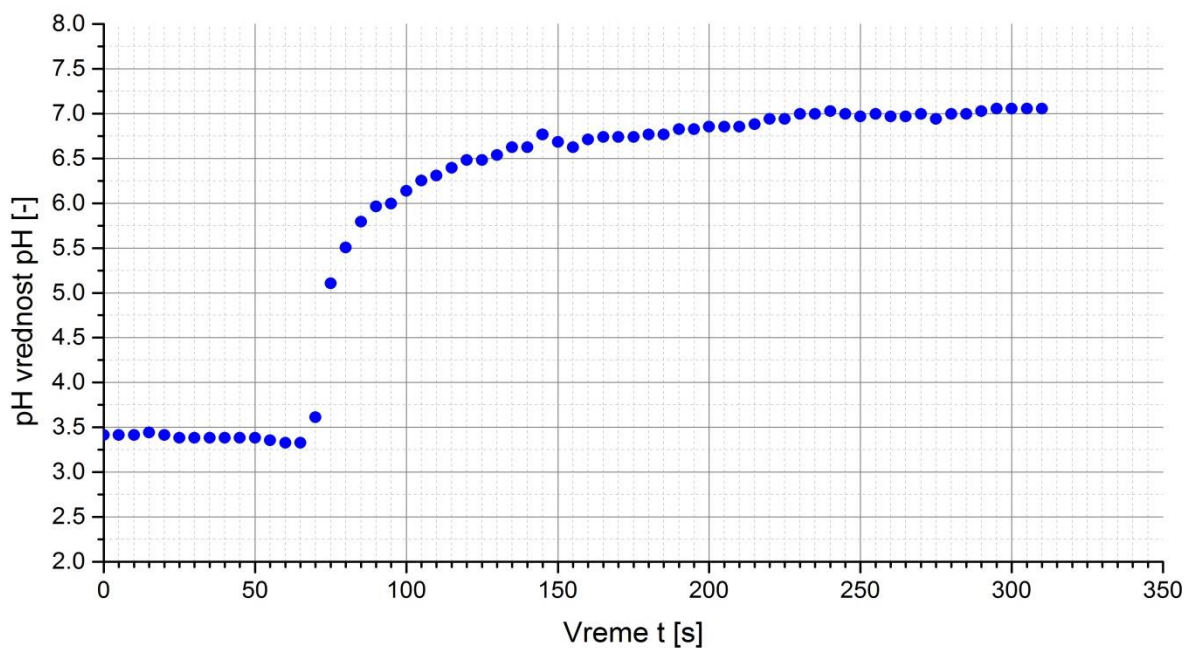


График 17. Графички приказ резултата мерења рН вредности у експерименту 6

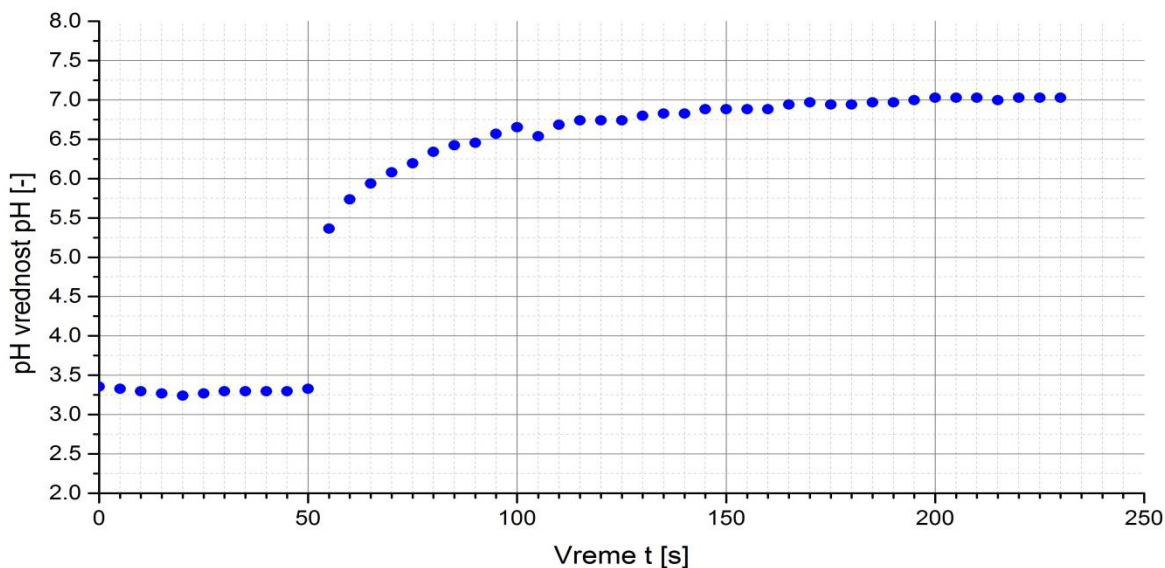


График 18. Графички приказ резултата мерења рН вредности у експерименту 7

### **3.3.3. Дискусија резултата мерења одзива рН сонде**

Време одзив је јако мало, али с обзиром на тачност од  $\pm 0.02$  рН примећује се споро успостављање стабилне измерене вредности, што се најбоље може видети у екпериментима 1 и 2. У проверама које су вршене након 15 дана резултати су драстично бољи у погледу успостављања стабилне рН вредности. Одатле се може закључити да је за хидратацију сонде био потребан период дужи од 24 h.

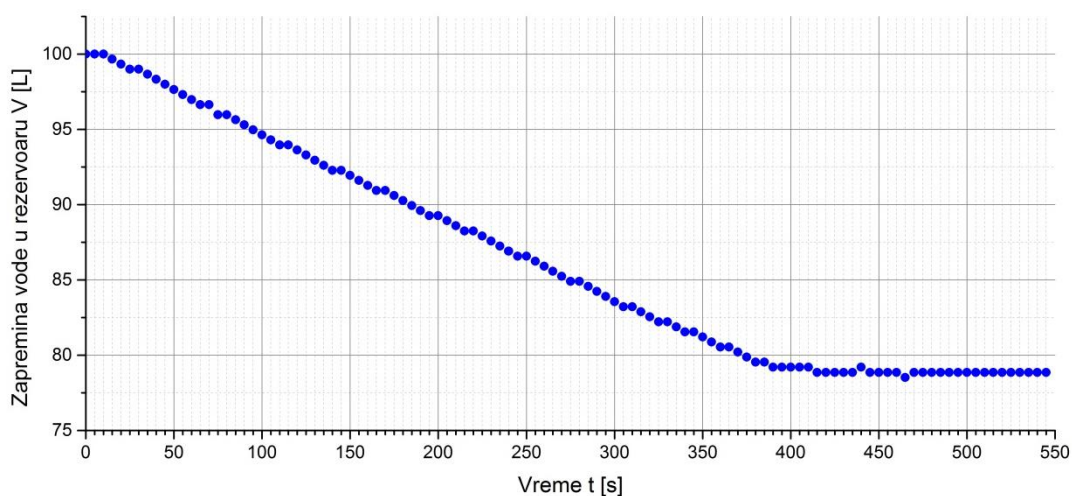
У оквиру прва четири огледа, могу се приметити знатно бољи резултати у експерименту 4. Препоставка је да је дуги период, у коме је сонда била ван функције, узроковао потпуно испарење раствора за хидратизацију стаклене мембране сонде, те прилепљивање честица са гуменог поклопца стаклене мембране. Након урањања сонде у кисели раствор, честице су се испрале и омогућиле сонди бољу стабилизацију мерених вредности, а самим тим и прецизнија мерења.

### 3.3.4. Резултати мерења промене рН вредности у току симулације кише

Симулација кише вршена је на тај начин што је из резервоара са „чистом” водом упуштан константан проток, док је из резервоара са загађујућом материјом упуштана прво загађујућа материја са протоком од 0.0013 l/s, а затим се отварао и други вентил и на тај начин формирао проток од 0.0058 l/s загађујуће материје. Очекивано је формирање степенастог дијаграма промене рН вредности, што би одговарало реалним условима појаве кише и спирања урбаног слива. У оквиру испитивања промене рН вредности извршена су три експеримента.

У експериментима 1 и 2 коришћен је раствор азотне киселине рН = 5, очекивано је да ће први талас загађења променити почетну вредност са 7.45 на 6.61, док би други талас требао променити рН вредност на 6.04. Упоредо са мерењем рН вредности, праћена је и промена нивоа у резервоару са „чистом” водом сондом ниво притисак. Резултати прва два експеримента представљена су у табелама 21 и 22, које су приказане у прилогу 1.

Гарфик 19 представља промену нивоа у резервоару са „чистом” водом, док је на графику 20 представљена промена рН вредности током експеримента.



**График 19.** Графички приказ промене нивоа у резервоару са „чистом” водом током експеримента 1

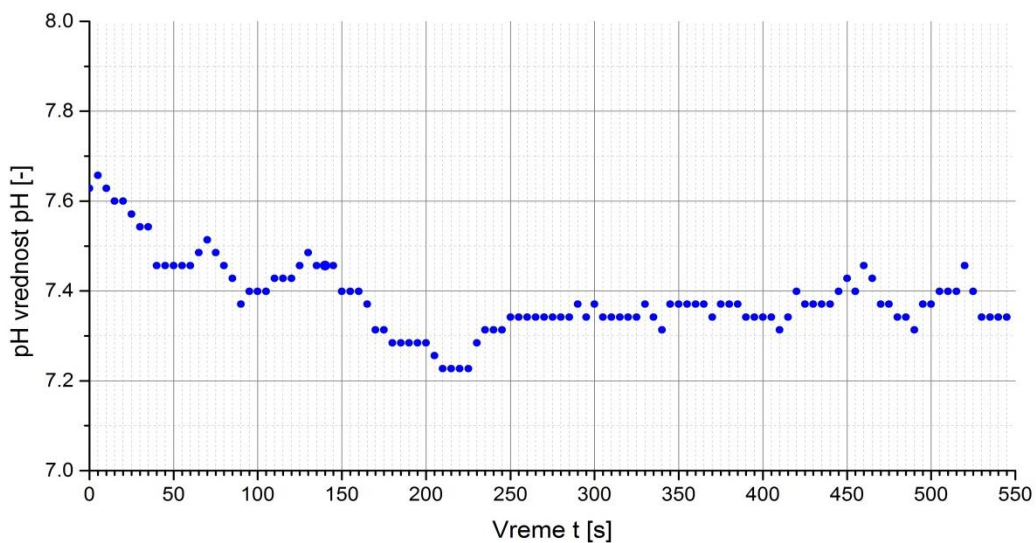


График 20. Графички приказ промене рН вредности током експеримента 1

Промена нивоа и рН вредности у току другог експеримента представљена је на графицима 21 и 22.

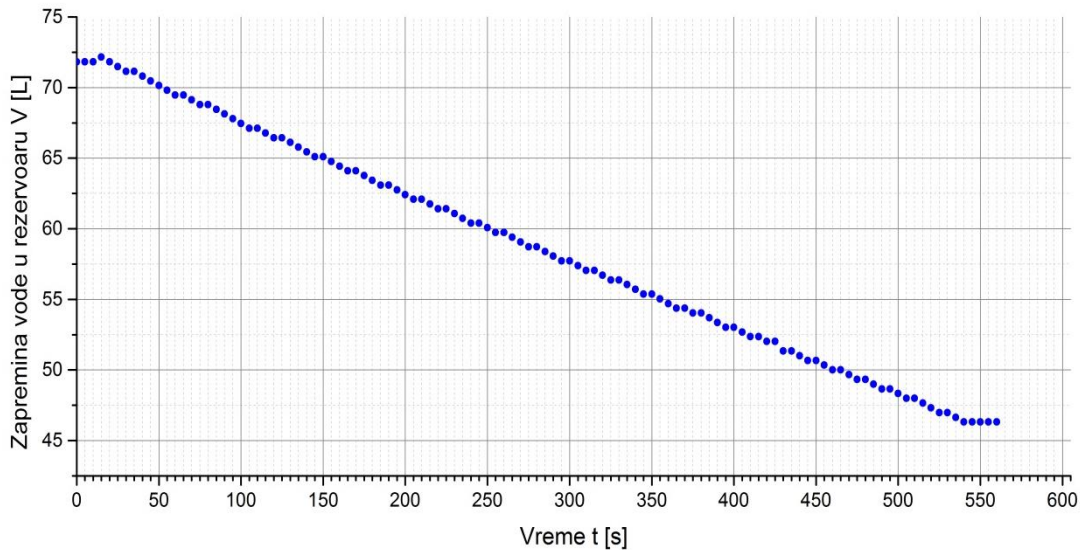
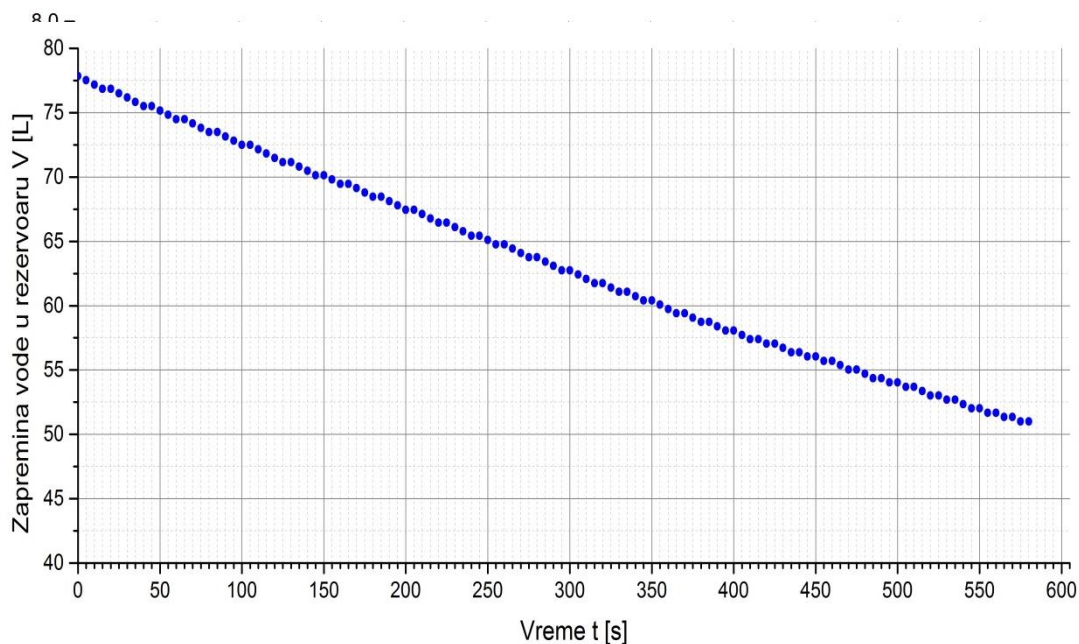
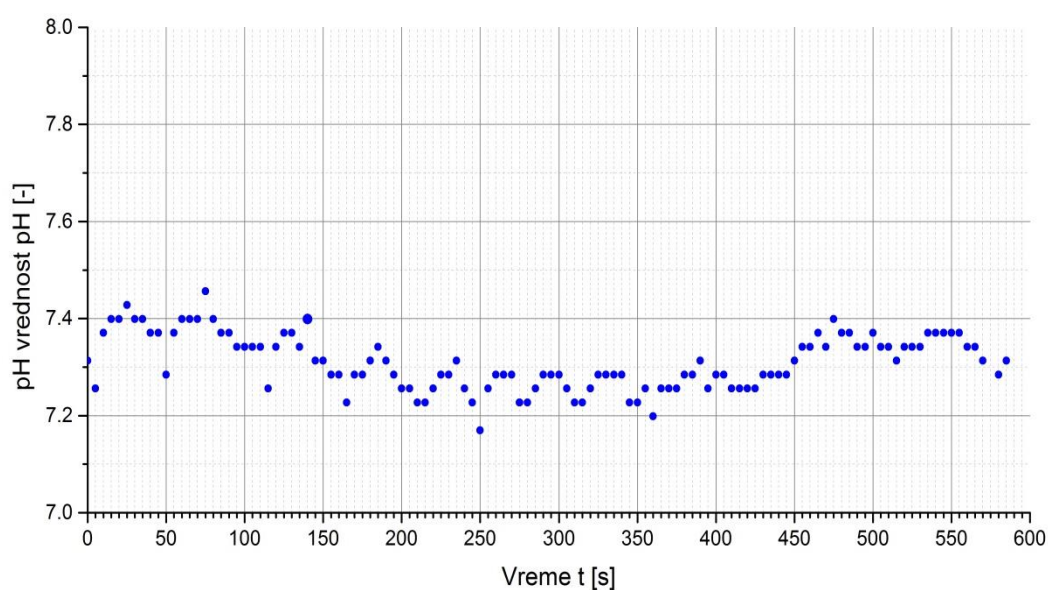


График 21. Графички приказ промене нивоа у резервоару са „чистом ” водом током експеримента 2



**График 23.** Графички приказ промене нивоа у резервоару са „чистом“ водом током експеримента 3

У експерименту 3 је коришћен раствор хлороводоничне киселине са рН вредношћу 2.75. Очекивана је промена рН вредности са почетне вредности 7.82 на 4.42 са отварањем првог довода загађујуће материје, док је отварањем другог довода очекиван пад рН вредности на 3.80. Резултати трећег експеримента су дати у прилогу 1 у табели 23. На графицима 23 и 24 приказано је опадање нивоа и промена рН вредности током експеримента 3.



**График 24.** Графички приказ промене рН вредности током експеримента 3



### **3.3.5. Дискусија резултата промене рН вредности током симулације кише**

Из приложених резултата може се видети да не долази до очекиваних промена рН вредности. Вода је показала слично понашање као пуферски раствор. Минорне промене рН вредности потичу од раствореног угљен-диоксида у води. Угљен диоксид реагује са водом формирајући угљену киселину  $\text{H}_2\text{CO}_3$ . Формирана угљена киселина изазива пад рН вредности.

Резултати показују да је потребно извршити промене у систему за мерење рН вредности, јер код постојећег система не долази до интензивног мешања.

Предлаже се титрација воде, како би се одредио алкалитет и ацидитет воде, односно понашање воде на додавање базних и киселих раствора.

### 3.4. Предлог математичког модела транспорта загађујуће материје

За математичко описивање транспорта загађујуће материје користиће се транспортна једначину за једнодимензионално, устаљено струјање у порозној средини. Претпоставља се да се одвија идеално мешање загађујуће материје и воде. За уведенe претпоставке може се написати једначина транспорта загађујуће материје на следећи начин<sup>25</sup>:

$$\frac{\partial C}{\partial t} = -v_{eff} \cdot \frac{\partial C}{\partial x} + D \cdot \frac{\partial^2 C}{\partial x^2} \quad (25)$$

где је :

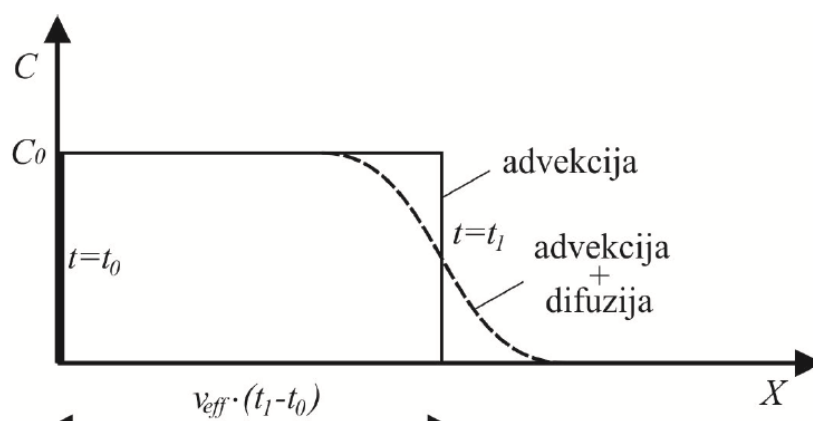
$v_{eff}$  – Средња брзина тока дуж главне трајекторије

$C$  – Концентрација материје у воденом раствору

$x$  – Координата главног правца тока

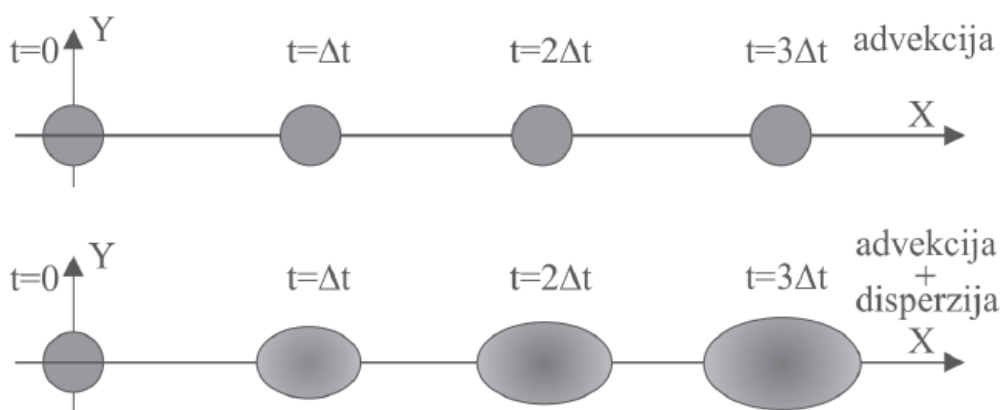
$D$  – Коефицијент хидродинамичке дисперзије у правцу главног тока.

Ако би се усвојио неки тренутак времена  $t$ , у ком би се у некој тачки која се усваја као  $X = 0$ , инјектирала континуално константна концентрација растворене загађујуће материје  $C_0$ , могао би се илустровати утицај дифузије и адвекције на транспорт загађујуће материје у неком тренутку  $t_1$  ( слика 29 ).



Слика 29. Адвекција и дифузија концентрације загађујуће материје<sup>25</sup>

Процес молекуларне дифузије има исти ефекат на транспорт загађујуће материје као и механичка дисперзија, али дисперзија је последица неуниформности поља брзина у микро размери, као и закривљености трајекторија којима вода струји кроз средину. Из практичних разлога се најчешће механизам молекуларне дифузије и механичке дисперзије разматрају као јединствен механизам, који се назива хидродинамичка дисперзија<sup>25</sup>. Процес адвекције и дисперзије утичу на распоред концентрације у  $x$  –правцу као што је приказано на слици 30.



Слика 30. Утицај дисперзије на транспорт загађења у  $x$ -правцу

Са слика 29 и 30 лако се може закључити да процес адвекције врши само translацију концентрације у одређеном правцу, без смањења њене вредности. Код дисперзивности долази до ублажавања вредности концентрације, а може се уочити и да се загађење шири у свим правцима.

Линијска транспортна једначина је коришћења са коефицијентом хидродинамичке дисперзије само у  $x$ -правцу, јер је на инсталацији на којој су рађена испитивања занемарљива вредност бочне дисперзивности у односу на главни правац струјања воде.

Једначина 25 се може решавати нумерички, за било који случај или аналитички за одређене граничне услове. Циљ математичког модела је инверзно израчунавање концентрације загађења на улазу у мерну кутију и концентрације загађења у резервоару са загађујућом материјом.



### 3.4.1. Аналитичко решење

Увођењем покретног координатног система, који се креће стварном брзином струјања  $v_{eff}$ , једначина се може свести на обичну једначину транспорта. За сваки тренутак  $t$  положај покретног координатног система се може дефинисати преко једноставног израза<sup>25</sup>:

$$s = x - v_{eff} \cdot t \quad (26)$$

Сада једначина (25) добија облик:

$$\frac{\partial C}{\partial t} = D \cdot \frac{\partial^2 C}{\partial s^2} \quad (27)$$

Једначина (27) има аналитичко решење<sup>26</sup>:

$$\frac{C}{C_0} = \frac{1}{2} \left[ \operatorname{erfc} \left( \frac{x - v_{eff} \cdot t}{2 \cdot \sqrt{D \cdot t}} \right) + e^{\left( \frac{v_{eff} \cdot t}{D} \right)} \operatorname{erfc} \left( \frac{x - v_{eff} \cdot t}{2 \cdot \sqrt{D \cdot t}} \right) \right] \quad (28)$$

Ако је довољна удаљеност од координатног почетка други члан са десне стране израза (28) се може занемарити, тј. ако је:

$$\frac{v_{eff} \cdot t}{D} > 500 \quad (29)$$

Аналитичко решење представљено изразом (28) је изведено за следеће почетне и граничне услове:

$$C(x, t = 0) = 0 \quad (30)$$

$$C(x = 0, t) = C_0 \quad (31)$$

$$C(x = \infty, t) = 0 \quad (32)$$

Занемаривањем другог члана у изразу (28) и применом на систем за мерење, добија се израз за израчунавање излазне концентрације:

$$C = C_{izl} = C_0 \cdot \frac{1}{2} \cdot \operatorname{erfc} \left( \frac{L - v_{eff} \cdot t}{2 \cdot \sqrt{D \cdot t}} \right) \quad (33)$$

Израз (33) је једначина написана за пресек где се налази сонда ( $x = L$ ), па  $L$  представља удаљеност сонде од улаза у мерну кутију. Функција дата у изразу (33) је јако слична функцији стандардизоване нормалне расподеле  $\Phi(z)$ :

$$\phi(z) = \frac{1}{2} \cdot \operatorname{erfc}\left(-\frac{z}{\sqrt{2}}\right) \quad (34)$$

Где је:

$Z$  – стандардизована случајна променљива

Ако се изједначе изрази (33) и (34) тако да  $\Phi(z)$  представља однос  $C_{izl}/C_0$  добија се :

$$\frac{L - v_{eff} \cdot t}{2 \cdot \sqrt{D \cdot t}} = -\frac{z}{\sqrt{2}} \quad (35)$$

Сада се из израз (35) може изразити стандардизована случајна променљива  $z$  као:

$$\frac{v_{eff} \cdot t - L}{\sqrt{2D \cdot t}} = z \quad (36)$$

Из израза (36) може се уочити да случајној променљивој  $x$  одговара члан  $v_{eff} \cdot t$ , док су остали чланови заправо статистички параметри:

$$x = v_{eff} \cdot t$$

Средња вредност је :

$$\bar{x} = L \quad (37)$$

Стандардна девијација је :

$$\sigma = \sqrt{2 \cdot D \cdot t}$$

Вредност функције стандардизоване нормалне расподеле је 0.84 за  $z = 1$ , а за вредност  $z = -1$ , вредност функције је 0.16. Ако се наведене вредности стандардизоване нормалне променљиве унесу у израз (36) добија се :

$$\frac{v_{eff} \cdot t_{0.84} - L}{\sqrt{2D \cdot t_{0.84}}} = 1 \quad (38)$$

$$\frac{v_{eff} \cdot t_{0.16} - L}{\sqrt{2D \cdot t_{0.16}}} = -1 \quad (39)$$

Одузимањем једначине (39) од (38) добија се израз за израчунавање коефицијента дисперзивности:

$$D = \frac{1}{8} \left[ \frac{v_{eff} \cdot t_{0.84} - L}{\sqrt{2D \cdot t_{0.84}}} - \frac{v_{eff} \cdot t_{0.16} - L}{\sqrt{2D \cdot t_{0.16}}} \right]^2 \quad (40)$$

У циљу одређивања вредности средње брзине дуж правца главног тока се може одредити испитивањем вредности функције  $C_{izl}/C_0$  из израза (33).

- За  $C_{izl}/C_0 = 0$  :

$$\begin{aligned} \operatorname{erfc} \left( \frac{L - v_{eff} \cdot t_0}{2 \cdot \sqrt{D \cdot t_0}} \right) &= 0 \\ \frac{L - v_{eff} \cdot t}{2 \cdot \sqrt{D \cdot t}} &= +\infty \Rightarrow t_0 = 0 \end{aligned} \quad (41)$$

- За  $C_{izl}/C_0 = 1$  :

$$\begin{aligned} \operatorname{erfc} \left( \frac{L - v_{eff} \cdot t_1}{2 \cdot \sqrt{D \cdot t_1}} \right) &= 2 \\ \frac{L - v_{eff} \cdot t}{2 \cdot \sqrt{D \cdot t}} &= -\infty \Rightarrow t_1 = +\infty \end{aligned} \quad (42)$$

- За  $C_{izl}/C_0 = 1$  :

$$\begin{aligned} \operatorname{erfc} \left( \frac{L - v_{eff} \cdot t_{0.5}}{2 \cdot \sqrt{D \cdot t_{0.5}}} \right) &= 1 \\ \frac{L - v_{eff} \cdot t}{2 \cdot \sqrt{D \cdot t}} = 0 &\Rightarrow L = v_{eff} \cdot t_{0.5} \Rightarrow v_{eff} = \frac{L}{t_{0.5}} \end{aligned} \quad (43)$$

Након што су одређени коефицијент дисперзивности и средња брзина дуж правца главног тока, потребно је још детерминисати израз за израчунавање улазне концентрације  $C_{ul}$  који се може добити на основу измерених вредности у кутији:

$$C_{ul} = C_0 = \frac{C_{mereno}}{\frac{1}{2} \cdot \operatorname{erfc} \left( \frac{L - v_{eff} \cdot t}{2 \cdot \sqrt{D \cdot t}} \right)} \quad (44)$$

### **3.5. Промена електропроводљивости током симулације кише**

#### **3.5.1. Диспозиција система за мерење електропроводљивости**

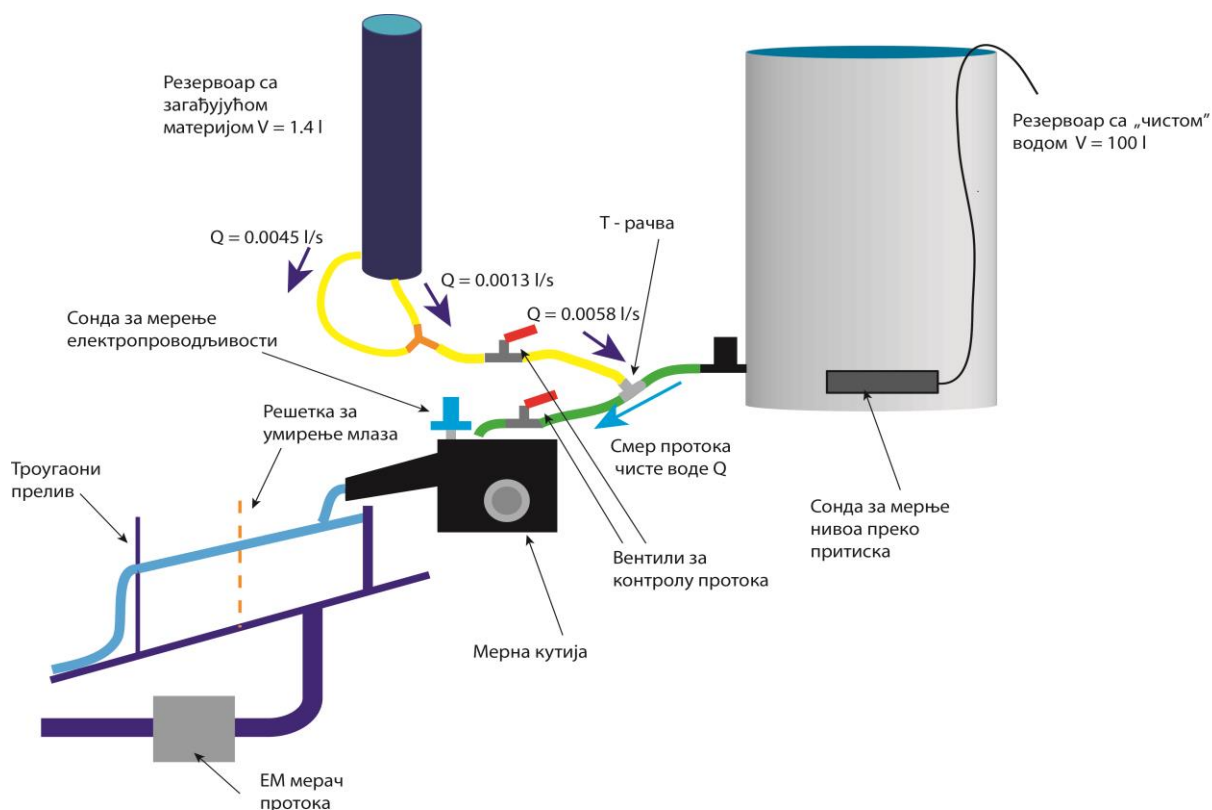
Мерење електропроводљивости се врши сондом, која је уроњена у мерну кутију у близини сонде за мерење рН вредности ( слика 31 ).

Мерење електропроводљивости се врши на исти начин, као и мерење рН вредности.



**Слика 31.** Положај сонде за мерење електропроводљивости у мерној кутији

Диспозиција система за мерење електропроводљивости је схематски представљена на слици 32.



Слика 32. Схематски приказ инсталције за мерење електропроводљивости

Приликом мерења електропроводљивости такође су формиран таласи загађења, са идејом формирања степенастих дијаграма концентрације загађујућих материја у мерној кутији. Вршена су три експеримента са различитим протоцима, који представљају падавине различитих интензитета. Приликом мерења узета је грешка мерења од 5% мерених вредности узимајући у обзир максималне грешке сонде од 1% и просечну грешку струјног излаза трансмитера од 4% од измерене јачине струје.

Мерење нивоа је вршено употребом сонде ниво – притисак.

За сваки од експеримената формиран су раствори са различитим концентрацијама соли  $\text{NaCl}$ , који су имали улогу загађујуће материје.

За свако мерење приликом обраде резултата извршено је и математичко моделирање излазне и улазне концентрације загађујуће материје. Резултати мерења за сваки од експеримената биће приказани у оквиру наредних поглавља. Подешене

вредности струјних излаза и отпора за сва три експеримента су идентичне и приказане су у табели 24. Процењено је да растојање које флуид пролази од уласка у мерну кутију до сонде износи  $L_{EC} = 28$  cm.

**Табела 24.** *Вредности струјних излаза и отпора за мерење електропроводљивости*

EC [ $\mu\text{S}/\text{cm}$ ]	I [mA]	R [ $\Omega$ ]
100	4	98.64
1000	20	

### 3.5.2. Експеримент 1 ( $Q=0.04$ l/s)

У оквиру првог експеримента коришћен је водени раствор соли са електропроводљивошћу  $2470 \mu\text{S}/\text{cm}$ , као загађујућа материја. Проток из резервоара са загађујућом материјом је  $0.0013$  l/s, а проток при отворености оба вентила је  $0.0058$  l/s. Средњи проток из резервоара са „чистом“ водом је  $0.04$  l/s. Параметри математичког модела и очкиване вредности електропроводљивости при упуштању загађења у систем су представљени у табели 25. Положај сонде ниво-притисак у односу на дно резервоара је  $H_{\text{sonde}} = 3.35$  cm.

**Табела 25.** *Параметри математичког модела за прорачун простирања таласа електропроводљивости*

Талас EC = $500 \mu\text{S}/\text{cm}$			Талас EC = $670 \mu\text{S}/\text{cm}$			Испирање EC = $434.22 \mu\text{S}/\text{cm}$		
EC <sub>vode</sub>	434.22	$\mu\text{S}/\text{cm}$	EC <sub>vode</sub>	500	$\mu\text{S}/\text{cm}$	EC <sub>vode</sub>	670	$\mu\text{S}/\text{cm}$
EC <sub>16%</sub>	444.74	$\mu\text{S}/\text{cm}$	EC <sub>16%</sub>	527.20	$\mu\text{S}/\text{cm}$	EC <sub>16%</sub>	632.28	$\mu\text{S}/\text{cm}$
t <sub>16%</sub>	115.72	s	t <sub>16%</sub>	18.88	s	t <sub>16%</sub>	5.94	s
EC <sub>84%</sub>	489.48	$\mu\text{S}/\text{cm}$	EC <sub>84%</sub>	642.80	$\mu\text{S}/\text{cm}$	EC <sub>84%</sub>	471.94	$\mu\text{S}/\text{cm}$
t <sub>84%</sub>	137.55	s	t <sub>84%</sub>	45.86	s	t <sub>84%</sub>	39.68	s
EC <sub>50%</sub>	467.11	$\mu\text{S}/\text{cm}$	EC <sub>50%</sub>	585.00	$\mu\text{S}/\text{cm}$	EC <sub>50%</sub>	552.11	$\mu\text{S}/\text{cm}$
t <sub>50%</sub>	132.53	s	t <sub>50%</sub>	28.81	s	t <sub>50%</sub>	13.97	s
v <sub>eff</sub>	0.002113	m/s	v <sub>eff</sub>	0.009718	m/s	v <sub>eff</sub>	0.02004	m/s
D	2.21E-06	m <sup>2</sup> /s	D	0.000272	m <sup>2</sup> /s	D	0.002731	m <sup>2</sup> /s

Резултати мерења као и прорачуна употребом математичког модела предложеног у оквиру поглавља 3.4 дати су у оквиру табеле 26, која се налази у прилогу 1. Графички приказ резултата мерења са мерном несигурношћу која одговара тачности мерног инструмента је дата на графику 25.



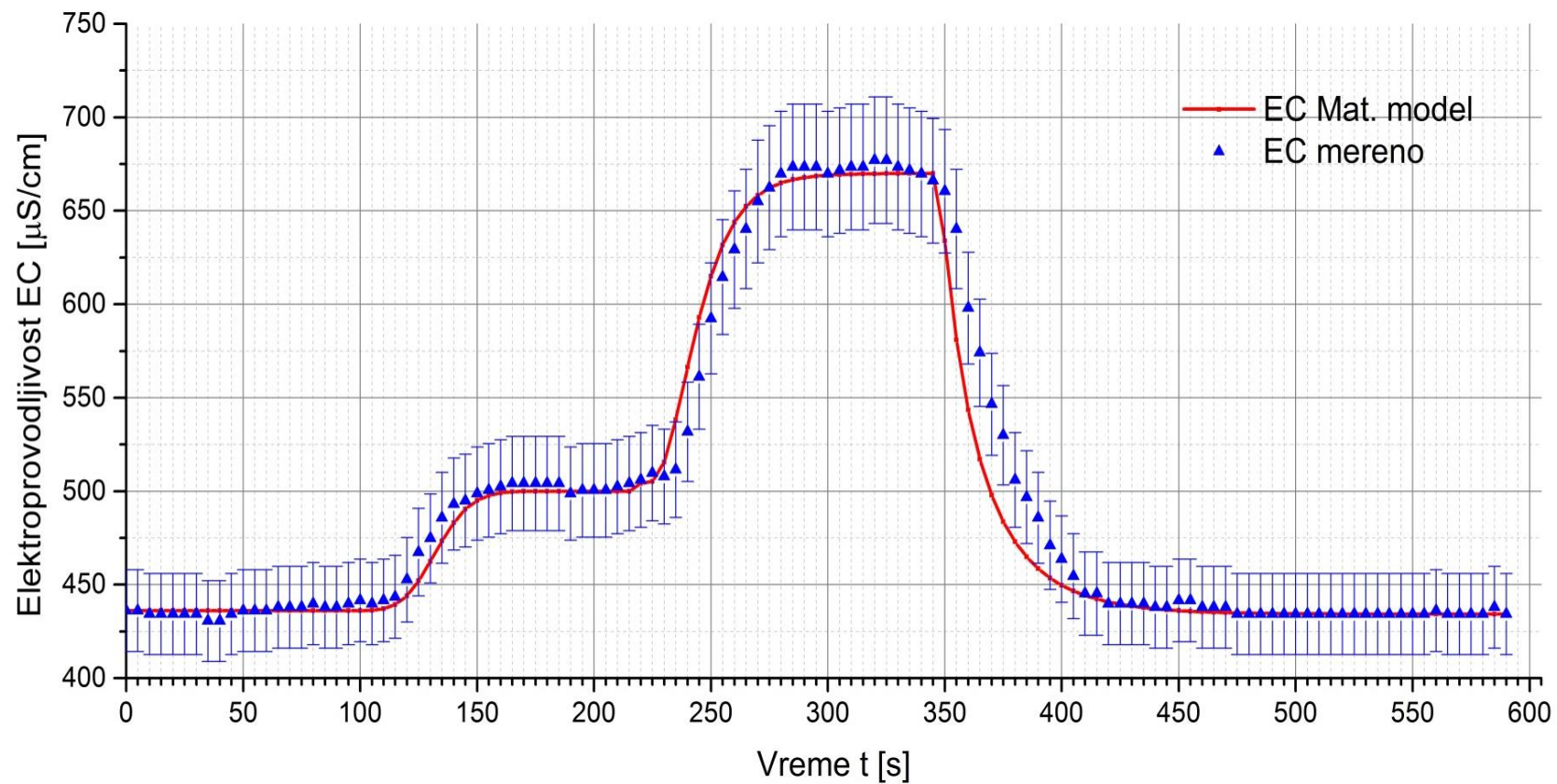


График 25. Графички приказ промене електропроводљивости током симулације падавина са протоком  $Q = 0.04 \text{ l/s}$



### 3.5.3. Експеримент 2 (Q=0.033 l/s)

Приликом извођења другог експеримента коришћен је водени раствор соли са електропроводљивошћу 3830  $\mu\text{S}/\text{cm}$ , као загађујућа материја. Проток из резервоара са загађујућом материјом је 0.0011 l/s, док проток при отворености оба вентила је 0.0055 l/s. Средњи проток из резервоара са „чистом“ водом је 0.033 l/s. Параметри за формирање математичког модела и очекиване вредности електропроводљивости при упуштању загађења у систем су представљени у табели 27. Положај сонде за мерење нивоа у односу на дно резервоара је  $H_{\text{sonde}} = 2.5 \text{ cm}$ .

Табела 27. Параметри математичког модела за прорачун простирања таласа електропроводљивости у експерименту 2

Талас EC = 550 $\mu\text{S}/\text{cm}$			Талас EC = 600 $\mu\text{S}/\text{cm}$			Испирање EC = 434.22 $\mu\text{S}/\text{cm}$		
EC <sub>vode</sub>	434.22	$\mu\text{S}/\text{cm}$	EC <sub>vode</sub>	550	$\mu\text{S}/\text{cm}$	EC <sub>vode</sub>	600	$\mu\text{S}/\text{cm}$
EC <sub>16%</sub>	452.74	$\mu\text{S}/\text{cm}$	EC <sub>16%</sub>	558.00	$\mu\text{S}/\text{cm}$	EC <sub>16%</sub>	572.89	$\mu\text{S}/\text{cm}$
t <sub>16%</sub>	92.03	s	t <sub>16%</sub>	7.86	s	t <sub>16%</sub>	8.27	s
EC <sub>84%</sub>	531.48	$\mu\text{S}/\text{cm}$	EC <sub>84%</sub>	592.00	$\mu\text{S}/\text{cm}$	EC <sub>84%</sub>	457.65	$\mu\text{S}/\text{cm}$
t <sub>84%</sub>	116.88	s	t <sub>84%</sub>	29.43	s	t <sub>84%</sub>	50.44	s
EC <sub>50%</sub>	492.11	$\mu\text{S}/\text{cm}$	EC <sub>50%</sub>	575.00	$\mu\text{S}/\text{cm}$	EC <sub>50%</sub>	515.27	$\mu\text{S}/\text{cm}$
t <sub>50%</sub>	110.76	s	t <sub>50%</sub>	14.18	s	t <sub>50%</sub>	20.52	s
v <sub>eff</sub>	0.002528	m/s	v <sub>eff</sub>	0.019746	m/s	v <sub>eff</sub>	0.013645	m/s
D	5.07E-06	m <sup>2</sup> /s	D	0.001251	m <sup>2</sup> /s	D	0.001671	m <sup>2</sup> /s

Резултати мерења и вредности добијене применом математичког модела су представљене у табели 28, у прилогу 1. Резултати мерења са припадајућом мерном несигурношћу представљени су на графику 26.

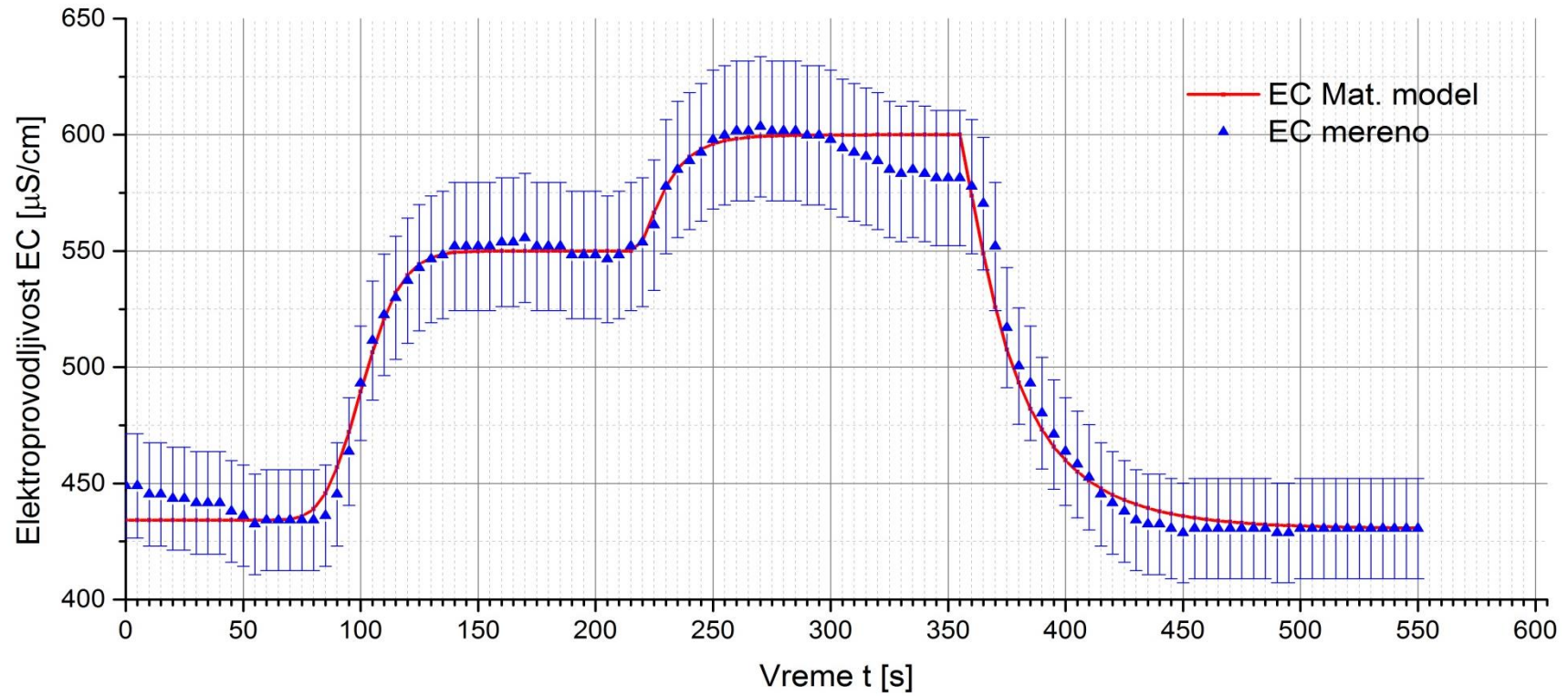


График 26. Графички приказ промене електропроводљивости током симулације падавина са протоком  $Q = 0.033 \text{ l/s}$

### 3.5.4. Експеримент 3 ( $Q=0.054$ l/s)

За формирање таласа загађења у екперименту три коришћен је водени раствор кухињске соли са електропроводљивошћу  $6032 \mu\text{S}/\text{cm}$ , као загађујућа материја. Проток из резервоара са загађујућом материјом је  $0.0011$  l/s, док проток при отворености оба вентила је  $0.0055$  l/s. Средњи проток из резервоара са „чистом” водом је  $0.054$  l/s. Параметри за формирање математичког модела и очекиване вредности електропроводљивости при упуштању загађења у систем су представљени у табели 29. Положај сонде за мерење нивоа преко промене притиска у односу на дно резервоара је  $H_{\text{sonde}} = 3.72$  cm.

Табела 29. Параметри математичког модела за прорачун простирања таласа електропроводљивости у експерименту 3

Талас $EC = 550 \mu\text{S}/\text{cm}$			Талас $EC = 860 \mu\text{S}/\text{cm}$			Испирање $EC = 430.54 \mu\text{S}/\text{cm}$		
$EC_{\text{vode}}$	434.22	$\mu\text{S}/\text{cm}$	$EC_{\text{vode}}$	550	$\mu\text{S}/\text{cm}$	$EC_{\text{vode}}$	860	$\mu\text{S}/\text{cm}$
$EC_{16\%}$	452.74	$\mu\text{S}/\text{cm}$	$EC_{16\%}$	599.60	$\mu\text{S}/\text{cm}$	$EC_{16\%}$	791.29	$\mu\text{S}/\text{cm}$
$t_{16\%}$	42.53	s	$t_{16\%}$	23.24	s	$t_{16\%}$	118.16	s
$EC_{84\%}$	531.48	$\mu\text{S}/\text{cm}$	$EC_{84\%}$	810.40	$\mu\text{S}/\text{cm}$	$EC_{84\%}$	499.25	$\mu\text{S}/\text{cm}$
$t_{84\%}$	77.34	s	$t_{84\%}$	48.54	s	$t_{84\%}$	187.33	s
$EC_{50\%}$	492.11	$\mu\text{S}/\text{cm}$	$EC_{50\%}$	705.00	$\mu\text{S}/\text{cm}$	$EC_{50\%}$	645.27	$\mu\text{S}/\text{cm}$
$t_{50\%}$	54.7	s	$t_{50\%}$	32.84	s	$t_{50\%}$	161.15	s
$v_{\text{eff}}$	0.005119	m/s	$v_{\text{eff}}$	0.008526	m/s	$v_{\text{eff}}$	0.001738	m/s
$D$	6.46E-05	$\text{m}^2/\text{s}$	$D$	0.000164	$\text{m}^2/\text{s}$	$D$	1.3E-05	$\text{m}^2/\text{s}$

Резултати прорачуна и мерења представљени су у прилогу 1 овог рада, у табели 30. Графички приказ резултата мерења је дат на графику 27.

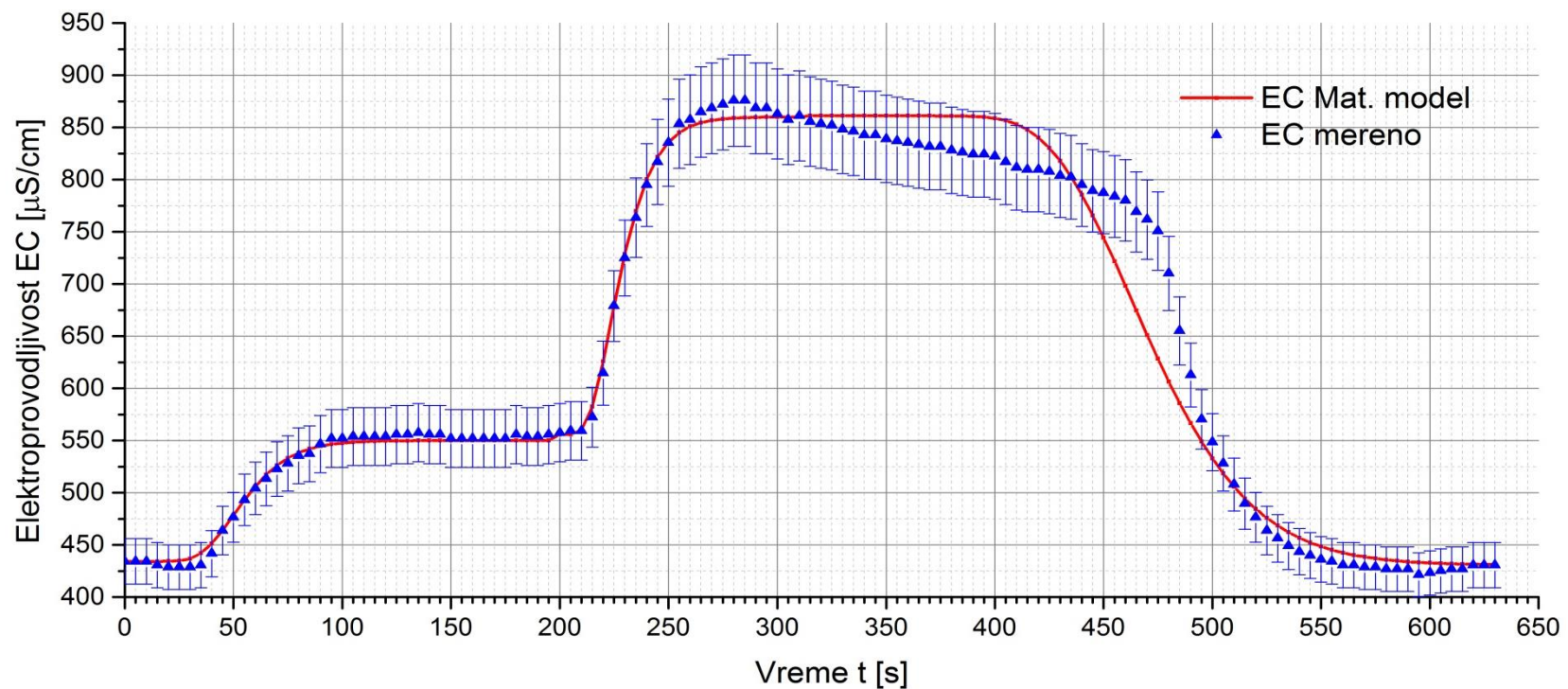
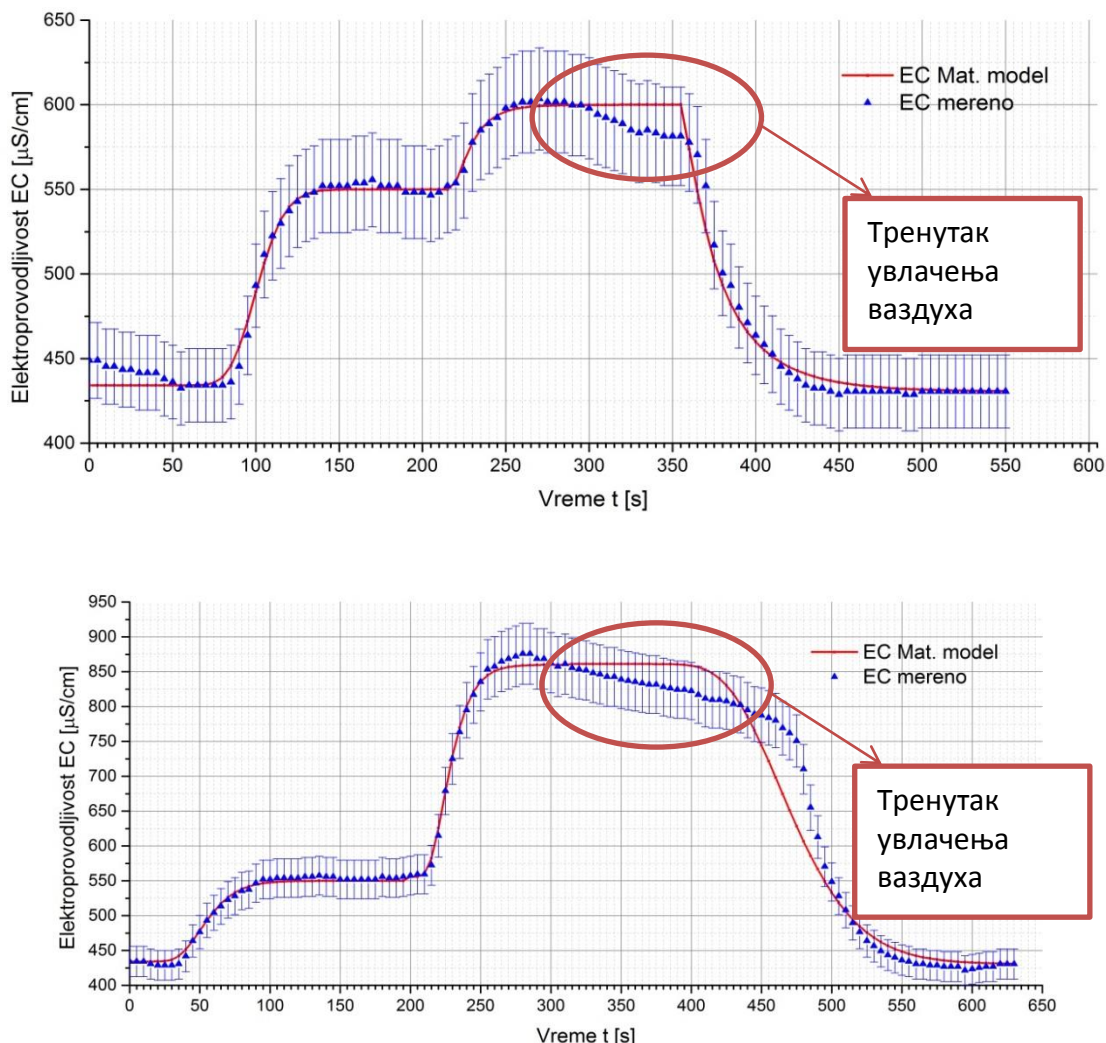


График 27. Графички приказ промене електропроводљивости током симулације падавина са протоком  $Q = 0.054 \text{ l/s}$

### 3.5.5. Дискусија резултата мерења електропроводљивости

Резултате мерења електропроводљивости као и резултате добијене математичким моделовањем је најлакше сагледати са графика. За сва три експеримента се може уочити да поклапање математичког модела и резултата мерења на рецесионим деловима дијаграма није идеално. Како би се отклонио тај проблем предлаже се мерење распрострања загађујуће материје трасерском методом, у циљу детерминације бочне дисперзије, па самим тим и корекције математичког модела.

Код мерења обављених у експериментима 2 и 3 може се уочити увлачење ваздуха у инсталацију у делу довода загађујуће материје, што изазива појаву рецесије вредности електропроводљивости раније од затварања довода, јер опада вредност протока загађујуће материје. Појава неочекиваног опадања таласа електропроводљивости због увученог ваздуха изазива и одступање од математичког модела (в. слику 33).



Слика 33. Приказ тренутака у којима долази до увлачења ваздуха



### 3.6. Промена мутноће током симулације кише

#### 3.6.1. Диспозиција система за мерење распростирања таласа мутноће током симулације кише

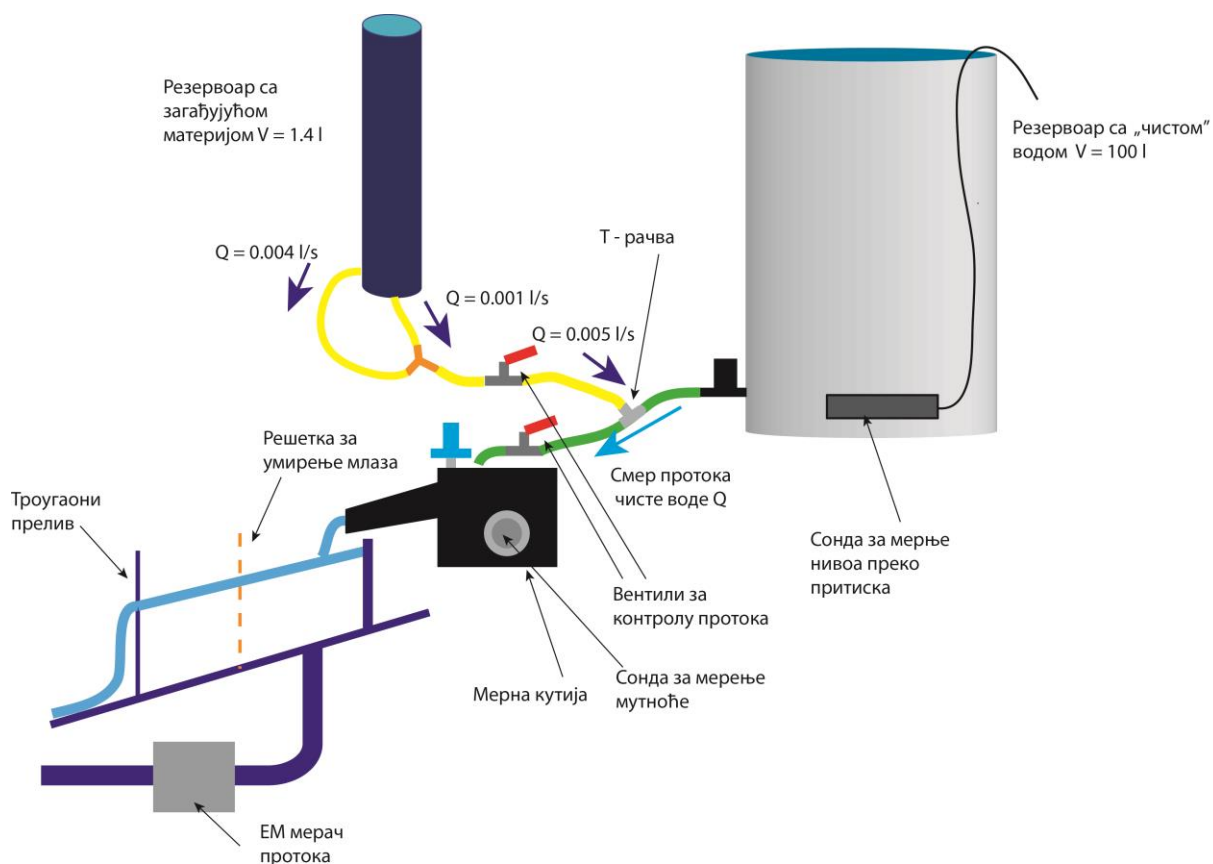
Диспозиција инсталације за мерење промене мутноће, током симулације кише је иста као и инсталација за мерење рН вредности и електропроводљивости. Положај сонде је приказан на слици 34. На слици 34 је приказана провидна мерна кутија ради бољег увида у положај сонде. Пре мерења мутноће кутија је офарбана у црну боју, како би се спречио утицај светлости из спољне средине на мерења.



Слика 34. Положај сонде за мерење мутноће у мерној кутији

Раствори за мерење мутноће су прављени растварањем бентонита (врста глине) у води до постизања жељене мутноће загађујуће материје. Приликом извођења експеримената са убризгавањем раствора различите мутноће, такође је постојала тежња ка формирању степенстих дијаграма;

Али отварањем вентила са протоком приближно 0.001 l/s није постигнуто довољно интензивно мешање, које би надвладало процес таложења, па је формиран само један талас загађења, отварањем оба вентила, како би се остварио проток из резервоара са загађујућом материјом од приближно 0.005 l/s. Диспозиција инсталације за мерење мутноће је схематски приказана на слици 35.



Слика 35. Схема инсталације за мерење мутноће

Вредности струјних излаза подешених на трансмитеру *Liquisys M CUM223* приказане су у табели 31 и одговарајуће вредности отпора.

Табела 31. Вредности струјних излаза и отпора за мерење електропроводљивости

T [FNU]	I [mA]	R [Ω]
0	4	98.72
300	20	

У циљу испитивања промене вредности вредности мутноће изведена су 4 експеримента, чији резултати и математички модели ће бити представљени у оквиру наредних поглавља.



### 3.6.2. Експеримент 1 ( $Q=0.052$ l/s )

За извођење првог експеримента коришћен је водени раствор бентонита мутноће 150 FNU. Прорачуном који је вршен на основу запреминских концентрација очекивана је вредност од 15.5 FNU, не узимајући у обзир таложење у мерној кутији. Вредности карактеристичних времена за формирање 16% и 84% од врха таласа приказане су у табели 32. Положај сонде за мерење нивоа у односу на дно резервоара је  $H_{0sonde} = 2.67$  cm.

Табела 32. Параметри математичког модела за прорачун простирања таласа мутноће у експерименту 1

Талас $T = 5.9$ FNU			Талас $T = 0.97$ FNU		
$T_{vode}$	0.97	$\mu\text{S/cm}$	$T_{vode}$	5.9	$\mu\text{S/cm}$
$T_{16\%}$	1.76	$\mu\text{S/cm}$	$T_{16\%}$	5.11	$\mu\text{S/cm}$
$t_{16\%}$	95.7	s	$t_{16\%}$	1.23	s
$T_{84\%}$	5.11	$\mu\text{S/cm}$	$T_{84\%}$	1.76	$\mu\text{S/cm}$
$t_{84\%}$	108.77	s	$t_{84\%}$	36.39	s
$T_{50\%}$	3.435	$\mu\text{S/cm}$	$T_{50\%}$	3.44	$\mu\text{S/cm}$
$t_{50\%}$	101.71	s	$t_{50\%}$	18.28	s
$v_{eff}$	0.002753	m/s	$v_{eff}$	0.015317	m/s
$D$	1.58E-06	$\text{m}^2/\text{s}$	$D$	0.009903	$\text{m}^2/\text{s}$

Резултати мерења и математичког модела су представљени у табели 33, која се налази у прилогу 1. График 28 представља резултате мерења и математички модел транспорта мутноће у току времена.

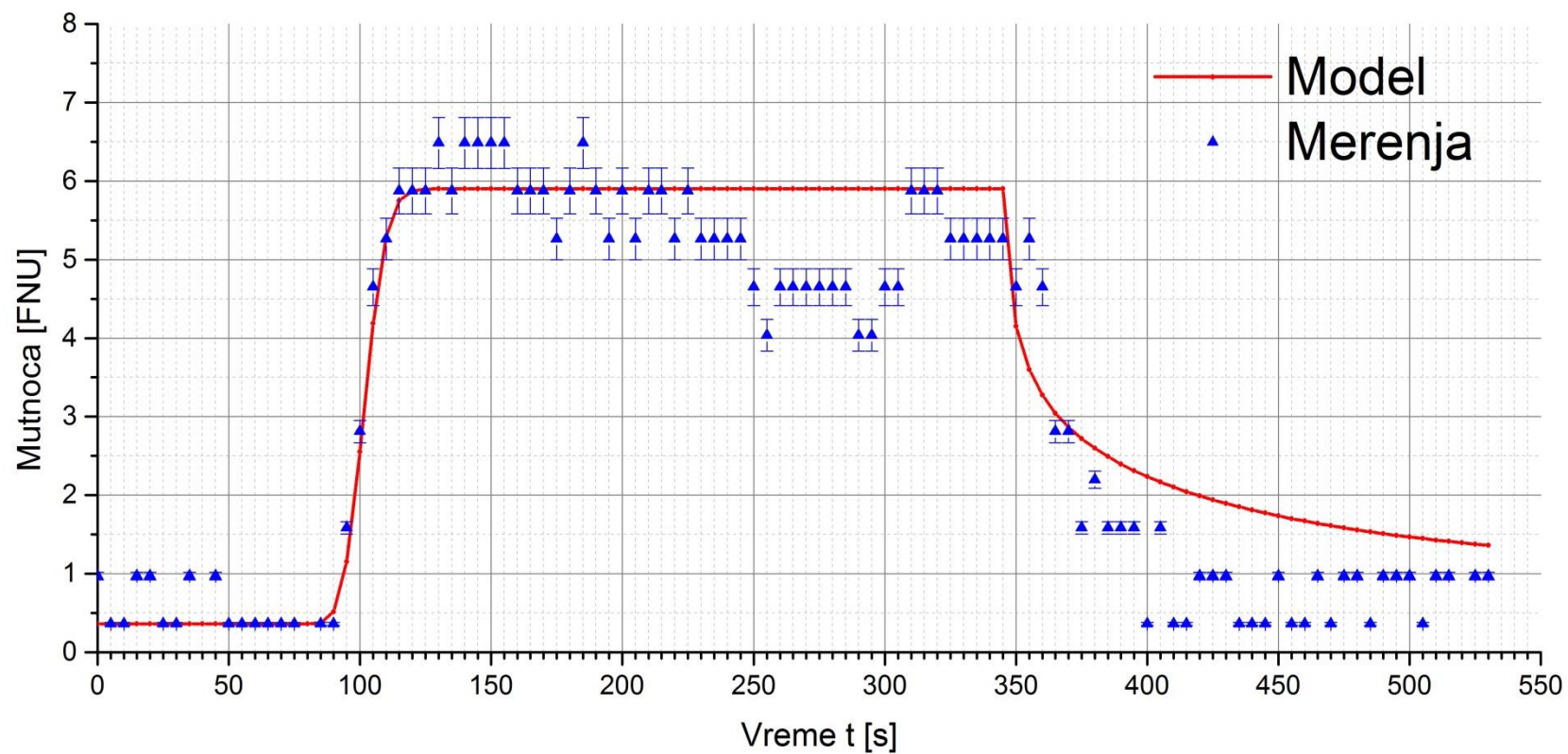


График 28. Графички приказ промене мутноће током симулације падавина са протоком  $Q = 0.054 \text{ l/s}$

### 3.6.2. Експеримент 2 ( Q=0.047 l/s )

У експерименту два, као загађујућа материја коришћен је раствор бентонита мутноће 250 FNU. Очекивана је максимална вредност мутноће у мерној кутији од 28 FNU. Проток кроз цев која доводи загађујућу материју је 0.0058 l/s, а вода дотиче са 0.047 l/s .Сонда за мерење нивоа преко притиска лежи на  $H_{0sonde} = 1.65$  cm изнад дна резервоара. У табели 34. представљени су параметри математичког модела:

**Табела 34.** Параметри математичког модела за прорачун простирања таласа мутноће у експерименту 2

Талас T = 13 FNU			Талас T = 0.97 FNU		
$T_{vode}$	0.97	$\mu S/cm$	$T_{vode}$	13	$\mu S/cm$
$T_{16\%}$	2.89	$\mu S/cm$	$T_{16\%}$	11.08	$\mu S/cm$
$t_{16\%}$	182.94	s	$t_{16\%}$	30.63	s
$T_{84\%}$	11.08	$\mu S/cm$	$T_{84\%}$	2.89	$\mu S/cm$
$t_{84\%}$	204.16	s	$t_{84\%}$	54.78	s
$T_{50\%}$	6.985	$\mu S/cm$	$T_{50\%}$	6.99	$\mu S/cm$
$t_{50\%}$	191.02	s	$t_{50\%}$	40.22	s
$v_{eff}$	0.001466	m/s	$v_{eff}$	0.006962	m/s
$D$	6.18E-07	$m^2/s$	$D$	8.29E-05	$m^2/s$

Резултати мерења и математичког моделовања су представљени у прилогу 1 овог рада, у табели 35. Графички приказ резултата мерења дат је на графику 29.

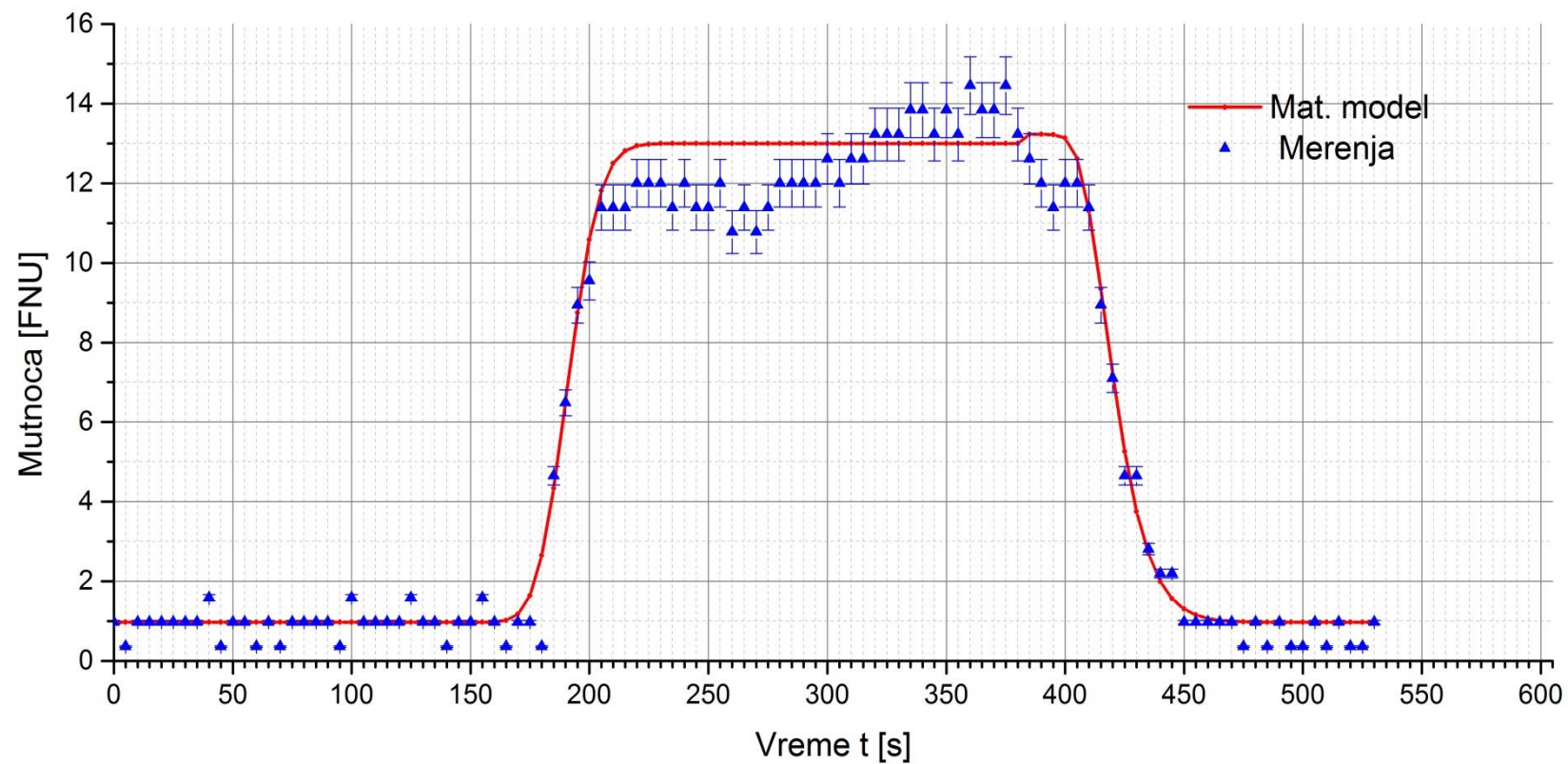


График 29. Графички приказ промене мутноће током симулације падавина са протоком  $Q = 0.0471/s$

### 3.6.3. Експеримент 3 ( $Q=0.041$ l/s )

Приликом симулације спирања честица прашине, земље, чађи и осталих материја, које се могу наћи на урбаним површинама, коришћен је раствор бентонита мутноће 253 FNU. Очекивана је максимална мерена вредност мутноће од 25 FNU. Проток из резервоара са загађујућом материјом износи 0.0058 l/s, а вода дотиче са 0.041 l/s . Сонда за мерење нивоа се налази на висини од  $H_{0sonde} = 5.03$  cm од дна резервоара. У табели 36. представљени су параметри математичког модела.

Табела 36. Параметри математичког модела за прорачун простирања таласа мутноће у експерименту 3

Талас $T = 15$ FNU			Талас $T = 0.97$ FNU		
$T_{vode}$	0.97	$\mu S/cm$	$T_{vode}$	15	$\mu S/cm$
$T_{16\%}$	3.21	$\mu S/cm$	$T_{16\%}$	12.76	$\mu S/cm$
$t_{16\%}$	158.04	s	$t_{16\%}$	17.93	s
$T_{84\%}$	12.76	$\mu S/cm$	$T_{84\%}$	3.21	$\mu S/cm$
$t_{84\%}$	181.21	s	$t_{84\%}$	46.72	s
$T_{50\%}$	7.985	$\mu S/cm$	$T_{50\%}$	7.99	$\mu S/cm$
$t_{50\%}$	164.55	s	$t_{50\%}$	29.24	s
$v_{eff}$	0.001702	m/s	$v_{eff}$	0.009576	m/s
$D$	1.12E-06	$m^2/s$	$D$	0.000313	$m^2/s$

Резултати мерења и обраде резултата мерења представљени су у табели 37, која се налази у прилогу 1. Графички приказ резултата мерења представљен је на графику 30.

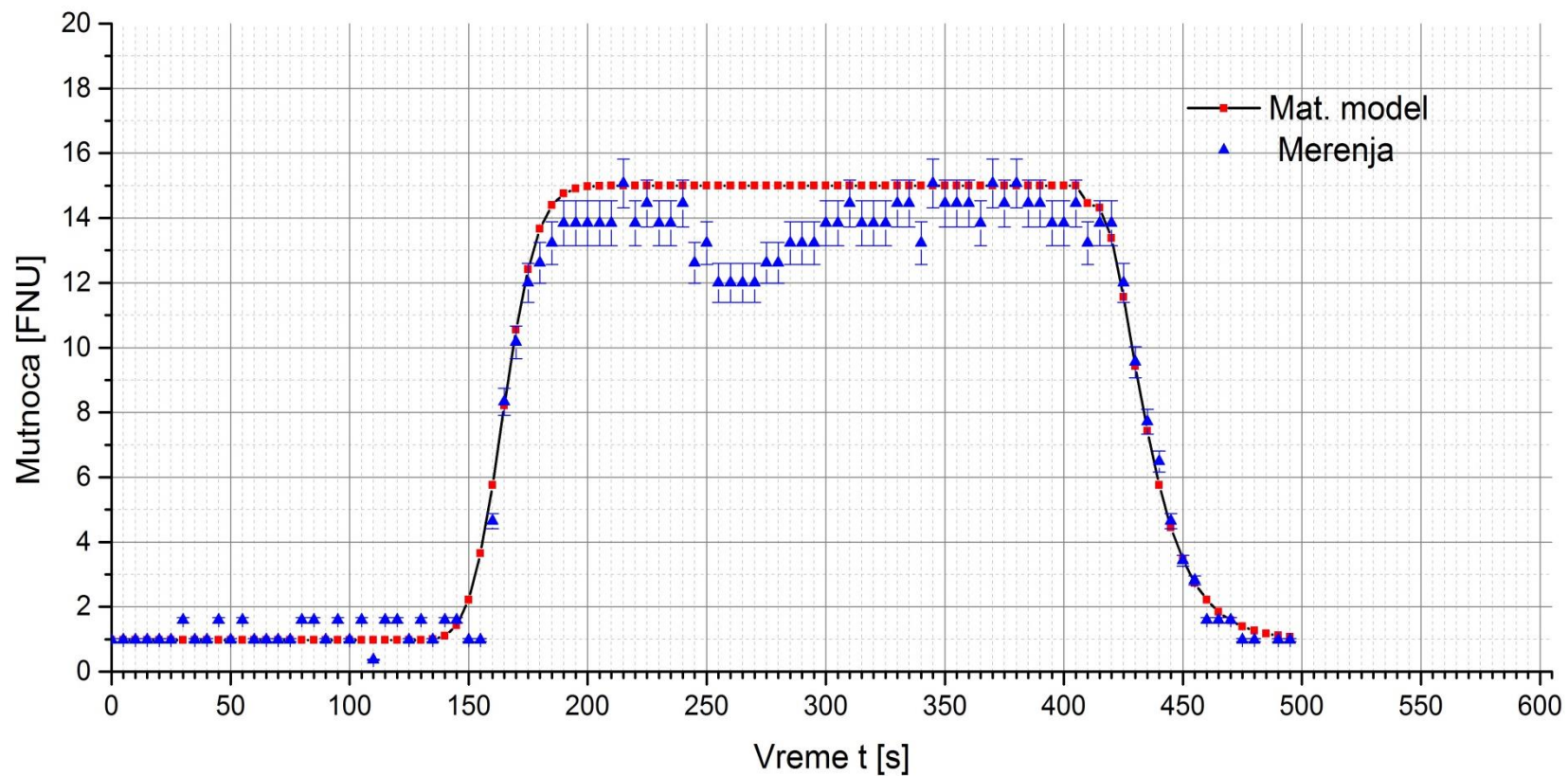


График 30. Графички приказ промене мутноће током симулације падавина са протоком  $Q = 0.041$  l/s



### 3.6.4. Експеримент 4 ( $Q=0.041$ l/s )

У четвртом експерименту симулације спирања урбаних површина током појаве кише, употребљен је водени раствор бентонита, мутноће 300 FNU. Очекивана је да ће врх таласа бити 33 FNU. Проток воде је 0.040 l/s, док је проток из резервоара са загађујућом материјом 0.0058 l/s. Сونда ниво – притисак се налази на  $H_{\text{osonde}} = 2.82$  cm у односу на дно резервоара. Параметри математичког модела представљени су у табели 38, а резултати мерења и прорачуна простирања загађујуће материје су представљени у прилогу 1, у табели 39 .

Табела 38. Параметри математичког модела за прорачун простирања таласа мутноће у експерименту 4

Талас $T = 20$ FNU			Талас $T = 0.36$ FNU		
$T_{\text{vode}}$	0.36	$\mu\text{S/cm}$	$T_{\text{vode}}$	20	$\mu\text{S/cm}$
$T_{16\%}$	3.50	$\mu\text{S/cm}$	$T_{16\%}$	16.86	$\mu\text{S/cm}$
$t_{16\%}$	157.58	s	$t_{16\%}$	22.59	s
$T_{84\%}$	16.86	$\mu\text{S/cm}$	$T_{84\%}$	3.50	$\mu\text{S/cm}$
$t_{84\%}$	177.34	s	$t_{84\%}$	57.20	s
$T_{50\%}$	10.18	$\mu\text{S/cm}$	$T_{50\%}$	10.18	$\mu\text{S/cm}$
$t_{50\%}$	163.515	s	$t_{50\%}$	33.29	s
$v_{\text{eff}}$	0.001712	m/s	$v_{\text{eff}}$	0.008411	m/s
$D$	8.37E-07	$\text{m}^2/\text{s}$	$D$	0.000259	$\text{m}^2/\text{s}$

Резултати мерења су приказани и графички на графику 31.



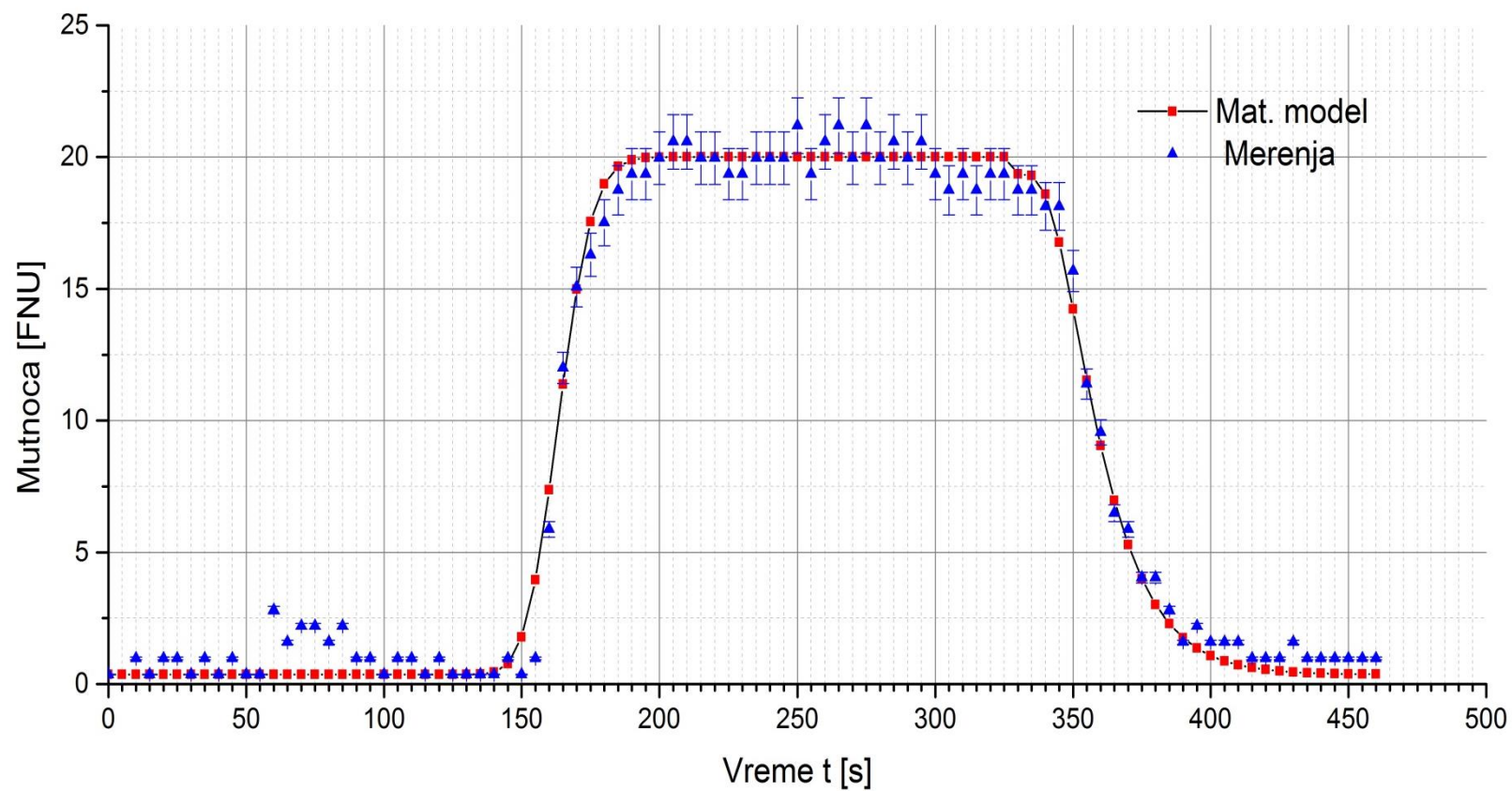


График 31. Графички приказ промене мутноће током симулације падавина са протоком  $Q = 0.041 \text{ l/s}$

### 3.6.5. Дискусија резултата мерења мутноће

На графичком приказу резултата може се уочити и приказ мерне несигурности, која је последица тачности инструмента и износи 5% од измерене вредности.

Предложени математички модел транспорта загађујуће материје показује задовољавајуће поклапање прорачунатих вредности и измерених, нарочито за тренутке формирања таласа загађења и испирања мерне кутије.

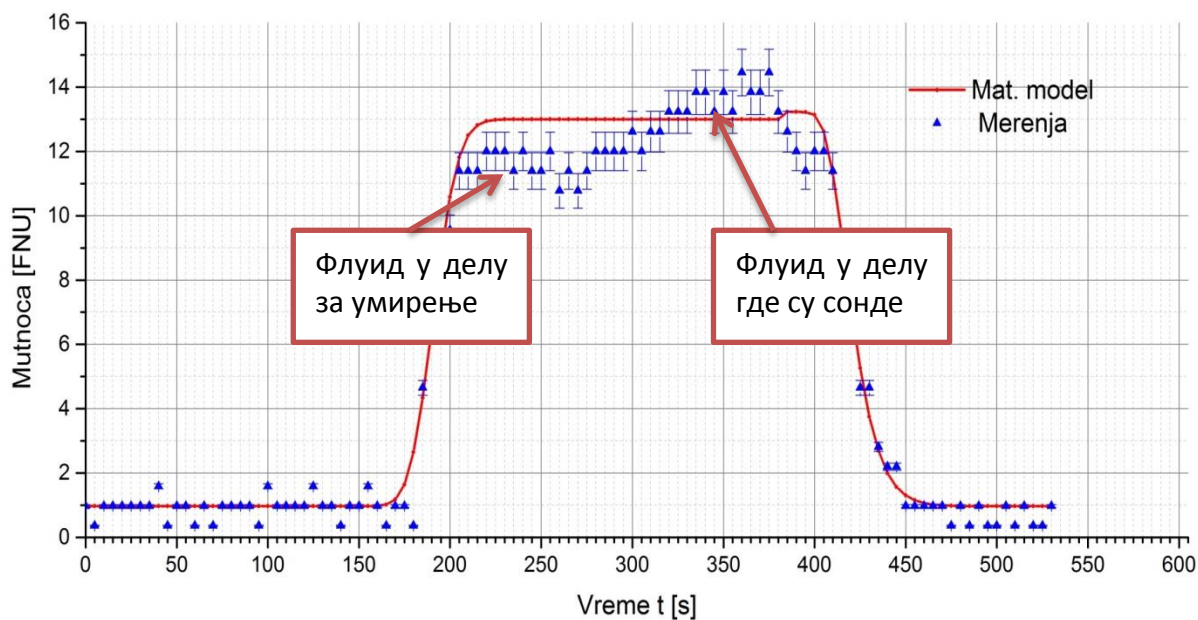
Проблем који се јавља је велико одступање максималних формираних таласа од очекиваних вредности. Велико одступање је последица таложења честица бентонита растворених у води, делом у резервоару са загађујућом материјом, а делом у самој мерној кутији. За превазилажење оваквог проблема, предлаже се уградња мешача са електромотором са малим бројем обртаја, како би се изазвало константно мешање и спречило таложење честица глине, а самим тим и добила прецизнија мерења.

На графику 28 најбоље се може уочити осциловање вредности мутноће, приликом покушаја одржавања њене вредности константном. Вода у први мах улази у кутију у делу предвиђеном за умирење, а затим улази у комору у којој се налазе сонде (слика 36).



Слика 36. Приказ путање флуида кроз мерну кутију

Оног тренутка када вода са одређеном концентрацијом загађујуће материје улази у мерну кутију, тј. у комору за умирење долази до исталожавања, а затим уласком у комору са сондама долази до издизања честица глине са дна кутије и повећања вредности мутноће, што се може уочити код графика 29.



Слика 37. Приказ промене вредности мутноће у односу на положај флуидних делића у мерној кутији

#### **4. Закључак и предлози за даља истраживања**

Читава лабораторијска поставка имала је за циљ континуално мерење параметара квалитета воде са урбаних сливова, а у циљу накнадне израде система за побољшавање истих, ради очувања животне средине, као и увид у тренутну загађеност атмосферске воде. У оквиру овог рада извршена су испитивања готово свих делова поставке и предложен је математички модел транспорта загађујуће материје. Идеја је да се читав систем постави у спољну средину, и прикупи вода са крова института за хидротехнику, а затим добијени математички модел и начин мерења примени у реалним условима.

Прво што треба напоменути, јесте могућност великог осциловања температуре у току дана, за разлику од лабораторијских услова, па је за сва мерења потребно увести температурну корекцију.

Већина сонди као што је сонда за мерење рН вредности, електропроводљивости и капацитивна не може радити у води која има електропроводљивост мању од 30 или 50  $\mu\text{S}/\text{cm}$ , што није редак случај код кишнице.

Мерења протока преко правоугаоних прелива вршено је само као контролна метода, па неће бити коришћени за мерење протока у оквиру даљег рада система. Када систем буде постављен у спољну средину мерење протока ће се вршити електромагнетним мерачима протока и троугаоним преливом, који показују јако добре резултате. Једина измена у оквиру система за мерење протока, би могла бити замена употребљеног осмобитног логера, ради прецизнијих мерења осцилације нивоа при малим протоцима, тј. ради боље резолуције мерења нивоа. Уместо осмобитног могао би се користити шеснаестобитни или тридесетдвобитни логер.

За мерење електропроводљивости није потребно увести значајне промене у систем, само је битно обратити пажњу на ћелијску константу уколико је електропроводљивост воде мала.

Систем за мерење рН вредности није показао задовољавајуће резултате. За формирање математичког модела промене рН вредности, потребно је увести велике промене у самој инсталацији, па затим поновити мерења. Потребно је увести још један резервоар у коме би се обавило тзв. повратно мешање, тј. да се протоку који долази из резервоара са чистом водом остави довољно времена за реаговање са дотеклим киселим раствором. У новоуведеном резервоару је потребно уградити систем за мешање флуида, да би се концентрација загађујуће материје равномерно распоредила по читавој запремини. У оквиру изведених експеримената закључено је да апаратура за симулацију промене рН вредности није адекватна.

Приликом мерења мутноће примећено је велико исталоживање честица, што је узроковало да математички модел укаже на то да је концентрација загађујуће материје приближно једнака половини стварне. Предлаже се измештање положаја тачке дотока

на поклопцу мерне кутије, тако да приликом мерења мутноће, вода улази директно у комору са сондама и на тај начин умањи седиментацију честица.

Математички модел је показао изразито добре резултате при прорачуну повећања концентрације загађујуће материје, али не и адекватне резултате при испирању мерне кутије па се предлаже модификација модела при прорачуну испирања мерне кутије.

На основу наведених закључака могу се поставити и предлози за даља истраживања:

- Извршити нова мерења дебљине преливног млаза и протока преко правоугаоних прелива на мерној кутији, посебно у зони са протоцима око 0.02 l/s и 0.06 l/s, како би се одредио коначан облик Q-H криве.
- Одредити путању флуида трасерском методом, како би се могла узети у обзир и дисперзивност у другим правцима осим правца главног тока
- Кориговати инсталацију за мерење рН вредности, па извршити мерења и проверити поклапања са математичким моделом
- Постављање система за континуално мерење параметара квалитета у спољну средину и провера применљивости математичког модела у реалним условима

## **5. Захвалност**

У оквиру овог поглавља желео бих да изразим захвалност свима онима који су ми пружили помоћ у току израде овог рада, било финансијску, било моралну или помоћ при припреми експеримената и обради резултата.

Превасходно се захваљујем ментору проф. др Душану Продановићу, дипломираном грађевинском инжењеру на несебичној помоћи у свим сегментима израде рада.

Велику захвалност упућујем и:

- асист. Ањи Ранђеловић, дипломирани грађевински инжењер
- проф. др Владани Рајковић-Огњановић, дипломирани инжењер технологије
- Маји Ђолић, дипломирани инжењер технологије
- Милици Каранац, дипломирани инжењер технологије
- Милану Метикошу

Захваљујем се Институту за хидротехнику и водно-еколошко инжењерство, који ми је својим просторијама и финансијским средствима омогућио израду целог пројекта.

Пошто је ово завршни рад на мастер студијама, захвалио бих се и својој продици на моралној подршци током студија.

## **6. Литература**

1. Endress+Hauser. *Memosens Technology Makes Liquid Analysis Easy, Safe and Efficient.*; 2015. <https://www.youtube.com/watch?v=fl7DyeGMas4>.
2. Endress+Hauser. Orbisint CPS11 and CPS11D.
3. Springer EK. *pH MEASUREMENT GUIDE*. Hamilton
4. Endress+Hauser. *Potentiometric pH Measurement (Endress Hauser)*. <https://www.youtube.com/watch?v=4PLdkMxxDDU>.
5. Manual of Electrochemical Analysis Part 2 Measuring the pH.
6. Bolf N, Dorić H. Mjerenje i regulacija pH ( I . dio ). 2015;64:578-580.
7. Mettler Toledo. pH Theory Guide. 2013:99. [http://www.mt.com/dam/non-indexed/po/pro/Brochures/IB\\_pH\\_Theory\\_Guide\\_EN\\_230113.pdf](http://www.mt.com/dam/non-indexed/po/pro/Brochures/IB_pH_Theory_Guide_EN_230113.pdf).
8. Manual of Electrochemical Analysis Part 3 Electric Conductivity. *Sartorius*.
9. Endress+Hauser. *Principle of Electrical Conductivity Measurement.*; 2014. <https://www.youtube.com/watch?v=5qxenj3NpE0>.
10. Bahl A, Bahl B., Tuli GD. *Essentials of Physical Chemistry*. New Delhi, India: S. Chand & Co ltd; 2000.
11. EmersonProcessManagement. Theory and Application of Conductivity. 2010.
12. Mettler Toledo. Conductivity Guide.
13. RadiometerAnalytical. Conductivity-theory and practice. 2004:1-50.
14. ISO 7888:1984. In: ; 1984.
15. Rajković V. Kvalitet voda - laboratorijski priručnik. In: Beograd: Gradjevinski fakultet, Univerzitet u Beogradu; 2010:11-15.
16. Daly J. What is Turbidity? *South Fork Instruments, Inc.* 2007. [http://www.isanorcal.org/download/tech2007\\_presentations/turbidity.pdf](http://www.isanorcal.org/download/tech2007_presentations/turbidity.pdf).
17. Endress+Hauser. Turbimax CUS31 Turbidity sensor.
18. Anderson CW. Turbidity. *Natl F Man Collect Water-Quality Data (TWRI B 9)*. 2005;1:1-55.
19. Omar AF Bin, Matjafri MZ Bin. Turbidimeter design and analysis: a review on optical fiber sensors for the measurement of water turbidity. *Sensors*. 2009;9(10):8311-8335.
20. Endress+Hauser. Waterpilot FMX167.
21. Resistance Temperature Detectors ( RTDs ). <http://precisionsensors.meas-spec.com/pdfs/rtd.pdf>.
22. Endress+Hauser. Liquicap T FMI21 Capacitive.
23. Bos MG. *Discharge Measurement Structures*. Wageningen, Netherland: International



- Institute for Land Reclamation and Improvement/ILRI; 1989.
24. Zachoval Z, Knéblová M, Roušar L, Rumann J, Šulc J. Discharge coefficient of a rectangular sharp-edged broad-crested weir. *J Hydrol Hydromechanics*. 2014;62(2):145-149.
  25. Jaćimović N. Hidraulika podzemnih voda za studente Građevinskog fakulteta. 2015.
  26. Ogata A, Banks RBR. A solution of the differential equation of longitudinal dispersion in porous media. *U S Geol Surv Prof Pap 411-A*. 1961.

# Прилог 1

Табеларни приказ резултата мерења и  
прорачуна применом математичког  
модела

**Ознаке примењене у табелама приликом представљања  
резултата мерења протока**

$H_{\text{mer}}$  – Измерена вредност од врха кутије до нивоа воде

$H_{\text{stv}}$  – Дебљина преливног млаза

$t$  – Време

$m$  – Укупна маса суда (  $m_0 = 0.04 \text{ kg}$  ) и протекле запремине

$Q$  – Проток

$m_{\text{неп}}$  – Неодређеност резултата мерења масе

$t_{\text{неп}}$  – Неодређеност резултата мерења времена

$H_{\text{неп}}$  – Неодређеност резултата мерења висине преливног млаза

$Q_{\text{неп}}$  – Неодређеност резултата мерења протока

Табела 1. Измерене вредности протока и дебљине преливног млаза на преливу 1

red br	$H_{mer}$ [ cm ]	t [ s ]	m [ kg ]	$H_{stv}$ [ cm ]	Q [ l/s ]
1	2.860	73.5	1.40	0.410	0.0185
2	2.880	68.5	1.34	0.390	0.0190
3	2.850	36.7	1.38	0.420	0.0365
4	2.830	33.5	1.38	0.440	0.0400
5	2.875	29.4	1.29	0.395	0.0425
6	2.890	32.0	1.41	0.380	0.0428
7	2.875	27.7	1.31	0.395	0.0458
8	2.860	28.2	1.34	0.410	0.0461
9	2.800	27.5	1.33	0.470	0.0469
10	2.820	29.3	1.45	0.450	0.0481
11	2.810	29.4	1.47	0.460	0.0486
12	2.795	26.5	1.34	0.475	0.0491
13	2.800	29.9	1.54	0.470	0.0502
14	2.805	30.1	1.57	0.465	0.0508
15	2.785	28.6	1.50	0.485	0.0510
16	2.790	24.0	1.33	0.480	0.0538
17	2.760	25.7	1.51	0.510	0.0572
18	2.620	24.3	1.48	0.650	0.0593
19	2.550	22.0	1.50	0.720	0.0664
20	2.555	20.9	1.40	0.715	0.0651
21	2.570	21.0	1.39	0.700	0.0643
22	2.840	70.9	1.35	0.430	0.0185
23	2.840	35.0	1.34	0.430	0.0371
24	2.865	48.4	1.34	0.405	0.0269

Табела 3. Вредности неодређености измереног времена и масе; и њихова пропација на вредност протока код прелива 1

$m_{\text{пер}}$ [%]	$t_{\text{пер}}$ [%]	$H_{\text{пер}}$ [%]	$Q_{\text{пер}}$ [%]	$H_{\text{пер}}$ [cm]	$Q_{\text{пер}}$ [l/s]
0.714	1.361	24.390	1.537	0.1	0.00028
0.746	1.460	25.641	1.640	0.1	0.00031
0.725	2.725	23.810	2.820	0.1	0.00103
0.725	2.985	22.727	3.072	0.1	0.00123
0.775	3.401	25.316	3.489	0.1	0.00148
0.709	3.125	26.316	3.204	0.1	0.00137
0.763	3.610	25.316	3.690	0.1	0.00169
0.746	3.546	24.390	3.624	0.1	0.00167
0.752	3.636	21.277	3.713	0.1	0.00174
0.690	3.413	22.222	3.482	0.1	0.00168
0.680	3.401	21.739	3.469	0.1	0.00169
0.746	3.774	21.053	3.847	0.1	0.00189
0.649	3.344	21.277	3.407	0.1	0.00171
0.637	3.322	21.505	3.383	0.1	0.00172
0.667	3.497	20.619	3.559	0.1	0.00182
0.752	4.167	20.833	4.234	0.1	0.00228
0.662	3.891	19.608	3.947	0.1	0.00226
0.676	4.115	15.385	4.170	0.1	0.00247
0.667	4.545	13.889	4.594	0.1	0.00305
0.714	4.785	13.986	4.838	0.1	0.00315
0.719	4.762	14.286	4.816	0.1	0.00310
0.741	1.410	23.256	1.593	0.1	0.00029
0.746	2.857	23.256	2.953	0.1	0.00110
0.746	2.066	24.691	2.197	0.1	0.00059

**Табела 5.** Резултати мерења дебљине преливног млаза и посредног мерења протока са мерним несигурностима, за сигурносни прелив (прелив 2)

red br	H <sub>mer</sub> [ cm ]	t [ s ]	m [ kg ]	H <sub>stv</sub> [ cm ]	Q [ l/s ]	Мерна неодређеност					
						m <sub>неп</sub> [ % ]	t <sub>неп</sub> [ % ]	H <sub>неп</sub> [ % ]	Q <sub>неп</sub> [ % ]	H <sub>неп</sub> [ cm ]	Q <sub>неп</sub> [ l/s ]
1	1.09	20.4	1.45	1	0.0691	0.690	4.902	10.000	4.950	0.1	0.00342
2	1.11	21.4	1.51	0.98	0.0687	0.662	4.673	10.204	4.720	0.1	0.00324
3	1.145	21.2	1.42	0.945	0.0651	0.704	4.717	10.582	4.769	0.1	0.00310
4	1.51	37.4	1.42	0.58	0.0369	0.704	2.674	17.241	2.765	0.1	0.00102
5	1.56	61.1	1.43	0.53	0.0227	0.699	1.637	18.868	1.780	0.1	0.00040
6	1.58	52	1.48	0.51	0.0277	0.676	1.923	19.608	2.038	0.1	0.00056
7	1.42	30.8	1.31	0.67	0.0412	0.763	3.247	14.925	3.335	0.1	0.00138
8	1.37	28	1.47	0.72	0.0511	0.680	3.571	13.889	3.636	0.1	0.00186
9	1.425	31.7	1.43	0.665	0.0438	0.699	3.155	15.038	3.231	0.1	0.00142
10	1.265	24.8	1.45	0.825	0.0569	0.690	4.032	12.121	4.091	0.1	0.00233
11	1.35	28.7	1.48	0.74	0.0502	0.676	3.484	13.514	3.549	0.1	0.00178
12	1.4	30	1.47	0.69	0.0477	0.680	3.333	14.493	3.402	0.1	0.00162
13	1.42	28.8	1.41	0.67	0.0476	0.709	3.472	14.925	3.544	0.1	0.00169
14	1.43	32	1.5	0.66	0.0456	0.667	3.125	15.152	3.195	0.1	0.00146
15	1.425	29.3	1.5	0.665	0.0498	0.667	3.413	15.038	3.477	0.1	0.00173
16	1.36	26.6	1.41	0.73	0.0515	0.709	3.759	13.699	3.826	0.1	0.00197
17	1.465	31.4	1.39	0.625	0.0430	0.719	3.185	16.000	3.265	0.1	0.00140
18	1.4	30	1.5	0.69	0.0487	0.667	3.333	14.493	3.399	0.1	0.00165
19	1.48	32.1	1.44	0.61	0.0436	0.694	3.115	16.393	3.192	0.1	0.00139
20	1.44	30.1	1.41	0.65	0.0455	0.709	3.322	15.385	3.397	0.1	0.00155

## **Ознаке примењене у табелама приликом представљања резултата мерења протока на троугаоном преливу**

$t$  – Време

$U_{np}$  – Излазни напон са сонде за мерење нивоа преко притиска

$U_{карс}$  – Излазни напон са капацитивне сонде

$H_{карс}$  – Висина преливног малаза изерена капацитивном сондом

$V_{np}$  – Запремина воде у резервоару са чистом водом

$Q_{np}$  – Рачунска вредност протока преко мерења промене нивоа

$Q_{preliv}$  – Рачунска вредност протока преко троугаоног прелива



**Табела 10.** Резултати прорачуна протока на основу мерних нивоа, при вредности 0.03 l/s на ЕМ мерачу протока

t [s]	U <sub>нр</sub> [V]	U <sub>карс</sub> [V]	H <sub>карс</sub> [cm]	V <sub>нр</sub> [l]	Q <sub>нр</sub> [l/s]	Q <sub>preliva</sub> [l/s]	
0	0.8258	0.8968	1.679	49.62	0.0269	0.0340	
5	0.8258	0.8968	1.679	49.62		0.0340	
10	0.8226	0.9000	1.720	49.28		0.0359	
15	0.8226	0.8968	1.679	49.28		0.0340	
20	0.8226	0.9000	1.720	49.28		0.0359	
25	0.8194	0.9000	1.720	48.95		0.0359	
30	0.8194	0.9000	1.720	48.95		0.0359	
35	0.8194	0.9000	1.720	48.95		0.0359	
40	0.8161	0.9000	1.720	48.61		0.0359	
45	0.8161	0.9000	1.720	48.61		0.0359	
50	0.8129	0.9000	1.720	48.27		0.0359	
55	0.8129	0.9032	1.760	48.27		0.0269	0.0380
60	0.8097	0.9000	1.720	47.94			0.0359
65	0.8097	0.9000	1.720	47.94			0.0359
70	0.8097	0.9000	1.720	47.94	0.0359		
75	0.8065	0.9032	1.760	47.60	0.0380		
80	0.8065	0.9032	1.760	47.60	0.0380		
85	0.8032	0.9032	1.760	47.26	0.0380		
90	0.8032	0.9000	1.720	47.26	0.0359		
95	0.8000	0.9000	1.720	46.93	0.0359		
100	0.8000	0.9032	1.760	46.93	0.0380		
105	0.8000	0.9032	1.760	46.93	0.0380		
110	0.7968	0.9000	1.720	46.59	0.0269		0.0359
115	0.7968	0.9000	1.720	46.59			0.0359
120	0.7935	0.9032	1.760	46.25			0.0380
125	0.7935	0.9000	1.720	46.25		0.0359	
130	0.7903	0.9032	1.760	45.92		0.0380	
135	0.7903	0.9032	1.760	45.92		0.0380	
140	0.7903	0.9000	1.720	45.92		0.0359	
145	0.7871	0.9000	1.720	45.58		0.0359	
150	0.7871	0.9000	1.720	45.58		0.0359	

<b>t</b> [s]	<b>U<sub>np</sub></b> [V]	<b>U<sub>капс</sub></b> [V]	<b>H<sub>капс</sub></b> [cm]	<b>V<sub>np</sub></b> [l]	<b>Q<sub>np</sub></b> [l/s]	<b>Q<sub>preliva</sub></b> [l/s]
155	0.7871	0.9032	1.760	45.58		0.0380
160	0.7839	0.9032	1.760	45.25		0.0380
165	0.7839	0.9000	1.720	45.25	0.0269	0.0359
170	0.7806	0.9000	1.720	44.91		0.0359
175	0.7806	0.9000	1.720	44.91		0.0359
180	0.7774	0.9000	1.720	44.57		0.0359
185	0.7774	0.9032	1.760	44.57		0.0380
190	0.7774	0.9000	1.720	44.57		0.0359
195	0.7742	0.9000	1.720	44.24		0.0359
200	0.7742	0.9000	1.720	44.24		0.0359
205	0.7710	0.9032	1.760	43.90		0.0380
210	0.7710	0.9000	1.720	43.90		0.0359
215	0.7710	0.9000	1.720	43.90	0.0359	0.0269
220	0.7677	0.9000	1.720	43.56	0.0359	
225	0.7677	0.9000	1.720	43.56	0.0359	
230	0.7645	0.9000	1.720	43.23	0.0359	
235	0.7645	0.9000	1.720	43.23	0.0359	
240	0.7613	0.9000	1.720	42.89	0.0359	
245	0.7613	0.9000	1.720	42.89	0.0359	
250	0.7613	0.9000	1.720	42.89	0.0359	
255	0.7581	0.9000	1.720	42.55	0.0359	
260	0.7581	0.9032	1.760	42.55	0.0380	
265	0.7548	0.9000	1.720	42.22	0.0359	0.0336
270	0.7548	0.9000	1.720	42.22	0.0359	
275	0.7548	0.9032	1.760	42.22	0.0380	
280	0.7516	0.9000	1.720	41.88	0.0359	
285	0.7516	0.9000	1.720	41.88	0.0359	
290	0.7516	0.9000	1.720	41.88	0.0359	
295	0.7484	0.9000	1.720	41.55	0.0359	
300	0.7484	0.9000	1.720	41.55	0.0359	
305	0.7452	0.9000	1.720	41.21	0.0359	
310	0.7452	0.9032	1.760	41.21	0.0380	
315	0.7419	0.9000	1.720	40.87	0.0359	0.0359
320	0.7419	0.9000	1.720	40.87	0.0359	
325	0.7387	0.9000	1.720	40.54	0.0359	

<b>t</b> [s]	<b>U<sub>np</sub></b> [V]	<b>U<sub>капс</sub></b> [V]	<b>H<sub>капс</sub></b> [cm]	<b>V<sub>np</sub></b> [l]	<b>Q<sub>np</sub></b> [l/s]	<b>Q<sub>preliva</sub></b> [l/s]
330	0.7387	0.9032	1.760	40.54	0.0269	0.0380
335	0.7387	0.9000	1.720	40.54		0.0359
340	0.7355	0.9000	1.720	40.20		0.0359
345	0.7355	0.9000	1.720	40.20		0.0359
350	0.7323	0.9000	1.720	39.86		0.0359
355	0.7323	0.9000	1.720	39.86		0.0359
360	0.7323	0.9000	1.720	39.86		0.0359
365	0.7290	0.9000	1.720	39.53		0.0359
370	0.7290	0.9000	1.720	39.53		0.0359
375	0.7290	0.9000	1.720	39.53		0.0359
380	0.7258	0.9032	1.760	39.19		0.0269
385	0.7258	0.9000	1.720	39.19	0.0359	
390	0.7258	0.9000	1.720	39.19	0.0359	
395	0.7226	0.9000	1.720	38.85	0.0359	
400	0.7226	0.9000	1.720	38.85	0.0359	
405	0.7194	0.9000	1.720	38.52	0.0359	
410	0.7194	0.9000	1.720	38.52	0.0359	
415	0.7161	0.9000	1.720	38.18	0.0359	
420	0.7161	0.9000	1.720	38.18	0.0359	
425	0.7161	0.9000	1.720	38.18	0.0359	
430	0.7129	0.9000	1.720	37.85	0.0359	
435	0.7129	0.9000	1.720	37.85	0.0359	
440	0.7097	0.9000	1.720	37.51	0.0202	0.0359
445	0.7097	0.9000	1.720	37.51		0.0359
450	0.7097	0.9000	1.720	37.51		0.0359
455	0.7065	0.9000	1.720	37.17		0.0359
460	0.7065	0.9000	1.720	37.17		0.0359
465	0.7032	0.9000	1.720	36.84		0.0359
470	0.7032	0.9000	1.720	36.84		0.0359
475	0.7032	0.9000	1.720	36.84		0.0359
480	0.7000	0.9000	1.720	36.50		0.0359
485	0.7000	0.9000	1.720	36.50		0.0359
490	0.7000	0.9000	1.720	36.50		0.0359
495	0.6968	0.9000	1.720	36.16	0.0269	0.0359
500	0.6968	0.9000	1.720	36.16		0.0359
505	0.6935	0.9000	1.720	35.83		0.0359

<b>t</b> [s]	<b>U<sub>np</sub></b> [V]	<b>U<sub>капс</sub></b> [V]	<b>H<sub>капс</sub></b> [cm]	<b>V<sub>np</sub></b> [l]	<b>Q<sub>np</sub></b> [l/s]	<b>Q<sub>preliva</sub></b> [l/s]	
510	0.6935	0.9000	1.720	35.83		0.0359	
515	0.6903	0.9000	1.720	35.49		0.0359	
520	0.6903	0.9000	1.720	35.49		0.0359	
525	0.6903	0.9000	1.720	35.49		0.0359	
530	0.6871	0.9000	1.720	35.15		0.0359	
535	0.6871	0.9000	1.720	35.15		0.0359	
540	0.6839	0.9000	1.720	34.82		0.0359	
545	0.6839	0.9000	1.720	34.82		0.0359	
550	0.6839	0.9000	1.720	34.82		0.0269	0.0359
555	0.6806	0.9000	1.720	34.48			0.0359
560	0.6806	0.9000	1.720	34.48			0.0359
565	0.6774	0.8968	1.679	34.15			0.0340
570	0.6774	0.9000	1.720	34.15			0.0359
575	0.6774	0.9000	1.720	34.15			0.0359
580	0.6742	0.9000	1.720	33.81	0.0359		
585	0.6742	0.9000	1.720	33.81	0.0359		
590	0.6710	0.9000	1.720	33.47	0.0359		
595	0.6710	0.9000	1.720	33.47	0.0359		
600	0.6710	0.9000	1.720	33.47	0.0359		
605	0.6677	0.9000	1.720	33.14	0.0269		0.0359
610	0.6677	0.8968	1.679	33.14			0.0340
615	0.6645	0.9000	1.720	32.80			0.0359
620	0.6645	0.9000	1.720	32.80		0.0359	
625	0.6645	0.9000	1.720	32.80		0.0359	
630	0.6613	0.9000	1.720	32.46		0.0359	
635	0.6613	0.9000	1.720	32.46		0.0359	
640	0.6581	0.8968	1.679	32.13		0.0340	
645	0.6581	0.9000	1.720	32.13		0.0359	
650	0.6581	0.9000	1.720	32.13		0.0359	
655	0.6548	0.9000	1.720	31.79		0.0359	
660	0.6548	0.8968	1.679	31.79		0.0269	0.0340
665	0.6548	0.9000	1.720	31.79			0.0359
670	0.6516	0.9000	1.720	31.45			0.0359
675	0.6516	0.9000	1.720	31.45	0.0359		
680	0.6484	0.9000	1.720	31.12	0.0359		
685	0.6484	0.9000	1.720	31.12	0.0359		

<b>t</b> [s]	<b>U<sub>np</sub></b> [V]	<b>U<sub>капс</sub></b> [V]	<b>H<sub>капс</sub></b> [cm]	<b>V<sub>np</sub></b> [l]	<b>Q<sub>np</sub></b> [l/s]	<b>Q<sub>preliva</sub></b> [l/s]	
690	0.6484	0.9000	1.720	31.12		0.0359	
695	0.6452	0.9000	1.720	30.78		0.0359	
700	0.6452	0.8968	1.679	30.78		0.0340	
705	0.6419	0.8968	1.679	30.45		0.0340	
710	0.6419	0.9000	1.720	30.45		0.0359	
715	0.6387	0.8968	1.679	30.11	0.0202	0.0340	
720	0.6387	0.9000	1.720	30.11		0.0359	
725	0.6387	0.9000	1.720	30.11		0.0359	
730	0.6355	0.8968	1.679	29.77		0.0340	
735	0.6355	0.8968	1.679	29.77		0.0340	
740	0.6323	0.9000	1.720	29.44		0.0359	
745	0.6323	0.9000	1.720	29.44		0.0359	
750	0.6323	0.8968	1.679	29.44		0.0340	
755	0.6290	0.8968	1.679	29.10		0.0340	
760	0.6290	0.9000	1.720	29.10		0.0359	
765	0.6290	0.9000	1.720	29.10		0.0359	
770	0.6258	0.9000	1.720	28.76		0.0269	0.0359
775	0.6258	0.8968	1.679	28.76			0.0340
780	0.6226	0.8968	1.679	28.43			0.0340
785	0.6226	0.9000	1.720	28.43			0.0359
790	0.6226	0.9000	1.720	28.43	0.0359		
795	0.6194	0.8968	1.679	28.09	0.0340		
800	0.6194	0.9000	1.720	28.09	0.0359		
805	0.6194	0.8968	1.679	28.09	0.0340		
810	0.6161	0.8968	1.679	27.75	0.0340		
815	0.6161	0.9000	1.720	27.75	0.0359		
820	0.6129	0.8968	1.679	27.42	0.0269	0.0340	
825	0.6129	0.8968	1.679	27.42		0.0340	
830	0.6097	0.8968	1.679	27.08		0.0340	
835	0.6097	0.8968	1.679	27.08		0.0340	
840	0.6097	0.9000	1.720	27.08		0.0359	
845	0.6065	0.9000	1.720	26.74		0.0359	
850	0.6065	0.8968	1.679	26.74		0.0340	
855	0.6065	0.8968	1.679	26.74		0.0340	
860	0.6032	0.8968	1.679	26.41		0.0340	
865	0.6032	0.8968	1.679	26.41		0.0340	
870	0.6000	0.8968	1.679	26.07		0.0340	
875	0.6000	0.8968	1.679	26.07		0.0340	

<b>t</b> [s]	<b>U<sub>np</sub></b> [V]	<b>U<sub>капс</sub></b> [V]	<b>H<sub>капс</sub></b> [cm]	<b>V<sub>np</sub></b> [l]	<b>Q<sub>np</sub></b> [l/s]	<b>Q<sub>preliva</sub></b> [l/s]
880	0.6000	0.8968	1.679	26.07	0.0269	0.0340
885	0.5968	0.8968	1.679	25.74		0.0340
890	0.5968	0.8968	1.679	25.74		0.0340
895	0.5968	0.8968	1.679	25.74		0.0340
900	0.5935	0.8968	1.679	25.40		0.0340
905	0.5935	0.8968	1.679	25.40		0.0340
910	0.5935	0.9000	1.720	25.40		0.0359
915	0.5903	0.8968	1.679	25.06		0.0340
920	0.5903	0.8968	1.679	25.06		0.0340
925	0.5871	0.8968	1.679	24.73		0.0340
930	0.5871	0.8968	1.679	24.73		0.0340
935	0.5871	0.9000	1.720	24.73		0.0359
940	0.5871	0.8968	1.679	24.73		0.0340
945	0.5839	0.8968	1.679	24.39	0.0340	
950	0.5839	0.8968	1.679	24.39	0.0340	
955	0.5806	0.8968	1.679	24.05	0.0340	
960	0.5806	0.8968	1.679	24.05	0.0340	
965	0.5774	0.8968	1.679	23.72	0.0340	
970	0.5774	0.8968	1.679	23.72	0.0340	
975	0.5774	0.8968	1.679	23.72	0.0340	
980	0.5742	0.8968	1.679	23.38	0.0340	
985	0.5742	0.8968	1.679	23.38	0.0340	
990	0.5710	0.8968	1.679	23.04	0.0202	0.0340
995	0.5710	0.8968	1.679	23.04		0.0340
1000	0.5710	0.8968	1.679	23.04		0.0340
1005	0.5677	0.8968	1.679	22.71		0.0340
1010	0.5677	0.8968	1.679	22.71		0.0340
1015	0.5677	0.8968	1.679	22.71		0.0340
1020	0.5645	0.8968	1.679	22.37		0.0340
1025	0.5645	0.8968	1.679	22.37		0.0340
1030	0.5645	0.8968	1.679	22.37		0.0340
1035	0.5613	0.8968	1.679	22.04		0.0340
1040	0.5613	0.8968	1.679	22.04		0.0340
1045	0.5581	0.8968	1.679	21.70		0.0340
1050	0.5581	0.8968	1.679	21.70		0.0340
1055	0.5581	0.8968	1.679	21.70	0.0340	
1060	0.5548	0.8968	1.679	21.36	0.0340	
1065	0.5548	0.8968	1.679	21.36	0.0340	

<b>t</b> <b>[s]</b>	<b>U<sub>np</sub></b> <b>[V]</b>	<b>U<sub>капс</sub></b> <b>[V]</b>	<b>H<sub>капс</sub></b> <b>[cm]</b>	<b>V<sub>np</sub></b> <b>[l]</b>	<b>Q<sub>np</sub></b> <b>[l/s]</b>	<b>Q<sub>preliva</sub></b> <b>[l/s]</b>
1070	0.5548	0.8968	1.679	21.36	0.0269	0.0340
1075	0.5516	0.8968	1.679	21.03		0.0340
1080	0.5516	0.8968	1.679	21.03		0.0340
1085	0.5484	0.8935	1.638	20.69		0.0320
1090	0.5484	0.8968	1.679	20.69		0.0340
1095	0.5452	0.8968	1.679	20.35		0.0340
1100	0.5452	0.8968	1.679	20.35	0.0202	0.0340
1105	0.5452	0.8968	1.679	20.35		0.0340
1110	0.5419	0.8968	1.679	20.02		0.0340
1115	0.5419	0.8968	1.679	20.02		0.0340
1120	0.5387	0.8968	1.679	19.68		0.0340
1125	0.5387	0.8968	1.679	19.68		0.0340
1130	0.5387	0.8968	1.679	19.68		0.0340
1135	0.5387	0.8968	1.679	19.68		0.0340
1140	0.5355	0.8968	1.679	19.34		0.0340
1145	0.5355	0.8968	1.679	19.34		0.0340
1150	0.5355	0.8968	1.679	19.34	0.0340	
1155	0.5323	0.8935	1.638	19.01	0.0269	0.0320
1160	0.5323	0.8935	1.638	19.01		0.0320
1165	0.5290	0.8968	1.679	18.67		0.0340
1170	0.5290	0.8968	1.679	18.67		0.0340
1175	0.5290	0.8968	1.679	18.67		0.0340
1180	0.5258	0.8935	1.638	18.34		0.0320
1185	0.5258	0.8968	1.679	18.34		0.0340
1190	0.5258	0.8968	1.679	18.34		0.0340
1195	0.5226	0.8968	1.679	18.00		0.0340
1200	0.5226	0.8935	1.638	18.00		0.0320
1205	0.5194	0.8968	1.679	17.66	0.0340	



Табела 11. Резултати прорачуна протока на основу мерних нивоа, при вредности 0.05  
l/s на ЕМ мерачу протока

t [s]	U <sub>нр</sub> [V]	U <sub>карс</sub> [V]	H <sub>кап</sub> [cm]	V <sub>нр</sub> [l]	Q <sub>нр</sub> [l/s]	Q <sub>preliva</sub> [l/s]
0	0.7097	0.9355	2.170	38.16	0.5373	0.0622
5	0.7065	0.9355	2.170	37.82		0.0622
10	0.7032	0.9323	2.129	37.49		0.0594
15	0.7000	0.9355	2.170	37.15		0.0622
20	0.7000	0.9323	2.129	37.15		0.0594
25	0.6968	0.9355	2.170	36.82		0.0622
30	0.6935	0.9323	2.129	36.48		0.0594
35	0.6903	0.9323	2.129	36.14		0.0594
40	0.6871	0.9323	2.129	35.81		0.0594
45	0.6871	0.9323	2.129	35.81		0.0594
50	0.6839	0.9323	2.129	35.47		0.0594
55	0.6806	0.9323	2.129	35.14	0.5373	0.0594
60	0.6774	0.9323	2.129	34.80		0.0594
65	0.6742	0.9323	2.129	34.46		0.0594
70	0.6710	0.9323	2.129	34.13		0.0594
75	0.6710	0.9323	2.129	34.13		0.0594
80	0.6677	0.9323	2.129	33.79		0.0594
85	0.6645	0.9323	2.129	33.46		0.0594
90	0.6613	0.9355	2.170	33.12		0.0622
95	0.6581	0.9323	2.129	32.79		0.0594
100	0.6581	0.9323	2.129	32.79		0.0594
105	0.6548	0.9323	2.129	32.45		0.0594
110	0.6516	0.9323	2.129	32.11	0.5373	0.0594
115	0.6484	0.9323	2.129	31.78		0.0594
120	0.6452	0.9323	2.129	31.44		0.0594
125	0.6419	0.9323	2.129	31.11		0.0594
130	0.6419	0.9290	2.088	31.11		0.0567
135	0.6387	0.9323	2.129	30.77		0.0594
140	0.6355	0.9323	2.129	30.44		0.0594

<b>t</b> [s]	<b>U<sub>np</sub></b> [V]	<b>U<sub>капс</sub></b> [V]	<b>H<sub>кап</sub></b> [cm]	<b>V<sub>np</sub></b> [l]	<b>Q<sub>np</sub></b> [l/s]	<b>Q<sub>preliva</sub></b> [l/s]
145	0.6323	0.9323	2.129	30.10		0.0594
150	0.6323	0.9323	2.129	30.10		0.0594
155	0.6290	0.9323	2.129	29.76		0.0594
160	0.6258	0.9323	2.129	29.43		0.0594
165	0.6226	0.9290	2.088	29.09	0.5373	0.0567
170	0.6194	0.9290	2.088	28.76		0.0567
175	0.6194	0.9290	2.088	28.76		0.0567
180	0.6161	0.9323	2.129	28.42		0.0594
185	0.6129	0.9290	2.088	28.08		0.0567
190	0.6097	0.9290	2.088	27.75		0.0567
195	0.6065	0.9290	2.088	27.41		0.0567
200	0.6065	0.9290	2.088	27.41		0.0567
205	0.6032	0.9290	2.088	27.08		0.0567
210	0.6000	0.9290	2.088	26.74		0.0567
215	0.5968	0.9290	2.088	26.41		0.0567
220	0.5968	0.9290	2.088	26.41		0.5373
225	0.5935	0.9290	2.088	26.07	0.0567	
230	0.5903	0.9290	2.088	25.73	0.0567	
235	0.5871	0.9290	2.088	25.40	0.0567	
240	0.5839	0.9290	2.088	25.06	0.0567	
245	0.5839	0.9290	2.088	25.06	0.0567	
250	0.5806	0.9290	2.088	24.73	0.0567	
255	0.5774	0.9290	2.088	24.39	0.0567	
260	0.5774	0.9290	2.088	24.39	0.0567	
265	0.5742	0.9290	2.088	24.06	0.0567	
270	0.5710	0.9290	2.088	23.72	0.5373	0.0567
275	0.5677	0.9290	2.088	23.38		0.0567
280	0.5645	0.9290	2.088	23.05		0.0567
285	0.5645	0.9258	2.047	23.05		0.0541
290	0.5613	0.9258	2.047	22.71		0.0541
295	0.5581	0.9290	2.088	22.38	0.0567	

<b>t</b> [s]	<b>U<sub>np</sub></b> [V]	<b>U<sub>карс</sub></b> [V]	<b>H<sub>кап</sub></b> [cm]	<b>V<sub>np</sub></b> [l]	<b>Q<sub>np</sub></b> [l/s]	<b>Q<sub>preliva</sub></b> [l/s]
300	0.5548	0.9290	2.088	22.04		0.0567
305	0.5548	0.9290	2.088	22.04		0.0567
310	0.5516	0.9258	2.047	21.70		0.0541
315	0.5484	0.9258	2.047	21.37		0.0541
320	0.5452	0.9258	2.047	21.03		0.0541
325	0.5419	0.9258	2.047	20.70		0.0541
330	0.5419	0.9258	2.047	20.70		0.5373
335	0.5387	0.9258	2.047	20.36	0.0541	
340	0.5355	0.9258	2.047	20.03	0.0541	
345	0.5323	0.9290	2.088	19.69	0.0567	
350	0.5323	0.9258	2.047	19.69	0.0541	
355	0.5290	0.9258	2.047	19.35	0.0541	
360	0.5258	0.9258	2.047	19.02	0.0541	
365	0.5226	0.9258	2.047	18.68	0.0541	
370	0.5226	0.9258	2.047	18.68	0.0541	
375	0.5194	0.9258	2.047	18.35	0.0541	
380	0.5161	0.9258	2.047	18.01	0.0541	

**Табела 12.** Резултати прорачуна протока на основу мерних нивоа, при вредности 0.07 l/s на ЕМ мерачу протока

<b>t</b> [s]	<b>U<sub>нр</sub></b> [V]	<b>U<sub>карс</sub></b> [V]	<b>H<sub>кап</sub></b> [cm]	<b>V<sub>нр</sub></b> [l]	<b>Q<sub>нр</sub></b> [l/s]	<b>Q<sub>preliva</sub></b> [l/s]
0	0.9839	0.9355	2.170	66.70	0.6044	0.0622
5	0.9806	0.9355	2.170	66.37		0.0622
10	0.9774	0.9387	2.211	66.03		0.0650
15	0.9742	0.9387	2.211	65.69		0.0650
20	0.9710	0.9387	2.211	65.36		0.0650
25	0.9677	0.9387	2.211	65.02		0.0650
30	0.9645	0.9387	2.211	64.69		0.0650
35	0.9613	0.9355	2.170	64.35		0.0622
40	0.9613	0.9355	2.170	64.35		0.0622
45	0.9548	0.9355	2.170	63.68		0.0622
50	0.9548	0.9387	2.211	63.68		0.0650
55	0.9516	0.9387	2.211	63.34		0.6044
60	0.9484	0.9387	2.211	63.01	0.0650	
65	0.9452	0.9387	2.211	62.67	0.0650	
70	0.9419	0.9387	2.211	62.34	0.0650	
75	0.9387	0.9355	2.170	62.00	0.0622	
80	0.9355	0.9387	2.211	61.66	0.0650	
85	0.9355	0.9387	2.211	61.66	0.0650	
90	0.9290	0.9387	2.211	60.99	0.0650	
95	0.9290	0.9387	2.211	60.99	0.0650	
100	0.9258	0.9387	2.211	60.66	0.0650	
105	0.9226	0.9387	2.211	60.32	0.0650	
110	0.9194	0.9387	2.211	59.99	0.6044	
115	0.9161	0.9387	2.211	59.65		0.0650
120	0.9129	0.9387	2.211	59.31		0.0650
125	0.9097	0.9387	2.211	58.98		0.0650
130	0.9065	0.9387	2.211	58.64		0.0650
135	0.9065	0.9355	2.170	58.64		0.0622
140	0.9032	0.9355	2.170	58.31		0.0622
145	0.9000	0.9355	2.170	57.97		0.0622
150	0.8968	0.9355	2.170	57.63		0.0622

<b>t</b> [s]	<b>U<sub>np</sub></b> [V]	<b>U<sub>карс</sub></b> [V]	<b>H<sub>кап</sub></b> [cm]	<b>V<sub>np</sub></b> [l]	<b>Q<sub>np</sub></b> [l/s]	<b>Q<sub>preliva</sub></b> [l/s]
155	0.8968	0.9387	2.211	57.63		0.0650
160	0.8903	0.9387	2.211	56.96		0.0650
165	0.8903	0.9387	2.211	56.96	0.6044	0.0650
170	0.8871	0.9355	2.170	56.63		0.0622
175	0.8839	0.9387	2.211	56.29		0.0650
180	0.8806	0.9387	2.211	55.96		0.0650
185	0.8774	0.9355	2.170	55.62		0.0622
190	0.8742	0.9387	2.211	55.28		0.0650
195	0.8710	0.9355	2.170	54.95		0.0622
200	0.8677	0.9355	2.170	54.61		0.0622
205	0.8645	0.9355	2.170	54.28		0.0622
210	0.8613	0.9355	2.170	53.94		0.0622
215	0.8613	0.9355	2.170	53.94		0.0622
220	0.8581	0.9387	2.211	53.61		0.6044
225	0.8548	0.9387	2.211	53.27	0.0650	
230	0.8516	0.9387	2.211	52.93	0.0650	
235	0.8484	0.9387	2.211	52.60	0.0650	
240	0.8452	0.9355	2.170	52.26	0.0622	
245	0.8452	0.9355	2.170	52.26	0.0622	
250	0.8419	0.9355	2.170	51.93	0.0622	
255	0.8387	0.9387	2.211	51.59	0.0650	
260	0.8355	0.9387	2.211	51.25	0.0650	
265	0.8323	0.9355	2.170	50.92	0.0622	
270	0.8290	0.9355	2.170	50.58	0.0622	
275	0.8258	0.9355	2.170	50.25	0.5373	
280	0.8258	0.9355	2.170	50.25		0.0622
285	0.8226	0.9355	2.170	49.91		0.0622
290	0.8194	0.9355	2.170	49.58		0.0622
295	0.8161	0.9387	2.211	49.24		0.0650
300	0.8129	0.9355	2.170	48.90		0.0622
305	0.8129	0.9355	2.170	48.90		0.0622
310	0.8097	0.9355	2.170	48.57		0.0622
315	0.8065	0.9355	2.170	48.23		0.0622
320	0.8032	0.9355	2.170	47.90		0.0622
325	0.8000	0.9355	2.170	47.56		0.0622

<b>t</b> [s]	<b>U<sub>np</sub></b> [V]	<b>U<sub>карс</sub></b> [V]	<b>H<sub>кап</sub></b> [cm]	<b>V<sub>np</sub></b> [l]	<b>Q<sub>np</sub></b> [l/s]	<b>Q<sub>preliva</sub></b> [l/s]
330	0.7968	0.9355	2.170	47.22	0.5373	0.0622
335	0.7935	0.9387	2.211	46.89		0.0650
340	0.7903	0.9355	2.170	46.55		0.0622
345	0.7903	0.9355	2.170	46.55		0.0622
350	0.7871	0.9355	2.170	46.22		0.0622
355	0.7839	0.9355	2.170	45.88		0.0622
360	0.7806	0.9387	2.211	45.55		0.0650
365	0.7774	0.9355	2.170	45.21		0.0622
370	0.7742	0.9355	2.170	44.87		0.0622
375	0.7742	0.9355	2.170	44.87		0.0622
380	0.7710	0.9355	2.170	44.54		0.0622
385	0.7677	0.9355	2.170	44.20		0.6044
390	0.7645	0.9355	2.170	43.87	0.0622	
395	0.7613	0.9355	2.170	43.53	0.0622	
400	0.7581	0.9355	2.170	43.20	0.0622	
405	0.7581	0.9355	2.170	43.20	0.0622	
410	0.7548	0.9355	2.170	42.86	0.0622	
415	0.7516	0.9355	2.170	42.52	0.0622	
420	0.7484	0.9355	2.170	42.19	0.0622	
425	0.7452	0.9355	2.170	41.85	0.0622	
430	0.7419	0.9355	2.170	41.52	0.0622	
435	0.7387	0.9323	2.129	41.18	0.0594	
440	0.7387	0.9355	2.170	41.18	0.5373	
445	0.7355	0.9323	2.129	40.84		0.0594
450	0.7323	0.9355	2.170	40.51		0.0622
455	0.7290	0.9355	2.170	40.17		0.0622
460	0.7258	0.9355	2.170	39.84		0.0622
465	0.7258	0.9355	2.170	39.84		0.0622
470	0.7226	0.9323	2.129	39.50		0.0594
475	0.7194	0.9323	2.129	39.17		0.0594
480	0.7161	0.9323	2.129	38.83		0.0594
485	0.7129	0.9355	2.170	38.49		0.0622
490	0.7129	0.9355	2.170	38.49		0.0622

### **Ознаке примењене у табелама приликом представљања резултата мерења рН вредности**

t – Време

U – Напонски излаз сонде, прочитан са логера

I – Јачина струјног излаза са сонде за мерење рН вредности

pH – Измерене рН вредности

$U_{pH}$  – Измерени напонски сигнал са сонде за мерење рН вредности

$U_{nivo}$  – Напонски излаз са сонде за мерење нивоа

$I_{pH}$  – Јачина струјног излаза са сонде за мерење рН вредности

$I_{nivo}$  – Јачина струјног излаза са сонде за мерење нивоа

H – Ниво у резервоару са „чистом” водом

V – Запремина воде у резервоару са „чистом” воде

Q – Проток



Табела 17. Резултати мерења провере времена одзива рН сонде

Merenje 1			
t [s]	U [V]	I [mA]	pH [-]
0	0.6871	6.982	2.61
5	0.6871	6.982	2.61
10	0.6871	6.982	2.61
15	0.6903	7.015	2.64
20	0.6935	7.048	2.67
25	0.6935	7.048	2.67
30	0.7000	7.113	2.72
35	0.6935	7.048	2.67
40	0.6935	7.048	2.67
45	0.6903	7.015	2.64
50	0.6903	7.015	2.64
55	0.6871	6.982	2.61
60	0.6903	7.015	2.64
65	0.8710	8.850	4.24
70	0.9645	9.801	5.08
75	1.0194	10.358	5.56
80	1.0258	10.424	5.62
85	1.0290	10.457	5.65
90	1.0323	10.489	5.68
95	1.0516	10.686	5.85
100	1.0677	10.850	5.99
105	1.0742	10.915	6.05
110	1.0742	10.915	6.05
115	1.0774	10.948	6.08
120	1.0742	10.915	6.05
125	1.0807	10.981	6.11
130	1.0839	11.014	6.14
135	1.0839	11.014	6.14
140	1.0903	11.079	6.19
145	1.1032	11.211	6.31
150	1.1129	11.309	6.40
155	1.1226	11.407	6.48
160	1.1290	11.473	6.54
165	1.1355	11.538	6.60
170	1.1452	11.637	6.68

Merenje 2			
t [s]	U [V]	I [mA]	pH [-]
0	0.7000	7.113	2.72
5	0.7000	7.113	2.72
10	0.7000	7.113	2.72
15	0.6968	7.080	2.70
20	0.7032	7.146	2.75
25	0.7097	7.211	2.81
30	0.9968	10.129	5.36
35	1.0387	10.555	5.74
40	1.0613	10.784	5.94
45	1.0710	10.883	6.02
50	1.0807	10.981	6.11
55	1.0903	11.079	6.19
60	1.0936	11.112	6.22
65	1.1032	11.211	6.31
70	1.1129	11.309	6.40
75	1.1194	11.374	6.45
80	1.1226	11.407	6.48
85	1.1258	11.440	6.51
90	1.1323	11.506	6.57
95	1.1387	11.571	6.62
100	1.1290	11.473	6.54
105	1.1452	11.637	6.68
110	1.1452	11.637	6.68
115	1.1516	11.702	6.74
120	1.1484	11.669	6.71
125	1.1581	11.768	6.80
130	1.1581	11.768	6.80
135	1.1581	11.768	6.80
140	1.1613	11.801	6.83
145	1.1613	11.801	6.83
150	1.1548	11.735	6.77
155	1.1581	11.768	6.80
160	1.1581	11.768	6.80
165	1.1581	11.768	6.80
170	1.1613	11.801	6.83

Merenje 1			
t [s]	U [V]	I [mA]	pH [-]
175	1.1387	11.571	6.62
180	1.1387	11.571	6.62
185	1.1355	11.538	6.60
190	1.1419	11.604	6.65
195	1.1452	11.637	6.68
200	1.1516	11.702	6.74
205	1.1548	11.735	6.77
210	1.1484	11.669	6.71
215	1.1355	11.538	6.60
220	1.1419	11.604	6.65
225	1.1452	11.637	6.68
230	1.1516	11.702	6.74
235	1.1516	11.702	6.74
240	1.1548	11.735	6.77
245	1.1613	11.801	6.83
250	1.1677	11.866	6.88
255	1.1710	11.899	6.91
260	1.1677	11.866	6.88
265	1.1710	11.899	6.91
270	1.1710	11.899	6.91
275	1.1774	11.964	6.97
280	1.1807	11.997	7.00
285	1.1774	11.964	6.97
290	1.1807	11.997	7.00
295	1.1677	11.866	6.88
300	1.1807	11.997	7.00
305	1.1839	12.030	7.03
310	1.1871	12.063	7.05
315	1.1839	12.030	7.03
320	1.1807	11.997	7.00
325	1.1774	11.964	6.97
330	1.1871	12.063	7.05
335	1.1936	12.128	7.11
340	1.1936	12.128	7.11
345	1.1968	12.161	7.14
350	1.1903	12.096	7.08
355	1.1936	12.128	7.11

Merenje 2			
t [s]	U [V]	I [mA]	pH [-]
175	1.1613	11.801	6.83
180	1.1645	11.833	6.85
185	1.1645	11.833	6.85
190	1.1645	11.833	6.85
195	1.1677	11.866	6.88
200	1.1677	11.866	6.88
205	1.1710	11.899	6.91
210	1.1677	11.866	6.88
215	1.1710	11.899	6.91
220	1.1677	11.866	6.88
225	1.1710	11.899	6.91
230	1.1645	11.833	6.85
235	1.1613	11.801	6.83
240	1.1613	11.801	6.83
245	1.1581	11.768	6.80
250	1.1581	11.768	6.80
255	1.1548	11.735	6.77
260	1.1516	11.702	6.74
265	1.1516	11.702	6.74
270	1.1484	11.669	6.71
275	1.1419	11.604	6.65
280	1.1419	11.604	6.65
285	1.1419	11.604	6.65

Merenje 1			
t [s]	U [V]	I [mA]	pH [-]
360	1.1903	12.096	7.08
365	1.1903	12.096	7.08
370	1.1903	12.096	7.08
375	1.1936	12.128	7.11
380	1.1871	12.063	7.05
385	1.1936	12.128	7.11
390	1.1968	12.161	7.14
395	1.1968	12.161	7.14
400	1.2000	12.194	7.17
405	1.2000	12.194	7.17
410	1.2000	12.194	7.17
415	1.2032	12.227	7.20
420	1.2032	12.227	7.20
425	1.1968	12.161	7.14
430	1.1968	12.161	7.14
435	1.2000	12.194	7.17
440	1.1968	12.161	7.14
445	1.1968	12.161	7.14
450	1.1936	12.128	7.11
455	1.1968	12.161	7.14

Merenje 2			
t [s]	U [V]	I [mA]	pH [-]

Табела 18. Резултати мерења провере времена одзива рН сонде

Merenje 3			
t [s]	U [V]	I [mA]	pH [-]
0	0.6935	7.048	2.67
5	0.6968	7.080	2.70
10	0.6935	7.048	2.67
15	0.6968	7.080	2.70
20	0.6935	7.048	2.67
25	0.6968	7.080	2.70
30	0.7000	7.113	2.72
35	0.9194	9.342	4.67
40	1.0065	10.227	5.45
45	1.0452	10.620	5.79
50	1.0677	10.850	5.99
55	1.0807	10.981	6.11
60	1.0936	11.112	6.22
65	1.1032	11.211	6.31
70	1.1097	11.276	6.37
75	1.1194	11.374	6.45
80	1.1226	11.407	6.48
85	1.1258	11.440	6.51
90	1.1258	11.440	6.51
95	1.1290	11.473	6.54
100	1.1355	11.538	6.60
105	1.1387	11.571	6.62
110	1.1355	11.538	6.60
115	1.1355	11.538	6.60
120	1.1387	11.571	6.62
125	1.1387	11.571	6.62
130	1.1452	11.637	6.68
135	1.1484	11.669	6.71
140	1.1452	11.637	6.68
145	1.1516	11.702	6.74
150	1.1516	11.702	6.74
155	1.1548	11.735	6.77
160	1.1581	11.768	6.80
165	1.1645	11.833	6.85
170	1.1645	11.833	6.85

Merenje 4			
t [s]	U [V]	I [mA]	pH [-]
0	0.6903	7.015	2.64
5	0.6903	7.015	2.64
10	0.6903	7.015	2.64
15	0.6903	7.015	2.64
20	0.6903	7.015	2.64
25	0.6903	7.015	2.64
30	0.6839	6.949	2.58
35	0.6839	6.949	2.58
40	0.6806	6.916	2.55
45	0.6839	6.949	2.58
50	0.6839	6.949	2.58
55	0.6839	6.949	2.58
60	0.6839	6.949	2.58
65	0.9065	9.211	4.56
70	1.0323	10.489	5.68
75	1.0710	10.883	6.02
80	1.0871	11.047	6.17
85	1.0968	11.145	6.25
90	1.1000	11.178	6.28
95	1.1097	11.276	6.37
100	1.1161	11.342	6.42
105	1.1194	11.374	6.45
110	1.1258	11.440	6.51
115	1.1290	11.473	6.54
120	1.1290	11.473	6.54
125	1.1290	11.473	6.54
130	1.1290	11.473	6.54
135	1.1387	11.571	6.62
140	1.1323	11.506	6.57
145	1.1323	11.506	6.57
150	1.1387	11.571	6.62
155	1.1387	11.571	6.62
160	1.1355	11.538	6.60
165	1.1355	11.538	6.60
170	1.1355	11.538	6.60

Merenje 3			
t [s]	U [V]	I [mA]	pH [-]
175	1.1645	11.833	6.85
180	1.1710	11.899	6.91
185	1.1710	11.899	6.91
190	1.1710	11.899	6.91
195	1.1677	11.866	6.88
200	1.1710	11.899	6.91
205	1.1710	11.899	6.91
210	1.1710	11.899	6.91

Merenje 4			
t [s]	U [V]	I [mA]	pH [-]
175	1.1355	11.538	6.60
180	1.1387	11.571	6.62
185	1.1387	11.571	6.62
190	1.1387	11.571	6.62

**Табела 19. Резултати мерења провере времена одзива рН сонде**

Merenje 5			
t [s]	U [V]	I [mA]	pH [-]
0	0.7774	7.900	3.41
5	0.7742	7.867	3.38
10	0.7710	7.834	3.35
15	0.7710	7.834	3.35
20	0.7710	7.834	3.35
25	0.7742	7.867	3.38
30	0.7742	7.867	3.38
35	0.7742	7.867	3.38
40	0.7677	7.801	3.33
45	0.9258	9.408	4.73
50	0.9903	10.063	5.31
55	1.0355	10.522	5.71
60	1.0613	10.784	5.94
65	1.0710	10.883	6.02
70	1.0871	11.047	6.17
75	1.0903	11.079	6.19
80	1.1032	11.211	6.31
85	1.1097	11.276	6.37
90	1.1194	11.374	6.45
95	1.1290	11.473	6.54
100	1.1323	11.506	6.57
105	1.1290	11.473	6.54
110	1.1419	11.604	6.65
115	1.1452	11.637	6.68
120	1.1355	11.538	6.60
125	1.1484	11.669	6.71
130	1.1484	11.669	6.71
135	1.1613	11.801	6.83
140	1.1581	11.768	6.80
145	1.1613	11.801	6.83
150	1.1613	11.801	6.83
155	1.1613	11.801	6.83
160	1.1645	11.833	6.85
165	1.1710	11.899	6.91

Merenje 6			
t [s]	U [V]	I [mA]	pH [-]
0	0.7774	7.900	3.41
5	0.7774	7.900	3.41
10	0.7774	7.900	3.41
15	0.7806	7.933	3.44
20	0.7774	7.900	3.41
25	0.7742	7.867	3.38
30	0.7742	7.867	3.38
35	0.7742	7.867	3.38
40	0.7742	7.867	3.38
45	0.7742	7.867	3.38
50	0.7742	7.867	3.38
55	0.7710	7.834	3.35
60	0.7677	7.801	3.33
65	0.7677	7.801	3.33
70	0.8000	8.129	3.61
75	0.9677	9.834	5.10
80	1.0129	10.293	5.51
85	1.0452	10.620	5.79
90	1.0645	10.817	5.97
95	1.0677	10.850	5.99
100	1.0839	11.014	6.14
105	1.0968	11.145	6.25
110	1.1032	11.211	6.31
115	1.1129	11.309	6.40
120	1.1226	11.407	6.48
125	1.1226	11.407	6.48
130	1.1290	11.473	6.54
135	1.1387	11.571	6.62
140	1.1387	11.571	6.62
145	1.1548	11.735	6.77
150	1.1452	11.637	6.68
155	1.1387	11.571	6.62
160	1.1484	11.669	6.71
165	1.1516	11.702	6.74

Merenje 5			
t [s]	U [V]	I [mA]	pH [-]
170	1.1710	11.899	6.91
175	1.1710	11.899	6.91
180	1.1677	11.866	6.88
185	1.1710	11.899	6.91
190	1.1807	11.997	7.00
195	1.1774	11.964	6.97
200	1.1742	11.932	6.94
205	1.1742	11.932	6.94
210	1.1710	11.899	6.91
215	1.1742	11.932	6.94
220	1.1807	11.997	7.00
225	1.1839	12.030	7.03
230	1.1871	12.063	7.05
235	1.1839	12.030	7.03
240	1.1871	12.063	7.05
245	1.1839	12.030	7.03
250	1.1839	12.030	7.03
255	1.1807	11.997	7.00
260	1.1807	11.997	7.00
265	1.1774	11.964	6.97
270	1.1839	12.030	7.03
275	1.1871	12.063	7.05
280	1.1936	12.128	7.11
285	1.1903	12.096	7.08
290	1.1903	12.096	7.08
295	1.1871	12.063	7.05
300	1.1871	12.063	7.05
305	1.1871	12.063	7.05
310	1.1839	12.030	7.03
315	1.1839	12.030	7.03
320	1.1807	11.997	7.00
325	1.1839	12.030	7.03
330	1.1839	12.030	7.03
335	1.1839	12.030	7.03
340	1.1807	11.997	7.00
345	1.1871	12.063	7.05
350	1.1871	12.063	7.05

Merenje 6			
t [s]	U [V]	I [mA]	pH [-]
170	1.1516	11.702	6.74
175	1.1516	11.702	6.74
180	1.1548	11.735	6.77
185	1.1548	11.735	6.77
190	1.1613	11.801	6.83
195	1.1613	11.801	6.83
200	1.1645	11.833	6.85
205	1.1645	11.833	6.85
210	1.1645	11.833	6.85
215	1.1677	11.866	6.88
220	1.1742	11.932	6.94
225	1.1742	11.932	6.94
230	1.1807	11.997	7.00
235	1.1807	11.997	7.00
240	1.1839	12.030	7.03
245	1.1807	11.997	7.00
250	1.1774	11.964	6.97
255	1.1807	11.997	7.00
260	1.1774	11.964	6.97
265	1.1774	11.964	6.97
270	1.1807	11.997	7.00
275	1.1742	11.932	6.94
280	1.1807	11.997	7.00
285	1.1807	11.997	7.00
290	1.1839	12.030	7.03
295	1.1871	12.063	7.05
300	1.1871	12.063	7.05
305	1.1871	12.063	7.05
310	1.1871	12.063	7.05



Merenje 5			
t [s]	U [V]	I [mA]	pH [-]
355	1.1871	12.063	7.05

Merenje 6			
t [s]	U [V]	I [mA]	pH [-]

Табела 20. Резултати мерења провере времена одзива рН сонде

Merenje 7			
t [s]	U [V]	I [mA]	pH [-]
0	0.7710	7.834	3.35
5	0.7677	7.801	3.33
10	0.7645	7.769	3.30
15	0.7613	7.736	3.27
20	0.7581	7.703	3.24
25	0.7613	7.736	3.27
30	0.7645	7.769	3.30
35	0.7645	7.769	3.30
40	0.7645	7.769	3.30
45	0.7645	7.769	3.30
50	0.7677	7.801	3.33
55	0.9968	10.129	5.36
60	1.0387	10.555	5.74
65	1.0613	10.784	5.94
70	1.0774	10.948	6.08
75	1.0903	11.079	6.19
80	1.1065	11.243	6.34
85	1.1161	11.342	6.42
90	1.1194	11.374	6.45
95	1.1323	11.506	6.57
100	1.1419	11.604	6.65
105	1.1290	11.473	6.54
110	1.1452	11.637	6.68
115	1.1516	11.702	6.74
120	1.1516	11.702	6.74
125	1.1516	11.702	6.74
130	1.1581	11.768	6.80
135	1.1613	11.801	6.83
140	1.1613	11.801	6.83
145	1.1677	11.866	6.88
150	1.1677	11.866	6.88
155	1.1677	11.866	6.88
160	1.1677	11.866	6.88
165	1.1742	11.932	6.94

Merenje 7			
t [s]	U [V]	I [mA]	pH [-]
170	1.1774	11.964	6.97
175	1.1742	11.932	6.94
180	1.1742	11.932	6.94
185	1.1774	11.964	6.97
190	1.1774	11.964	6.97
195	1.1807	11.997	7.00
200	1.1839	12.030	7.03
205	1.1839	12.030	7.03
210	1.1839	12.030	7.03
215	1.1807	11.997	7.00
220	1.1839	12.030	7.03
225	1.1839	12.030	7.03
230	1.1839	12.030	7.03

**Табела 21.** Промена рН вредности додавањем загађујуће материје рН = 5 и промена нивоа током експеримента 1

t [s]	U <sub>ph</sub> [V]	U <sub>nivo</sub> [V]	I <sub>pH</sub> [mA]	I <sub>nivo</sub> [mA]	pH [-]	H [cm]	V [l]	Q [l/s]
0	1.2516	1.3097	12.7183	13.2962	7.63	58.102	100.00	0.0470
5	1.2548	1.3097	12.7511	13.2962	7.66	58.102	100.00	
10	1.2516	1.3097	12.7183	13.2962	7.63	58.102	100.00	
15	1.2484	1.3065	12.6856	13.2635	7.60	57.897	99.66	
20	1.2484	1.3032	12.6856	13.2308	7.60	57.692	99.33	
25	1.2452	1.3000	12.6528	13.1980	7.57	57.487	98.99	
30	1.2419	1.3000	12.6201	13.1980	7.54	57.487	98.99	
35	1.2419	1.2968	12.6201	13.1652	7.54	57.282	98.66	
40	1.2323	1.2936	12.5217	13.1325	7.46	57.078	98.32	
45	1.2323	1.2903	12.5217	13.0997	7.46	56.873	97.99	
50	1.2323	1.2871	12.5217	13.0670	7.46	56.669	97.65	
55	1.2323	1.2839	12.5217	13.0342	7.46	56.464	97.32	0.0604
60	1.2323	1.2807	12.5217	13.0015	7.46	56.260	96.98	
65	1.2355	1.2774	12.5544	12.9687	7.49	56.055	96.64	
70	1.2387	1.2774	12.5872	12.9687	7.51	56.055	96.64	
75	1.2355	1.2710	12.5544	12.9032	7.49	55.645	95.97	
80	1.2323	1.2710	12.5217	12.9032	7.46	55.645	95.97	
85	1.2290	1.2677	12.4889	12.8705	7.43	55.440	95.64	
90	1.2226	1.2645	12.4233	12.8378	7.37	55.236	95.30	
95	1.2258	1.2613	12.4562	12.8050	7.40	55.031	94.97	
100	1.2258	1.2581	12.4562	12.7722	7.40	54.826	94.63	
105	1.2258	1.2548	12.4562	12.7395	7.40	54.622	94.30	
110	1.2290	1.2516	12.4889	12.7067	7.43	54.417	93.96	
115	1.2290	1.2516	12.4889	12.7067	7.43	54.417	93.96	
120	1.2290	1.2484	12.4889	12.6740	7.43	54.213	93.62	
125	1.2323	1.2452	12.5217	12.6412	7.46	54.008	93.29	
130	1.2355	1.2419	12.5544	12.6085	7.49	53.803	92.95	
135	1.2323	1.2387	12.5217	12.5757	7.46	53.598	92.62	
140	1.2323	1.2355	12.5217	12.5429	7.46	53.393	92.28	
145	1.2323	1.2355	12.5217	12.5429	7.46	53.393	92.28	
150	1.2258	1.2323	12.4562	12.5103	7.40	53.189	91.95	
155	1.2258	1.2290	12.4562	12.4775	7.40	52.984	91.61	
160	1.2258	1.2258	12.4562	12.4448	7.40	52.780	91.28	
165	1.2226	1.2226	12.4233	12.4120	7.37	52.575	90.94	
170	1.2161	1.2226	12.3578	12.4120	7.31	52.575	90.94	

t [s]	U <sub>ph</sub> [V]	U <sub>nivo</sub> [V]	I <sub>pH</sub> [mA]	I <sub>nivo</sub> [mA]	pH [-]	H [cm]	V [l]	Q [l/s]
175	1.2161	1.2194	12.3578	12.3792	7.31	52.370	90.60	0.0537
180	1.2129	1.2161	12.3250	12.3465	7.28	52.166	90.27	
185	1.2129	1.2129	12.3250	12.3137	7.28	51.961	89.93	
190	1.2129	1.2097	12.3250	12.2810	7.28	51.756	89.60	
195	1.2129	1.2065	12.3250	12.2482	7.28	51.551	89.26	
200	1.2129	1.2065	12.3250	12.2482	7.28	51.551	89.26	
205	1.2097	1.2032	12.2922	12.2155	7.26	51.347	88.93	0.0537
210	1.2065	1.2000	12.2594	12.1827	7.23	51.142	88.59	
215	1.2065	1.1968	12.2594	12.1499	7.23	50.937	88.26	
220	1.2065	1.1968	12.2594	12.1499	7.23	50.937	88.26	
225	1.2065	1.1936	12.2594	12.1173	7.23	50.733	87.92	
230	1.2129	1.1903	12.3250	12.0845	7.28	50.528	87.58	
235	1.2161	1.1871	12.3578	12.0518	7.31	50.324	87.25	
240	1.2161	1.1839	12.3578	12.0190	7.31	50.119	86.91	
245	1.2161	1.1807	12.3578	11.9863	7.31	49.914	86.58	
250	1.2194	1.1807	12.3905	11.9863	7.34	49.914	86.58	
255	1.2194	1.1774	12.3905	11.9535	7.34	49.709	86.24	0.0604
260	1.2194	1.1742	12.3905	11.9207	7.34	49.504	85.91	
265	1.2194	1.1710	12.3905	11.8880	7.34	49.300	85.57	
270	1.2194	1.1677	12.3905	11.8552	7.34	49.095	85.24	
275	1.2194	1.1645	12.3905	11.8225	7.34	48.891	84.90	
280	1.2194	1.1645	12.3905	11.8225	7.34	48.891	84.90	
285	1.2194	1.1613	12.3905	11.7897	7.34	48.686	84.56	
290	1.2226	1.1581	12.4233	11.7570	7.37	48.481	84.23	
295	1.2194	1.1548	12.3905	11.7243	7.34	48.277	83.89	
300	1.2226	1.1516	12.4233	11.6915	7.37	48.072	83.56	
305	1.2194	1.1484	12.3905	11.6588	7.34	47.867	83.22	0.0470
310	1.2194	1.1484	12.3905	11.6588	7.34	47.867	83.22	
315	1.2194	1.1452	12.3905	11.6260	7.34	47.662	82.89	
320	1.2194	1.1419	12.3905	11.5933	7.34	47.458	82.55	
325	1.2194	1.1387	12.3905	11.5605	7.34	47.253	82.22	
330	1.2226	1.1387	12.4233	11.5605	7.37	47.253	82.22	
335	1.2194	1.1355	12.3905	11.5277	7.34	47.048	81.88	
340	1.2161	1.1323	12.3578	11.4950	7.31	46.844	81.54	
345	1.2226	1.1323	12.4233	11.4950	7.37	46.844	81.54	
350	1.2226	1.1290	12.4233	11.4622	7.37	46.639	81.21	
355	1.2226	1.1258	12.4233	11.4295	7.37	46.435	80.87	
360	1.2226	1.1226	12.4233	11.3968	7.37	46.230	80.54	

t [s]	U <sub>ph</sub> [V]	U <sub>nivo</sub> [V]	I <sub>pH</sub> [mA]	I <sub>nivo</sub> [mA]	pH [-]	H [cm]	V [l]	Q [l/s]
365	1.2226	1.1226	12.4233	11.3968	7.37	46.230	80.54	0.0403
370	1.2194	1.1194	12.3905	11.3640	7.34	46.025	80.20	
375	1.2226	1.1161	12.4233	11.3313	7.37	45.820	79.87	
380	1.2226	1.1129	12.4233	11.2985	7.37	45.615	79.53	
385	1.2226	1.1129	12.4233	11.2985	7.37	45.615	79.53	
390	1.2194	1.1097	12.3905	11.2658	7.34	45.411	79.20	
395	1.2194	1.1097	12.3905	11.2658	7.34	45.411	79.20	
400	1.2194	1.1097	12.3905	11.2658	7.34	45.411	79.20	
405	1.2194	1.1097	12.3905	11.2658	7.34	45.411	79.20	0.0067
410	1.2161	1.1097	12.3578	11.2658	7.31	45.411	79.20	
415	1.2194	1.1065	12.3905	11.2330	7.34	45.206	78.86	
420	1.2258	1.1065	12.4562	11.2330	7.40	45.206	78.86	
425	1.2226	1.1065	12.4233	11.2330	7.37	45.206	78.86	
430	1.2226	1.1065	12.4233	11.2330	7.37	45.206	78.86	
435	1.2226	1.1065	12.4233	11.2330	7.37	45.206	78.86	
440	1.2226	1.1097	12.4233	11.2658	7.37	45.411	79.20	
445	1.2258	1.1065	12.4562	11.2330	7.40	45.206	78.86	0.0000
450	1.2290	1.1065	12.4889	11.2330	7.43	45.206	78.86	
455	1.2258	1.1065	12.4562	11.2330	7.40	45.206	78.86	
460	1.2323	1.1065	12.5217	11.2330	7.46	45.206	78.86	
465	1.2290	1.1032	12.4889	11.2003	7.43	45.002	78.53	
470	1.2226	1.1065	12.4233	11.2330	7.37	45.206	78.86	
475	1.2226	1.1065	12.4233	11.2330	7.37	45.206	78.86	
480	1.2194	1.1065	12.3905	11.2330	7.34	45.206	78.86	
485	1.2194	1.1065	12.3905	11.2330	7.34	45.206	78.86	
490	1.2161	1.1065	12.3578	11.2330	7.31	45.206	78.86	
495	1.2226	1.1065	12.4233	11.2330	7.37	45.206	78.86	
500	1.2226	1.1065	12.4233	11.2330	7.37	45.206	78.86	

**Табела 22.** Промена рН вредности додавањем загађујуће материје рН = 5 и промена нивоа током експеримента 2

t [s]	U <sub>ph</sub> [V]	U <sub>nivo</sub> [V]	I <sub>ph</sub> [mA]	I <sub>nivo</sub> [mA]	pH [-]	H [cm]	V [l]	Q [l/s]
0	1.2774	1.0387	12.9806	10.5453	7.86	40.908	71.81	0.3356
5	1.2742	1.0387	12.9478	10.5453	7.83	40.908	71.81	
10	1.2742	1.0387	12.9478	10.5453	7.83	40.908	71.81	
15	1.2710	1.0419	12.9150	10.5781	7.80	41.113	72.15	
20	1.2710	1.0387	12.9150	10.5453	7.80	40.908	71.81	
25	1.2742	1.0355	12.9478	10.5125	7.83	40.703	71.48	
30	1.2742	1.0323	12.9478	10.4798	7.83	40.499	71.14	
35	1.2742	1.0323	12.9478	10.4798	7.83	40.499	71.14	
40	1.2742	1.0290	12.9478	10.4470	7.83	40.294	70.81	
45	1.2742	1.0258	12.9478	10.4143	7.83	40.089	70.47	
50	1.2742	1.0226	12.9478	10.3815	7.83	39.885	70.14	
55	1.2742	1.0194	12.9478	10.3487	7.83	39.680	69.80	0.0537
60	1.2742	1.0161	12.9478	10.3160	7.83	39.475	69.47	
65	1.2742	1.0161	12.9478	10.3160	7.83	39.475	69.47	
70	1.2710	1.0129	12.9150	10.2832	7.80	39.270	69.13	
75	1.2742	1.0097	12.9478	10.2506	7.83	39.066	68.79	
80	1.2742	1.0097	12.9478	10.2506	7.83	39.066	68.79	
85	1.2742	1.0065	12.9478	10.2178	7.83	38.861	68.46	
90	1.2742	1.0032	12.9478	10.1851	7.83	38.657	68.12	
95	1.2774	1.0000	12.9806	10.1523	7.86	38.452	67.79	
100	1.2774	0.9968	12.9806	10.1195	7.86	38.247	67.45	
105	1.2742	0.9935	12.9478	10.0868	7.83	38.042	67.12	
110	1.2774	0.9935	12.9806	10.0868	7.86	38.042	67.12	
115	1.2774	0.9903	12.9806	10.0540	7.86	37.838	66.78	
120	1.2742	0.9871	12.9478	10.0213	7.83	37.633	66.45	
125	1.2742	0.9871	12.9478	10.0213	7.83	37.633	66.45	
130	1.2710	0.9839	12.9150	9.9885	7.80	37.428	66.11	
135	1.2710	0.9806	12.9150	9.9558	7.80	37.224	65.77	
140	1.2677	0.9774	12.8822	9.9230	7.77	37.019	65.44	
145	1.2613	0.9742	12.8167	9.8903	7.71	36.814	65.10	
150	1.2677	0.9742	12.8822	9.8903	7.77	36.814	65.10	
155	1.2645	0.9710	12.8495	9.8575	7.74	36.610	64.77	0.0537
160	1.2645	0.9677	12.8495	9.8248	7.74	36.405	64.43	
165	1.2645	0.9645	12.8495	9.7920	7.74	36.200	64.10	
170	1.2645	0.9645	12.8495	9.7920	7.74	36.200	64.10	

t [s]	U <sub>ph</sub> [V]	U <sub>nivo</sub> [V]	I <sub>ph</sub> [mA]	I <sub>nivo</sub> [mA]	pH [-]	H [cm]	V [l]	Q [l/s]
175	1.2645	0.9613	12.8495	9.7593	7.74	35.996	63.76	
180	1.2677	0.9581	12.8822	9.7265	7.77	35.791	63.43	
185	1.2677	0.9548	12.8822	9.6938	7.77	35.586	63.09	
190	1.2677	0.9548	12.8822	9.6938	7.77	35.586	63.09	
195	1.2710	0.9516	12.9150	9.6610	7.80	35.382	62.75	
200	1.2710	0.9484	12.9150	9.6283	7.80	35.177	62.42	
205	1.2677	0.9452	12.8822	9.5955	7.77	34.972	62.08	0.0470
210	1.2710	0.9452	12.9150	9.5955	7.80	34.972	62.08	
215	1.2710	0.9419	12.9150	9.5628	7.80	34.768	61.75	
220	1.2710	0.9387	12.9150	9.5301	7.80	34.563	61.41	
225	1.2710	0.9387	12.9150	9.5301	7.80	34.563	61.41	
230	1.2710	0.9355	12.9150	9.4973	7.80	34.358	61.08	
235	1.2710	0.9323	12.9150	9.4645	7.80	34.153	60.74	
240	1.2742	0.9290	12.9478	9.4318	7.83	33.949	60.41	
245	1.2807	0.9290	13.0134	9.4318	7.89	33.949	60.41	
250	1.2742	0.9258	12.9478	9.3991	7.83	33.744	60.07	
255	1.2645	0.9226	12.8495	9.3663	7.74	33.539	59.73	0.0470
260	1.2645	0.9226	12.8495	9.3663	7.74	33.539	59.73	
265	1.2581	0.9194	12.7839	9.3336	7.69	33.335	59.40	
270	1.2581	0.9161	12.7839	9.3008	7.69	33.130	59.06	
275	1.2581	0.9129	12.7839	9.2681	7.69	32.925	58.73	
280	1.2581	0.9129	12.7839	9.2681	7.69	32.925	58.73	
285	1.2613	0.9097	12.8167	9.2353	7.71	32.721	58.39	
290	1.2581	0.9065	12.7839	9.2026	7.69	32.516	58.06	
295	1.2581	0.9032	12.7839	9.1698	7.69	32.311	57.72	
300	1.2613	0.9032	12.8167	9.1698	7.71	32.311	57.72	
305	1.2613	0.9000	12.8167	9.1371	7.71	32.107	57.39	0.0470
310	1.2613	0.8968	12.8167	9.1043	7.71	31.902	57.05	
315	1.2581	0.8968	12.7839	9.1043	7.69	31.902	57.05	
320	1.2581	0.8935	12.7839	9.0716	7.69	31.697	56.71	
325	1.2581	0.8903	12.7839	9.0388	7.69	31.493	56.38	
330	1.2613	0.8903	12.8167	9.0388	7.71	31.493	56.38	
335	1.2613	0.8871	12.8167	9.0061	7.71	31.288	56.04	
340	1.2645	0.8839	12.8495	8.9733	7.74	31.083	55.71	
345	1.2645	0.8806	12.8495	8.9406	7.74	30.878	55.37	
350	1.2742	0.8806	12.9478	8.9406	7.83	30.878	55.37	
355	1.2677	0.8774	12.8822	8.9078	7.77	30.674	55.04	0.0470
360	1.2645	0.8742	12.8495	8.8751	7.74	30.469	54.70	



t [s]	U <sub>ph</sub> [V]	U <sub>nivo</sub> [V]	I <sub>pH</sub> [mA]	I <sub>nivo</sub> [mA]	pH [-]	H [cm]	V [l]	Q [l/s]
365	1.2645	0.8710	12.8495	8.8423	7.74	30.264	54.37	0.0470
370	1.2613	0.8710	12.8167	8.8423	7.71	30.264	54.37	
375	1.2548	0.8677	12.7511	8.8096	7.66	30.060	54.03	
380	1.2581	0.8677	12.7839	8.8096	7.69	30.060	54.03	
385	1.2581	0.8645	12.7839	8.7768	7.69	29.855	53.69	
390	1.2581	0.8613	12.7839	8.7441	7.69	29.650	53.36	
395	1.2581	0.8581	12.7839	8.7113	7.69	29.446	53.02	
400	1.2645	0.8581	12.8495	8.7113	7.74	29.446	53.02	
405	1.2613	0.8548	12.8167	8.6786	7.71	29.241	52.69	
410	1.2613	0.8516	12.8167	8.6458	7.71	29.036	52.35	
415	1.2613	0.8516	12.8167	8.6458	7.71	29.036	52.35	
420	1.2645	0.8484	12.8495	8.6131	7.74	28.832	52.02	
425	1.2645	0.8484	12.8495	8.6131	7.74	28.832	52.02	
430	1.2677	0.8419	12.8822	8.5476	7.77	28.422	51.35	
435	1.2677	0.8419	12.8822	8.5476	7.77	28.422	51.35	
440	1.2710	0.8387	12.9150	8.5148	7.80	28.218	51.01	
445	1.2742	0.8355	12.9478	8.4821	7.83	28.013	50.67	
450	1.2774	0.8355	12.9806	8.4821	7.86	28.013	50.67	
455	1.2774	0.8323	12.9806	8.4493	7.86	27.808	50.34	
460	1.2807	0.8290	13.0134	8.4166	7.89	27.604	50.00	
465	1.2807	0.8290	13.0134	8.4166	7.89	27.604	50.00	
470	1.2807	0.8258	13.0134	8.3838	7.89	27.399	49.67	
475	1.2807	0.8226	13.0134	8.3511	7.89	27.194	49.33	
480	1.2807	0.8226	13.0134	8.3511	7.89	27.194	49.33	
485	1.2871	0.8194	13.0790	8.3183	7.94	26.990	49.00	
490	1.2871	0.8161	13.0790	8.2856	7.94	26.785	48.66	
495	1.2839	0.8161	13.0461	8.2856	7.92	26.785	48.66	
500	1.2839	0.8129	13.0461	8.2528	7.92	26.580	48.33	
505	1.2807	0.8097	13.0134	8.2201	7.89	26.375	47.99	
510	1.2807	0.8097	13.0134	8.2201	7.89	26.375	47.99	
515	1.2807	0.8065	13.0134	8.1873	7.89	26.171	47.65	
520	1.2839	0.8032	13.0461	8.1546	7.92	25.966	47.32	
525	1.2807	0.8000	13.0134	8.1218	7.89	25.761	46.98	
530	1.2807	0.8000	13.0134	8.1218	7.89	25.761	46.98	
535	1.2807	0.7968	13.0134	8.0891	7.89	25.557	46.65	
540	1.2774	0.7935	12.9806	8.0563	7.86	25.352	46.31	
545	1.2742	0.7935	12.9478	8.0563	7.83	25.352	46.31	
550	1.2774	0.7935	12.9806	8.0563	7.86	25.352	46.31	

**Табела 23.** Промена рН вредности додавањем загађујуће материје рН = 2.75 и промена нивоа током експеримента 3

t [s]	U <sub>ph</sub> [V]	U <sub>nivo</sub> [V]	I <sub>ph</sub> [mA]	I <sub>nivo</sub> [mA]	pH [-]	H [cm]	V [l]	Q [l/s]
0	1.2161	1.0968	12.3578	11.1347	7.31	44.592	77.85	0.0537
5	1.2097	1.0936	12.2922	11.1020	7.26	44.388	77.52	
10	1.2226	1.0903	12.4233	11.0692	7.37	44.183	77.18	
15	1.2258	1.0871	12.4562	11.0365	7.40	43.978	76.85	
20	1.2258	1.0871	12.4562	11.0365	7.40	43.978	76.85	
25	1.2290	1.0839	12.4889	11.0038	7.43	43.773	76.51	
30	1.2258	1.0807	12.4562	10.9711	7.40	43.569	76.18	
35	1.2258	1.0774	12.4562	10.9383	7.40	43.364	75.84	
40	1.2226	1.0742	12.4233	10.9055	7.37	43.159	75.50	
45	1.2226	1.0742	12.4233	10.9055	7.37	43.159	75.50	
50	1.2129	1.0710	12.3250	10.8728	7.28	42.955	75.17	
55	1.2226	1.0677	12.4233	10.8400	7.37	42.750	74.83	0.0537
60	1.2258	1.0645	12.4562	10.8073	7.40	42.546	74.50	
65	1.2258	1.0645	12.4562	10.8073	7.40	42.546	74.50	
70	1.2258	1.0613	12.4562	10.7745	7.40	42.341	74.16	
75	1.2323	1.0581	12.5217	10.7417	7.46	42.136	73.83	
80	1.2258	1.0548	12.4562	10.7090	7.40	41.931	73.49	
85	1.2226	1.0548	12.4233	10.7090	7.37	41.931	73.49	
90	1.2226	1.0516	12.4233	10.6762	7.37	41.727	73.16	
95	1.2194	1.0484	12.3905	10.6436	7.34	41.522	72.82	
100	1.2194	1.0452	12.3905	10.6108	7.34	41.317	72.48	
105	1.2194	1.0452	12.3905	10.6108	7.34	41.317	72.48	0.0470
110	1.2194	1.0419	12.3905	10.5781	7.34	41.113	72.15	
115	1.2097	1.0387	12.2922	10.5453	7.26	40.908	71.81	
120	1.2194	1.0355	12.3905	10.5125	7.34	40.703	71.48	
125	1.2226	1.0323	12.4233	10.4798	7.37	40.499	71.14	
130	1.2226	1.0323	12.4233	10.4798	7.37	40.499	71.14	
135	1.2194	1.0290	12.3905	10.4470	7.34	40.294	70.81	
140	1.2258	1.0258	12.4562	10.4143	7.40	40.089	70.47	
145	1.2161	1.0226	12.3578	10.3815	7.31	39.885	70.14	
150	1.2161	1.0226	12.3578	10.3815	7.31	39.885	70.14	
155	1.2129	1.0194	12.3250	10.3487	7.28	39.680	69.80	0.0537
160	1.2129	1.0161	12.3250	10.3160	7.28	39.475	69.47	
165	1.2065	1.0161	12.2594	10.3160	7.23	39.475	69.47	
170	1.2129	1.0129	12.3250	10.2832	7.28	39.270	69.13	

t [s]	U <sub>ph</sub> [V]	U <sub>nivo</sub> [V]	I <sub>ph</sub> [mA]	I <sub>nivo</sub> [mA]	pH [-]	H [cm]	V [l]	Q [l/s]
175	1.2129	1.0097	12.3250	10.2506	7.28	39.066	68.79	
180	1.2161	1.0065	12.3578	10.2178	7.31	38.861	68.46	
185	1.2194	1.0065	12.3905	10.2178	7.34	38.861	68.46	
190	1.2161	1.0032	12.3578	10.1851	7.31	38.657	68.12	
195	1.2129	1.0000	12.3250	10.1523	7.28	38.452	67.79	
200	1.2097	0.9968	12.2922	10.1195	7.26	38.247	67.45	
205	1.2097	0.9968	12.2922	10.1195	7.26	38.247	67.45	0.0470
210	1.2065	0.9935	12.2594	10.0868	7.23	38.042	67.12	
215	1.2065	0.9903	12.2594	10.0540	7.23	37.838	66.78	
220	1.2097	0.9871	12.2922	10.0213	7.26	37.633	66.45	
225	1.2129	0.9871	12.3250	10.0213	7.28	37.633	66.45	
230	1.2129	0.9839	12.3250	9.9885	7.28	37.428	66.11	
235	1.2161	0.9806	12.3578	9.9558	7.31	37.224	65.77	
240	1.2097	0.9774	12.2922	9.9230	7.26	37.019	65.44	
245	1.2065	0.9774	12.2594	9.9230	7.23	37.019	65.44	
250	1.2000	0.9742	12.1939	9.8903	7.17	36.814	65.10	
255	1.2097	0.9710	12.2922	9.8575	7.26	36.610	64.77	0.0470
260	1.2129	0.9710	12.3250	9.8575	7.28	36.610	64.77	
265	1.2129	0.9677	12.3250	9.8248	7.28	36.405	64.43	
270	1.2129	0.9645	12.3250	9.7920	7.28	36.200	64.10	
275	1.2065	0.9613	12.2594	9.7593	7.23	35.996	63.76	
280	1.2065	0.9613	12.2594	9.7593	7.23	35.996	63.76	
285	1.2097	0.9581	12.2922	9.7265	7.26	35.791	63.43	
290	1.2129	0.9548	12.3250	9.6938	7.28	35.586	63.09	
295	1.2129	0.9516	12.3250	9.6610	7.28	35.382	62.75	
300	1.2129	0.9516	12.3250	9.6610	7.28	35.382	62.75	
305	1.2097	0.9484	12.2922	9.6283	7.26	35.177	62.42	0.0470
310	1.2065	0.9452	12.2594	9.5955	7.23	34.972	62.08	
315	1.2065	0.9419	12.2594	9.5628	7.23	34.768	61.75	
320	1.2097	0.9419	12.2922	9.5628	7.26	34.768	61.75	
325	1.2129	0.9387	12.3250	9.5301	7.28	34.563	61.41	
330	1.2129	0.9355	12.3250	9.4973	7.28	34.358	61.08	
335	1.2129	0.9355	12.3250	9.4973	7.28	34.358	61.08	
340	1.2129	0.9323	12.3250	9.4645	7.28	34.153	60.74	
345	1.2065	0.9290	12.2594	9.4318	7.23	33.949	60.41	
350	1.2065	0.9290	12.2594	9.4318	7.23	33.949	60.41	
355	1.2097	0.9258	12.2922	9.3991	7.26	33.744	60.07	0.0470
360	1.2032	0.9226	12.2267	9.3663	7.20	33.539	59.73	

t [s]	U <sub>ph</sub> [V]	U <sub>nivo</sub> [V]	I <sub>ph</sub> [mA]	I <sub>nivo</sub> [mA]	pH [-]	H [cm]	V [l]	Q [l/s]
365	1.2097	0.9194	12.2922	9.3336	7.26	33.335	59.40	
370	1.2097	0.9194	12.2922	9.3336	7.26	33.335	59.40	
375	1.2097	0.9161	12.2922	9.3008	7.26	33.130	59.06	
380	1.2129	0.9129	12.3250	9.2681	7.28	32.925	58.73	
385	1.2129	0.9129	12.3250	9.2681	7.28	32.925	58.73	
390	1.2161	0.9097	12.3578	9.2353	7.31	32.721	58.39	
395	1.2097	0.9065	12.2922	9.2026	7.26	32.516	58.06	
400	1.2129	0.9065	12.3250	9.2026	7.28	32.516	58.06	
405	1.2129	0.9032	12.3250	9.1698	7.28	32.311	57.72	
410	1.2097	0.9000	12.2922	9.1371	7.26	32.107	57.39	
415	1.2097	0.9000	12.2922	9.1371	7.26	32.107	57.39	
420	1.2097	0.8968	12.2922	9.1043	7.26	31.902	57.05	
425	1.2097	0.8968	12.2922	9.1043	7.26	31.902	57.05	
430	1.2129	0.8935	12.3250	9.0716	7.28	31.697	56.71	
435	1.2129	0.8903	12.3250	9.0388	7.28	31.493	56.38	
440	1.2129	0.8903	12.3250	9.0388	7.28	31.493	56.38	
445	1.2129	0.8871	12.3250	9.0061	7.28	31.288	56.04	
450	1.2161	0.8871	12.3578	9.0061	7.31	31.288	56.04	
455	1.2194	0.8839	12.3905	8.9733	7.34	31.083	55.71	
460	1.2194	0.8839	12.3905	8.9733	7.34	31.083	55.71	
465	1.2226	0.8806	12.4233	8.9406	7.37	30.878	55.37	
470	1.2194	0.8774	12.3905	8.9078	7.34	30.674	55.04	
475	1.2258	0.8774	12.4562	8.9078	7.40	30.674	55.04	
480	1.2226	0.8742	12.4233	8.8751	7.37	30.469	54.70	
485	1.2226	0.8710	12.4233	8.8423	7.37	30.264	54.37	
490	1.2194	0.8710	12.3905	8.8423	7.34	30.264	54.37	
495	1.2194	0.8677	12.3905	8.8096	7.34	30.060	54.03	
500	1.2226	0.8677	12.4233	8.8096	7.37	30.060	54.03	
505	1.2194	0.8645	12.3905	8.7768	7.34	29.855	53.69	
510	1.2194	0.8645	12.3905	8.7768	7.34	29.855	53.69	
515	1.2161	0.8613	12.3578	8.7441	7.31	29.650	53.36	
520	1.2194	0.8581	12.3905	8.7113	7.34	29.446	53.02	
525	1.2194	0.8581	12.3905	8.7113	7.34	29.446	53.02	
530	1.2194	0.8548	12.3905	8.6786	7.34	29.241	52.69	
535	1.2226	0.8548	12.4233	8.6786	7.37	29.241	52.69	
540	1.2226	0.8516	12.4233	8.6458	7.37	29.036	52.35	
545	1.2226	0.8484	12.4233	8.6131	7.37	28.832	52.02	
550	1.2226	0.8484	12.4233	8.6131	7.37	28.832	52.02	

t [s]	U <sub>ph</sub> [V]	U <sub>nivo</sub> [V]	I <sub>pH</sub> [mA]	I <sub>nivo</sub> [mA]	pH [-]	H [cm]	V [l]	Q [l/s]
555	1.2226	0.8452	12.4233	8.5803	7.37	28.627	51.68	0.0336
560	1.2194	0.8452	12.3905	8.5803	7.34	28.627	51.68	
565	1.2194	0.8419	12.3905	8.5476	7.34	28.422	51.35	
570	1.2161	0.8419	12.3578	8.5476	7.31	28.422	51.35	
575	1.2129	0.8387	12.3250	8.5148	7.28	28.218	51.01	
580	1.2161	0.8387	12.3578	8.5148	7.31	28.218	51.01	

**Ознаке примењене у табелама приликом представљања  
резултата мерења електропроводљивости**

$t$  – Време

$U_{EC}$  – Измерени напонски сигнал са сонде за мерење електропроводљивости

$U_{nivo}$  – Напонски излаз са сонде за мерење нивоа

$EC$  – Електропроводљивост

$H$  – Ниво у резервоару са „чистом” водом

$V$  – Запремина воде у резервоару са „чистом” воде

$Q$  – Проток

$C_{izl,ukupno}$  – Електропроводљивост срачуната применом математичког модела

$C_{ulaza}$  – Концентрација загађујуће материје на улазу у мерну кутију

$C_{rastvora}$  – Концентрација загађујуће материје у резервоару са загађујућом материјом

**Табела 26.** Измерене вредности електропроводљивости и резултати математичког модела простирања загађујуће материје у експерименту 1

t [s]	U <sub>EC</sub> [V]	U <sub>nivo</sub> [V]	EC [μS/cm]	H [cm]	V [l]	Q [l/s]	C <sub>izl,ukupno</sub> [μS/cm]	C <sub>ulaza</sub> [μS/cm]	C <sub>rastvora</sub> [μS/cm]
0	0.9839	0.9323	436.06	34.15	50.09	0.036	436.06		
5	0.9839	0.9323	436.06	34.15	50.09		436.06		
10	0.9806	0.9323	434.22	34.15	50.09		436.06		
15	0.9806	0.9290	434.22	33.95	49.79		436.06		
20	0.9806	0.9258	434.22	33.74	49.49		436.06		
25	0.9806	0.9226	434.22	33.54	49.19		436.06		
30	0.9806	0.9226	434.22	33.54	49.19		436.06		
35	0.9742	0.9194	430.54	33.33	48.89		436.06		
40	0.9742	0.9161	430.54	33.13	48.59		436.06		
45	0.9806	0.9161	434.22	33.13	48.59		436.06		
50	0.9839	0.9129	436.06	32.93	48.29		436.06		
55	0.9839	0.9097	436.06	32.72	47.99		436.06		
60	0.9839	0.9065	436.06	32.52	47.69	436.06			
65	0.9871	0.9032	437.90	32.31	47.39	436.06			
70	0.9871	0.9032	437.90	32.31	47.39	436.06			
75	0.9871	0.9000	437.90	32.11	47.09	436.06			
80	0.9903	0.8968	439.74	31.90	46.79	436.06			
85	0.9871	0.8968	437.90	31.90	46.79	436.06			
90	0.9871	0.8935	437.90	31.70	46.49	436.06			
95	0.9903	0.8903	439.74	31.49	46.19	436.07			
100	0.9935	0.8871	441.58	31.29	45.89	436.10			
105	0.9903	0.8871	439.74	31.29	45.89	436.28			
110	0.9935	0.8839	441.58	31.08	45.59	437.05			
115	0.9968	0.8806	443.42	30.88	45.29	439.28			
120	1.0129	0.8806	452.62	30.88	45.29	444.07			
125	1.0387	0.8774	467.33	30.67	44.99	452.00			
130	1.0516	0.8742	474.69	30.47	44.69	462.39	791.00	1279.34	
135	1.0710	0.8742	485.73	30.47	44.69	473.44	642.34	1633.14	
140	1.0839	0.8710	493.09	30.26	44.39	483.19	567.84	1945.41	
145	1.0871	0.8677	494.93	30.06	44.09	490.47	530.76	2178.61	

t [s]	U <sub>EC</sub> [V]	U <sub>nivo</sub> [V]	EC [μS/cm]	H [cm]	V [l]	Q [l/s]	C <sub>izl,ukupno</sub> [μS/cm]	C <sub>ulaza</sub> [μS/cm]	C <sub>rastvora</sub> [μS/cm]	
150	1.0936	0.8645	498.61	29.86	43.79	0.042	495.15	513.05	2328.42	
155	1.0968	0.8645	500.44	29.86	43.79		497.77	505.12	2412.43	
160	1.1000	0.8613	502.29	29.65	43.49		499.07	501.85	2454.07	
165	1.1032	0.8581	504.13	29.45	43.19		499.65	500.62	2472.52	
170	1.1032	0.8581	504.13	29.45	43.19		499.88	500.19	2479.90	
175	1.1032	0.8548	504.13	29.24	42.89		499.96	500.05	2482.60	
180	1.1032	0.8516	504.13	29.04	42.59		499.99	500.01	2483.50	
185	1.1032	0.8484	504.13	28.83	42.29		500.00	500.00	2483.78	
190	1.0936	0.8484	498.61	28.83	42.29		500.00	500.00	2483.86	
195	1.0968	0.8452	500.44	28.63	41.99		500.00	500.00	2483.88	
200	1.0968	0.8419	500.44	28.42	41.69		500.00	500.00	2483.88	
205	1.0968	0.8419	500.44	28.42	41.69		0.036	500.00	500.00	2483.88
210	1.1000	0.8387	502.29	28.22	41.39	500.00		500.00	2483.88	
215	1.1032	0.8355	504.13	28.01	41.09	500.00		500.00	2483.88	
220	1.1065	0.8355	505.96	28.01	41.09	504.13		504.13	970.73	
225	1.1129	0.8323	509.64	27.81	40.79	505.23		505.23	979.34	
230	1.1097	0.8290	507.81	27.60	40.49	515.53		515.53	1060.29	
235	1.1161	0.8290	511.48	27.60	40.49	538.29		538.29	1239.03	
240	1.1516	0.8258	531.72	27.40	40.19	566.40		566.40	1459.84	
245	1.2032	0.8226	561.15	27.19	39.88	593.03		593.03	1669.02	
250	1.2581	0.8226	592.42	27.19	39.88	615.00		615.00	1841.59	
255	1.2968	0.8194	614.50	26.99	39.58	0.042		631.73	631.73	1973.07
260	1.3226	0.8161	629.21	26.78	39.28			643.88	643.88	2068.45
265	1.3419	0.8161	640.25	26.78	39.28		652.41	652.41	2135.45	
270	1.3677	0.8129	654.97	26.58	38.98		658.27	658.27	2181.50	
275	1.3807	0.8097	662.33	26.38	38.68		662.24	662.24	2212.66	
280	1.3936	0.8097	669.69	26.38	38.68		664.89	664.89	2233.51	
285	1.4000	0.8065	673.36	26.17	38.38		666.65	666.65	2247.35	
290	1.4000	0.8032	673.36	25.97	38.08		667.81	667.81	2256.48	
295	1.4000	0.8032	673.36	25.97	38.08		668.58	668.58	2262.47	
300	1.3936	0.8000	669.69	25.76	37.78		669.07	669.07	2266.39	
305	1.3968	0.7968	671.52	25.56	37.48		0.042	669.40	669.40	2268.94
310	1.4000	0.7968	673.36	25.56	37.48			669.61	669.61	2270.60
315	1.4000	0.7935	673.36	25.35	37.18	669.75		669.75	2271.68	
320	1.4065	0.7903	677.04	25.15	36.88	669.84		669.84	2272.38	
325	1.4065	0.7903	677.04	25.15	36.88	669.89		669.89	2272.83	
330	1.4000	0.7871	673.36	24.94	36.58	669.93		669.93	2273.12	



t [s]	U <sub>EC</sub> [V]	U <sub>nivo</sub> [V]	EC [μS/cm]	H [cm]	V [l]	Q [l/s]	C <sub>izl,ukupno</sub> [μS/cm]	C <sub>ulaza</sub> [μS/cm]	C <sub>rastvora</sub> [μS/cm]
335	1.3968	0.7839	671.52	24.74	36.28		669.96	669.96	2273.31
340	1.3936	0.7839	669.69	24.74	36.28		669.97	669.97	2273.43
345	1.3871	0.7806	666.01	24.53	35.98		669.98	669.98	2273.51
350	1.3774	0.7774	660.49	24.33	35.68		633.96	633.96	
355	1.3419	0.7774	640.25	24.33	35.68	0.036	581.01	581.01	
360	1.2677	0.7742	597.94	24.12	35.38		543.46	543.46	
365	1.2258	0.7710	574.03	23.92	35.08		517.05	517.05	
370	1.1774	0.7710	546.44	23.92	35.08		497.93	497.93	
375	1.1484	0.7677	529.88	23.71	34.78		483.76	483.76	
380	1.1065	0.7645	505.96	23.51	34.48		473.06	473.06	
385	1.0903	0.7645	496.77	23.51	34.48		464.86	464.86	
390	1.0710	0.7613	485.73	23.31	34.18		458.53	458.53	
395	1.0452	0.7581	471.01	23.10	33.88		453.58	453.58	
400	1.0323	0.7581	463.66	23.10	33.88		449.70	449.70	
405	1.0161	0.7548	454.46	22.90	33.58	0.042	446.63	446.63	
410	1.0000	0.7516	445.26	22.69	33.28		444.20	444.20	
415	1.0000	0.7516	445.26	22.69	33.28		442.26	442.26	
420	0.9903	0.7484	439.74	22.49	32.98		440.71	440.71	
425	0.9903	0.7452	439.74	22.28	32.68		439.47	439.47	
430	0.9903	0.7419	439.74	22.08	32.38		438.47	438.47	
435	0.9903	0.7419	439.74	22.08	32.38		437.67	437.67	
440	0.9871	0.7387	437.90	21.87	32.08		437.02	437.02	
445	0.9871	0.7355	437.90	21.67	31.78		436.50	436.50	
450	0.9935	0.7355	441.58	21.67	31.78		436.07	436.07	
455	0.9935	0.7323	441.58	21.46	31.48	0.042	435.73	435.73	
460	0.9871	0.7323	437.90	21.46	31.48		435.45	435.45	
465	0.9871	0.7290	437.90	21.26	31.18		435.22	435.22	
470	0.9871	0.7258	437.90	21.05	30.88		435.04	435.04	
475	0.9806	0.7258	434.22	21.05	30.88		434.89	434.89	
480	0.9806	0.7226	434.22	20.85	30.58		434.77	434.77	
485	0.9806	0.7194	434.22	20.64	30.28		434.67	434.67	
490	0.9806	0.7194	434.22	20.64	30.28		434.59	434.59	
495	0.9806	0.7161	434.22	20.44	29.98		434.52	434.52	
500	0.9806	0.7129	434.22	20.23	29.68		434.47	434.47	
505	0.9806	0.7129	434.22	20.23	29.68	0.036	434.42	434.42	
510	0.9806	0.7097	434.22	20.03	29.38		434.39	434.39	
515	0.9806	0.7065	434.22	19.83	29.08		434.36	434.36	
520	0.9806	0.7065	434.22	19.83	29.08		434.33	434.33	

<b>t</b> [s]	<b>U<sub>EC</sub></b> [V]	<b>U<sub>nivo</sub></b> [V]	<b>EC</b> [μS/cm]	<b>H</b> [cm]	<b>V</b> [l]	<b>Q</b> [l/s]	<b>C<sub>izl,ukupno</sub></b> [μS/cm]	<b>C<sub>ulaza</sub></b> [μS/cm]	<b>C<sub>rastvora</sub></b> [μS/cm]
525	0.9806	0.7032	434.22	19.62	28.78		434.31	434.31	
530	0.9806	0.7032	434.22	19.62	28.78		434.30	434.30	
535	0.9806	0.7000	434.22	19.42	28.48		434.28	434.28	
540	0.9806	0.6968	434.22	19.21	28.18		434.27	434.27	
545	0.9806	0.6968	434.22	19.21	28.18		434.26	434.26	
550	0.9806	0.6935	434.22	19.01	27.88		434.25	434.25	
555	0.9806	0.6903	434.22	18.80	27.58	0.030	434.25	434.25	
560	0.9839	0.6903	436.06	18.80	27.58		434.24	434.24	
565	0.9806	0.6871	434.22	18.60	27.28		434.24	434.24	
570	0.9806	0.6839	434.22	18.39	26.98		434.24	434.24	
575	0.9806	0.6839	434.22	18.39	26.98		434.23	434.23	
580	0.9806	0.6806	434.22	18.19	26.68		434.23	434.23	
585	0.9871	0.6806	437.90	18.19	26.68		434.23	434.23	
590	0.9806	0.6806	434.22	18.19	26.68		434.23	434.23	

**Табела 28.** Измерене вредности електропроводљивости и резултати математичког  
модела простирања загађујуће материје у експерименту 2

<b>t</b> [s]	<b>U<sub>EC</sub></b> [V]	<b>U<sub>nivo</sub></b> [V]	<b>EC</b> [μS/cm]	<b>H</b> [cm]	<b>V</b> [l]	<b>Q</b> [l/s]	<b>C<sub>izl,ukupno</sub></b> [μS/cm]	<b>C<sub>ulaza</sub></b> [μS/cm]	<b>C<sub>rastvora</sub></b> [μS/cm]
0	1.0065	1.1032	448.94	45.00	70.00	0.024	434.22		
5	1.0065	1.1032	448.94	45.00	70.00		434.22		
10	1.0000	1.1007	445.26	44.84	69.76		434.22		
15	1.0000	1.0983	445.26	44.69	69.52		434.22		
20	0.9968	1.0983	443.42	44.69	69.52		434.22		
25	0.9968	1.0983	443.42	44.69	69.52		434.22		
30	0.9935	1.0959	441.58	44.53	69.28		434.22		
35	0.9935	1.0934	441.58	44.38	69.03		434.22		
40	0.9935	1.0934	441.58	44.38	69.03		434.22		
45	0.9871	1.0934	437.90	44.38	69.03		434.22		
50	0.9839	1.0910	436.06	44.22	68.79		434.22		
55	0.9774	1.0885	432.38	44.07	68.55		0.034	434.22	
60	0.9806	1.0861	434.22	43.91	68.31	434.22			
65	0.9806	1.0836	434.22	43.76	68.07	434.22			
70	0.9806	1.0836	434.22	43.76	68.07	434.23			
75	0.9806	1.0812	434.22	43.60	67.82	434.28			
80	0.9806	1.0787	434.22	43.45	67.58	434.59			
85	0.9839	1.0763	436.06	43.29	67.34	435.75			
90	1.0000	1.0763	445.26	43.29	67.34	438.98			
95	1.0323	1.0763	463.66	43.29	67.34	445.75			
100	1.0839	1.0738	493.09	43.14	67.10	456.96		1394.63	684.65
105	1.1161	1.0714	511.48	42.98	66.86	0.039	472.16	989.73	1131.03
110	1.1355	1.0689	522.52	42.83	66.62		489.45	785.35	1639.19
115	1.1484	1.0665	529.88	42.67	66.37		506.38	676.51	2136.39
120	1.1613	1.0665	537.24	42.67	66.37		520.88	617.09	2562.53
125	1.1710	1.0640	542.76	42.51	66.13		531.95	584.63	2887.63
130	1.1774	1.0616	546.44	42.36	65.89		539.57	567.24	3111.40
135	1.1807	1.0616	548.28	42.36	65.89		544.35	558.23	3251.97
140	1.1871	1.0591	551.96	42.20	65.65		547.12	553.75	3333.37
145	1.1871	1.0567	551.96	42.05	65.41		548.61	551.63	3377.19
150	1.1871	1.0542	551.96	41.89	65.16		549.37	550.68	3399.29
155	1.1871	1.0542	551.96	41.89	65.16	0.034	549.72	550.27	3409.79
160	1.1903	1.0518	553.79	41.74	64.92		549.88	550.10	3414.52

t [s]	U <sub>EC</sub> [V]	U <sub>nivo</sub> [V]	EC [μS/cm]	H [cm]	V [l]	Q [l/s]	C <sub>izl,ukupno</sub> [μS/cm]	C <sub>ulaza</sub> [μS/cm]	C <sub>rastvora</sub> [μS/cm]
165	1.1903	1.0493	553.79	41.58	64.68	0.029	549.95	550.04	3416.55
170	1.1936	1.0493	555.63	41.58	64.68		549.98	550.01	3417.38
175	1.1871	1.0469	551.96	41.43	64.44		549.99	550.00	3417.71
180	1.1871	1.0444	551.96	41.27	64.20		550.00	550.00	3417.84
185	1.1871	1.0420	551.96	41.11	63.95		550.00	550.00	3417.88
190	1.1807	1.0420	548.28	41.11	63.95		550.00	550.00	3417.90
195	1.1807	1.0395	548.28	40.96	63.71		550.00	550.00	3417.91
200	1.1807	1.0371	548.28	40.80	63.47		550.00	550.00	3417.91
205	1.1774	1.0346	546.44	40.65	63.23		550.00	550.00	3417.91
210	1.1807	1.0346	548.28	40.65	63.23		550.00	550.00	3417.91
215	1.1871	1.0346	551.96	40.65	63.23	550.00	550.00	3417.91	
220	1.1903	1.0322	553.79	40.49	62.99	554.48	554.48	1172.92	
225	1.2032	1.0297	561.15	40.34	62.75	566.41	566.41	1254.77	
230	1.2323	1.0273	577.71	40.18	62.51	577.58	577.58	1331.38	
235	1.2452	1.0273	585.06	40.18	62.51	585.41	585.41	1385.10	
240	1.2516	1.0248	588.74	40.03	62.27	590.56	590.56	1420.45	
245	1.2581	1.0224	592.42	39.87	62.02	593.90	593.90	1443.31	
250	1.2677	1.0224	597.94	39.87	62.02	596.04	596.04	1458.05	
255	1.2710	1.0200	599.78	39.72	61.78	597.43	597.43	1467.56	
260	1.2742	1.0175	601.62	39.56	61.54	598.33	598.33	1473.71	
265	1.2742	1.0175	601.62	39.56	61.54	598.91	598.91	1477.69	
270	1.2774	1.0151	603.46	39.41	61.30	599.29	599.29	1480.28	
275	1.2742	1.0126	601.62	39.25	61.06	599.53	599.53	1481.97	
280	1.2742	1.0126	601.62	39.25	61.06	599.69	599.69	1483.07	
285	1.2742	1.0102	601.62	39.10	60.82	599.80	599.80	1483.80	
290	1.2710	1.0077	599.78	38.94	60.57	599.87	599.87	1484.27	
295	1.2710	1.0053	599.78	38.79	60.33	599.91	599.91	1484.58	
300	1.2677	1.0053	597.94	38.79	60.33	599.94	599.94	1484.79	
305	1.2613	1.0028	594.26	38.63	60.09	599.96	599.96	1484.92	
310	1.2581	1.0028	592.42	38.63	60.09	599.97	599.97	1485.01	
315	1.2548	1.0028	590.59	38.63	60.09	599.98	599.98	1485.07	
320	1.2516	1.0004	588.74	38.48	59.85	599.99	599.99	1485.11	
325	1.2452	0.9979	585.06	38.32	59.61	599.99	599.99	1485.14	
330	1.2419	0.9955	583.23	38.17	59.37	600.00	600.00	1485.15	
335	1.2452	0.9930	585.06	38.01	59.13	600.00	600.00	1485.16	
340	1.2419	0.9930	583.23	38.01	59.13	600.00	600.00	1485.17	
345	1.2387	0.9906	581.39	37.86	58.89	600.00	600.00	1485.18	

t [s]	U <sub>EC</sub> [V]	U <sub>nivo</sub> [V]	EC [μS/cm]	H [cm]	V [l]	Q [l/s]	C <sub>izl,ukupno</sub> [μS/cm]	C <sub>ulaza</sub> [μS/cm]	C <sub>rastvora</sub> [μS/cm]
350	1.2387	0.9882	581.39	37.70	58.64	0.034	600.00	600.01	1485.18
355	1.2387	0.9882	581.39	37.70	58.64		600.00	600.01	1485.18
360	1.2323	0.9857	577.71	37.54	58.40		573.74	573.75	
365	1.2194	0.9833	570.35	37.39	58.16		548.78	548.79	
370	1.1871	0.9808	551.96	37.23	57.92		525.83	525.84	
375	1.1258	0.9808	517.00	37.23	57.92		507.61	507.62	
380	1.0968	0.9784	500.44	37.08	57.68		493.33	493.33	
385	1.0839	0.9759	493.09	36.92	57.44		482.04	482.05	
390	1.0613	0.9759	480.21	36.92	57.44		473.04	473.04	
395	1.0452	0.9735	471.01	36.77	57.19		465.78	465.78	
400	1.0323	0.9710	463.66	36.61	56.95		459.88	459.88	
405	1.0226	0.9710	458.14	36.61	56.95		455.06	455.06	
410	1.0129	0.9686	452.62	36.46	56.71	451.09	451.09		
415	1.0000	0.9661	445.26	36.30	56.47	447.81	447.81		
420	0.9935	0.9661	441.58	36.30	56.47	445.08	445.08		
425	0.9871	0.9637	437.90	36.15	56.23	442.81	442.81		
430	0.9806	0.9612	434.22	35.99	55.99	440.91	440.91		
435	0.9774	0.9612	432.38	35.99	55.99	439.32	439.32		
440	0.9774	0.9588	432.38	35.84	55.75	437.99	437.99		
445	0.9742	0.9563	430.54	35.68	55.51	436.86	436.86		
450	0.9710	0.9563	428.70	35.68	55.51	435.91	435.92		
455	0.9742	0.9539	430.54	35.53	55.26	435.11	435.11		
460	0.9742	0.9515	430.54	35.37	55.02	434.43	434.43		
465	0.9742	0.9515	430.54	35.37	55.02	433.86	433.86		
470	0.9742	0.9490	430.54	35.22	54.78	433.37	433.37		
475	0.9742	0.9466	430.54	35.06	54.54	432.96	432.96		
480	0.9742	0.9466	430.54	35.06	54.54	432.61	432.61		
485	0.9742	0.9441	430.54	34.91	54.30	432.31	432.31		
490	0.9710	0.9417	428.70	34.75	54.06	432.05	432.05		
495	0.9710	0.9417	428.70	34.75	54.06	431.83	431.83		
500	0.9742	0.9392	430.54	34.59	53.81	431.65	431.65		
505	0.9742	0.9368	430.54	34.44	53.57	431.49	431.49		
510	0.9742	0.9368	430.54	34.44	53.57	431.35	431.35		
515	0.9742	0.9343	430.54	34.28	53.33	431.24	431.24		
520	0.9742	0.9319	430.54	34.13	53.09	431.14	431.14		
525	0.9742	0.9319	430.54	34.13	53.09	431.05	431.05		
530	0.9742	0.9294	430.54	33.97	52.85	430.98	430.98		
535	0.9742	0.9270	430.54	33.82	52.61	430.92	430.92		

t [s]	U <sub>EC</sub> [V]	U <sub>nivo</sub> [V]	EC [μS/cm]	H [cm]	V [l]	Q [l/s]	C <sub>izl,ukupno</sub> [μS/cm]	C <sub>ulaza</sub> [μS/cm]	C <sub>rastvora</sub> [μS/cm]
540	0.9742	0.9270	430.54	33.82	52.61		430.87	430.87	
545	0.9742	0.9245	430.54	33.66	52.37		430.82	430.82	
550	0.9742	0.9221	430.54	33.51	52.13		430.78	430.78	

**Табела 30.** Измерене вредности електропроводљивости и резултати математичког  
модела простирања загађујуће материје у експерименту 3

t [s]	U <sub>EC</sub> [V]	U <sub>nivo</sub> [V]	EC [μS/cm]	H [cm]	V [l]	Q [l/s]	C <sub>izl,ukupno</sub> [μS/cm]	C <sub>ulaza</sub> [μS/cm]	C <sub>crastvora</sub> [μS/cm]
0	0.9806	1.2968	434.22	57.28	95.47	0.055	434.22		
5	0.9806	1.2968	434.22	57.28	95.47		434.22		
10	0.9806	1.2936	434.22	57.08	95.13		434.22		
15	0.9742	1.2903	430.54	56.87	94.79		434.22		
20	0.9710	1.2903	428.70	56.87	94.79		434.25		
25	0.9710	1.2871	428.70	56.67	94.45		434.65		
30	0.9710	1.2839	428.70	56.46	94.11		436.67		
35	0.9742	1.2807	430.54	56.26	93.77		441.96		
40	0.9935	1.2774	441.58	56.05	93.42		451.31		
45	1.0323	1.2742	463.66	55.85	93.08		464.03		
50	1.0548	1.2710	476.53	55.65	92.74	478.49			
55	1.0839	1.2710	493.09	55.65	92.74	0.055	492.95		
60	1.1032	1.2645	504.13	55.24	92.06		506.12		
65	1.1194	1.2645	513.32	55.24	92.06		517.29		
70	1.1355	1.2613	522.52	55.03	91.72		526.26		
75	1.1452	1.2581	528.04	54.83	91.38		533.15		
80	1.1581	1.2548	535.40	54.62	91.04		538.27		
85	1.1613	1.2516	537.24	54.42	90.69		541.96		
90	1.1774	1.2516	546.44	54.42	90.69		544.57		
95	1.1871	1.2484	551.96	54.21	90.35		546.38		
100	1.1871	1.2452	551.96	54.01	90.01		547.61	555.11	5916.73
105	1.1903	1.2419	553.79	53.80	89.67	0.055	548.43	553.29	5956.70
110	1.1903	1.2387	553.79	53.60	89.33		548.98	552.11	5983.24
115	1.1903	1.2355	553.79	53.39	88.99		549.34	551.34	6000.70
120	1.1903	1.2355	553.79	53.39	88.99		549.58	550.85	6012.08
125	1.1936	1.2323	555.63	53.19	88.65		549.73	550.54	6019.45
130	1.1936	1.2290	555.63	52.98	88.31		549.83	550.34	6024.18
135	1.1968	1.2258	557.47	52.78	87.97		549.89	550.21	6027.21
140	1.1936	1.2226	555.63	52.57	87.62		549.93	550.13	6029.13
145	1.1936	1.2226	555.63	52.57	87.62		549.96	550.08	6030.35
150	1.1871	1.2194	551.96	52.37	87.28		549.97	550.05	6031.12
155	1.1871	1.2161	551.96	52.17	86.94	0.061	549.98	550.03	6031.60

t [s]	U <sub>EC</sub> [V]	U <sub>nivo</sub> [V]	EC [μS/cm]	H [cm]	V [l]	Q [l/s]	C <sub>izl,ukupno</sub> [μS/cm]	C <sub>ulaza</sub> [μS/cm]	C <sub>crastvora</sub> [μS/cm]
160	1.1871	1.2129	551.96	51.96	86.60		549.99	550.02	6031.90
165	1.1871	1.2097	551.96	51.76	86.26		549.99	550.01	6032.09
170	1.1871	1.2065	551.96	51.55	85.92		550.00	550.01	6032.20
175	1.1871	1.2065	551.96	51.55	85.92		550.00	550.00	6032.28
180	1.1936	1.2032	555.63	51.35	85.58		550.00	550.00	6032.32
185	1.1903	1.2000	553.79	51.14	85.24		550.00	550.00	6032.35
190	1.1903	1.1968	553.79	50.94	84.90		550.00	550.00	6032.37
195	1.1936	1.1968	555.63	50.94	84.90		550.00	550.00	6032.38
200	1.1968	1.1903	557.47	50.53	84.21		555.63	555.63	6304.81
205	1.2000	1.1903	559.31	50.53	84.21	0.055	555.74	555.74	6309.71
210	1.2000	1.1871	559.31	50.32	83.87		560.20	560.20	6525.45
215	1.2226	1.1839	572.19	50.12	83.53		582.44	582.44	7600.89
220	1.2968	1.1807	614.50	49.91	83.19		625.64	625.64	2497.36
225	1.4097	1.1774	678.88	49.71	82.85		678.45	678.45	3066.44
230	1.4903	1.1774	724.87	49.71	82.85		728.60	728.60	3607.04
235	1.5581	1.1742	763.50	49.50	82.51		769.64	769.64	4049.34
240	1.6129	1.1710	794.77	49.30	82.17		800.18	800.18	4378.53
245	1.6516	1.1677	816.85	49.10	81.83		821.52	821.52	4608.47
250	1.6839	1.1645	835.24	48.89	81.48		835.78	835.78	4762.15
255	1.7161	1.1645	853.64	48.89	81.48	0.055	845.01	845.01	4861.63
260	1.7226	1.1613	857.32	48.69	81.14		850.84	850.84	4924.52
265	1.7355	1.1581	864.67	48.48	80.80		854.46	854.46	4963.56
270	1.7419	1.1548	868.36	48.28	80.46		856.68	856.68	4987.47
275	1.7484	1.1516	872.04	48.07	80.12		858.02	858.02	5001.94
280	1.7548	1.1484	875.72	47.87	79.78		858.83	858.83	5010.63
285	1.7548	1.1484	875.72	47.87	79.78		859.31	859.31	5015.81
290	1.7419	1.1452	868.36	47.66	79.44		859.60	859.60	5018.88
295	1.7419	1.1419	868.36	47.46	79.10		859.76	859.76	5020.69
300	1.7323	1.1387	862.84	47.25	78.76		859.86	859.86	5021.75
305	1.7226	1.1387	857.32	47.25	78.76	0.055	859.92	859.92	5022.37
310	1.7290	1.1355	861.00	47.05	78.41		859.95	859.95	5022.73
315	1.7194	1.1323	855.48	46.84	78.07		861.00	861.00	5033.98
320	1.7161	1.1290	853.64	46.64	77.73		861.00	861.00	5033.98
325	1.7129	1.1258	851.80	46.43	77.39		861.00	861.00	5033.98
330	1.7065	1.1258	848.12	46.43	77.39		861.00	861.00	5033.98
335	1.7032	1.1226	846.28	46.23	77.05		861.00	861.00	5033.98
340	1.6968	1.1194	842.60	46.02	76.71		861.00	861.00	5033.98



t [s]	U <sub>EC</sub> [V]	U <sub>nivo</sub> [V]	EC [μS/cm]	H [cm]	V [l]	Q [l/s]	C <sub>izl,ukupno</sub> [μS/cm]	C <sub>ulaza</sub> [μS/cm]	C <sub>crastvora</sub> [μS/cm]	
345	1.6968	1.1161	842.60	45.82	76.37	0.048	861.00	861.00	5033.98	
350	1.6903	1.1129	838.92	45.62	76.03		861.00	861.19	5033.98	
355	1.6871	1.1129	837.09	45.62	76.03		861.00	861.15	5033.98	
360	1.6839	1.1097	835.24	45.41	75.69		861.00	861.12		
365	1.6807	1.1065	833.41	45.21	75.34		861.00	861.09		
370	1.6774	1.1032	831.57	45.00	75.00		860.99	861.07		
375	1.6774	1.1000	831.57	44.80	74.66		860.99	861.04		
380	1.6710	1.1000	827.89	44.80	74.66		860.95	861.00		
385	1.6677	1.0968	826.05	44.59	74.32		860.85	860.88		
390	1.6645	1.0936	824.21	44.39	73.98		860.57	860.60		
395	1.6645	1.0903	824.21	44.18	73.64		859.95	859.97		
400	1.6613	1.0903	822.37	44.18	73.64		858.72	858.74		
405	1.6516	1.0871	816.85	43.98	73.30	0.055	856.54	856.55		
410	1.6419	1.0839	811.33	43.77	72.96		853.00	853.01		
415	1.6387	1.0807	809.49	43.57	72.62		847.70	847.70		
420	1.6387	1.0807	809.49	43.57	72.62		840.24	840.24		
425	1.6355	1.0774	807.65	43.36	72.27		830.35	830.35		
430	1.6290	1.0742	803.97	43.16	71.93		817.86	817.87		
435	1.6258	1.0710	802.13	42.95	71.59		802.79	802.80		
440	1.6129	1.0677	794.77	42.75	71.25		785.29	785.29		
445	1.6032	1.0645	789.26	42.55	70.91		765.65	765.65		
450	1.6000	1.0645	787.42	42.55	70.91		744.27	744.27		
455	1.5936	1.0613	783.74	42.34	70.57		0.055	721.62	721.62	
460	1.5871	1.0581	780.06	42.14	70.23			698.21	698.21	
465	1.5677	1.0548	769.02	41.93	69.89	674.55		674.55		
470	1.5548	1.0548	761.66	41.93	69.89	651.09		651.09		
475	1.5355	1.0516	750.62	41.73	69.54	628.25		628.26		
480	1.4645	1.0484	710.16	41.52	69.20	606.39		606.39		
485	1.3677	1.0452	654.97	41.32	68.86	585.76		585.76		
490	1.2936	1.0452	612.66	41.32	68.86	566.57		566.57		
495	1.2194	1.0419	570.35	41.11	68.52	548.93		548.93		
500	1.1807	1.0387	548.28	40.91	68.18	532.90		532.90		
505	1.1452	1.0387	528.04	40.91	68.18	0.048		518.50	518.50	
510	1.1097	1.0355	507.81	40.70	67.84			505.67	505.67	
515	1.0774	1.0323	489.41	40.50	67.50		494.36	494.36		
520	1.0548	1.0290	476.53	40.29	67.16		484.47	484.47		
525	1.0323	1.0258	463.66	40.09	66.82		475.88	475.88		
530	1.0194	1.0258	456.29	40.09	66.82		468.47	468.47		

<b>t</b> [s]	<b>U<sub>EC</sub></b> [V]	<b>U<sub>nivo</sub></b> [V]	<b>EC</b> [μS/cm]	<b>H</b> [cm]	<b>V</b> [l]	<b>Q</b> [l/s]	<b>C<sub>izl,ukupno</sub></b> [μS/cm]	<b>C<sub>ulaza</sub></b> [μS/cm]	<b>C<sub>rastvora</sub></b> [μS/cm]
535	1.0065	1.0226	448.94	39.88	66.47		462.14	462.14	
540	0.9968	1.0194	443.42	39.68	66.13		456.75	456.75	
545	0.9903	1.0161	439.74	39.48	65.79		452.19	452.19	
550	0.9839	1.0161	436.06	39.48	65.79		448.35	448.35	
555	0.9806	1.0129	434.22	39.27	65.45	0.055	445.15	445.15	
560	0.9742	1.0097	430.54	39.07	65.11		442.47	442.47	
565	0.9742	1.0065	430.54	38.86	64.77		440.26	440.26	
570	0.9710	1.0065	428.70	38.86	64.77		438.43	438.43	
575	0.9710	1.0032	428.70	38.66	64.43		436.93	436.93	
580	0.9677	1.0000	426.86	38.45	64.09		435.69	435.69	
585	0.9677	0.9968	426.86	38.25	63.75		434.69	434.69	
590	0.9677	0.9935	426.86	38.04	63.40		433.87	433.87	
595	0.9581	0.9935	421.35	38.04	63.40		433.21	433.21	
600	0.9613	0.9903	423.19	37.84	63.06		432.67	432.67	
605	0.9645	0.9871	425.02	37.63	62.72		432.24	432.24	
610	0.9677	0.9839	426.86	37.43	62.38		431.89	431.89	
615	0.9677	0.9839	426.86	37.43	62.38	431.61	431.61		
620	0.9742	0.9806	430.54	37.22	62.04	431.39	431.39		
625	0.9742	0.9774	430.54	37.02	61.70	431.21	431.21		
630	0.9742	0.9742	430.54	36.81	61.36	431.07	431.07		

**Ознаке примењене у табелама приликом представљања  
резултата мерења мутноће**

$t$  – Време

$U_{FNU}$  – Измерени напонски сигнал са сонде за мерење мутноће

$U_{nivo}$  – Напонски излаз са сонде за мерење нивоа

$T$  – Мутноћа

$H$  – Ниво у резервоару са „чистом” водом

$V$  – Запремина воде у резервоару са „чистом” воде

$Q$  – Проток

$C_{izl,ukupno}$  – Вредности мутноће срачунате применом математичког модела

$C_{ulaza}$  – Концентрација загађујуће материје на улазу у мерну кутију

$C_{rastvora}$  – Концентрација загађујуће материје у резервоару са загађујућом материјом

**Табела 33.** Измерене вредности мутноће и резултати математичког модела простирања мутноће као загађујуће материје у експерименту 1

t [s]	U <sub>FNU</sub> [V]	U <sub>nivo</sub> [V]	T [FNU]	H [cm]	V [l]	Q [l/s]	C <sub>izl,ukupno</sub> [FNU]	C <sub>ulaza</sub> [FNU]	C <sub>rastvora</sub> [FNU]
0	0.3968	1.2581	0.36	54.83	94.09	0.060	0.36		
5	0.3968	1.2548	0.36	54.62	93.76		0.36		
10	0.3968	1.2516	0.36	54.42	93.42		0.36		
15	0.4000	1.2484	0.97	54.21	93.09		0.36		
20	0.4000	1.2452	0.97	54.01	92.75		0.36		
25	0.3968	1.2419	0.36	53.80	92.42		0.36		
30	0.3968	1.2387	0.36	53.60	92.08		0.36		
35	0.4000	1.2387	0.97	53.60	92.08		0.36		
40	0.3935	1.2355	-0.25	53.39	91.75		0.36		
45	0.4000	1.2323	0.97	53.19	91.41		0.36		
50	0.3968	1.2290	0.36	52.98	91.08		0.36		
55	0.3968	1.2258	0.36	52.78	90.74	0.054	0.36		
60	0.3968	1.2258	0.36	52.78	90.74		0.36		
65	0.3968	1.2226	0.36	52.57	90.41		0.36		
70	0.3968	1.2194	0.36	52.37	90.07		0.36		
75	0.3968	1.2161	0.36	52.17	89.74		0.36		
80	0.3935	1.2129	-0.25	51.96	89.40		0.36		
85	0.3968	1.2129	0.36	51.96	89.40		0.37		
90	0.3968	1.2097	0.36	51.76	89.07		0.51		
95	0.4032	1.2065	1.59	51.55	88.73		1.15		
100	0.4097	1.2032	2.81	51.35	88.40		2.55	3.69	22.45
105	0.4194	1.2000	4.65	51.14	88.06		4.19	4.70	38.92
110	0.4226	1.2000	5.26	51.14	88.06	0.054	5.29	5.44	50.03
115	0.4258	1.1968	5.87	50.94	87.73		5.75	5.78	54.67
120	0.4258	1.1936	5.87	50.73	87.39		5.87	5.88	55.93
125	0.4258	1.1903	5.87	50.53	87.06		5.90	5.90	56.17
130	0.4290	1.1871	6.49	50.32	86.72		5.90	5.90	56.20
135	0.4258	1.1871	5.87	50.32	86.72		5.90	5.90	56.20
140	0.4290	1.1839	6.49	50.12	86.39		5.90	5.90	56.20
145	0.4290	1.1807	6.49	49.91	86.05		5.90	5.90	56.20
150	0.4290	1.1774	6.49	49.71	85.72		5.90	5.90	56.20
155	0.4290	1.1742	6.49	49.50	85.38		5.90	5.90	56.20
160	0.4258	1.1742	5.87	49.50	85.38		5.90	5.90	56.20
165	0.4258	1.1710	5.87	49.30	85.05	0.054	5.90	5.90	56.20

t [s]	U <sub>FNU</sub> [V]	U <sub>nivo</sub> [V]	T [FNU]	H [cm]	V [l]	Q [l/s]	C <sub>izl,ukupno</sub> [FNU]	C <sub>ulaza</sub> [FNU]	C <sub>rastvora</sub> [FNU]
170	0.4258	1.1677	5.87	49.10	84.71		5.90	5.90	56.20
175	0.4226	1.1645	5.26	48.89	84.38		5.90	5.90	56.20
180	0.4258	1.1613	5.87	48.69	84.04		5.90	5.90	56.20
185	0.4290	1.1613	6.49	48.69	84.04		5.90	5.90	56.20
190	0.4258	1.1581	5.87	48.48	83.71		5.90	5.90	56.20
195	0.4226	1.1548	5.26	48.28	83.37		5.90	5.90	56.20
200	0.4258	1.1516	5.87	48.07	83.04		5.90	5.90	56.20
205	0.4226	1.1484	5.26	47.87	82.70		5.90	5.90	56.20
210	0.4258	1.1484	5.87	47.87	82.70		5.90	5.90	56.20
215	0.4258	1.1452	5.87	47.66	82.37		5.90	5.90	56.20
220	0.4226	1.1419	5.26	47.46	82.03		0.054	5.90	5.90
225	0.4258	1.1387	5.87	47.25	81.70	5.90		5.90	56.20
230	0.4226	1.1355	5.26	47.05	81.36	5.90		5.90	56.20
235	0.4226	1.1355	5.26	47.05	81.36	5.90		5.90	56.20
240	0.4226	1.1323	5.26	46.84	81.03	5.90		5.90	56.20
245	0.4226	1.1290	5.26	46.64	80.69	5.90		5.90	56.20
250	0.4194	1.1258	4.65	46.43	80.36	5.90		5.90	56.20
255	0.4161	1.1226	4.04	46.23	80.02	5.90		5.90	56.20
260	0.4194	1.1226	4.65	46.23	80.02	5.90		5.90	56.20
265	0.4194	1.1194	4.65	46.02	79.69	5.90		5.90	56.20
270	0.4194	1.1161	4.65	45.82	79.35	5.90		5.90	56.20
275	0.4194	1.1129	4.65	45.62	79.02	0.047	5.90	5.90	56.20
280	0.4194	1.1097	4.65	45.41	78.68		5.90	5.90	56.20
285	0.4194	1.1097	4.65	45.41	78.68		5.90	5.90	56.20
290	0.4161	1.1065	4.04	45.21	78.35		5.90	5.90	56.20
295	0.4161	1.1032	4.04	45.00	78.01		5.90	5.90	56.20
300	0.4194	1.1032	4.65	45.00	78.01		5.90	5.90	56.20
305	0.4194	1.1000	4.65	44.80	77.68		5.90	5.90	56.20
310	0.4258	1.0968	5.87	44.59	77.34		5.90	5.90	56.20
315	0.4258	1.0936	5.87	44.39	77.01		5.90	5.90	56.20
320	0.4258	1.0903	5.87	44.18	76.67		5.90	5.90	56.20
325	0.4226	1.0903	5.26	44.18	76.67		5.90	5.90	56.20
330	0.4226	1.0871	5.26	43.98	76.34	0.054	5.90	5.90	56.20
335	0.4226	1.0839	5.26	43.77	76.00		5.90	5.90	56.20
340	0.4226	1.0839	5.26	43.77	76.00		5.90	5.90	56.20
345	0.4226	1.0807	5.26	43.57	75.67		5.90	5.90	56.20
350	0.4194	1.0774	4.65	43.36	75.34		4.15	4.26	

t [s]	U <sub>FNU</sub> [V]	U <sub>nivo</sub> [V]	T [FNU]	H [cm]	V [l]	Q [l/s]	C <sub>izl,ukupno</sub> [FNU]	C <sub>ulaza</sub> [FNU]	C <sub>rastvora</sub> [FNU]
355	0.4226	1.0742	5.26	43.16	75.00		3.60	3.69	
360	0.4194	1.0710	4.65	42.95	74.67		3.27	3.35	
365	0.4097	1.0710	2.81	42.95	74.67		3.04	3.12	
370	0.4097	1.0677	2.81	42.75	74.33		2.87	2.93	
375	0.4032	1.0645	1.59	42.55	74.00		2.72	2.78	
380	0.4065	1.0613	2.20	42.34	73.66		2.60	2.65	
385	0.4032	1.0581	1.59	42.14	73.32	0.047	2.49	2.54	
390	0.4032	1.0581	1.59	42.14	73.32		2.40	2.44	
395	0.4032	1.0548	1.59	41.93	72.99		2.31	2.36	
400	0.3968	1.0516	0.36	41.73	72.66		2.24	2.28	
405	0.4032	1.0516	1.59	41.73	72.66		2.17	2.21	
410	0.3968	1.0484	0.36	41.52	72.32		2.10	2.14	
415	0.3968	1.0452	0.36	41.32	71.99		2.05	2.08	
420	0.4000	1.0419	0.97	41.11	71.65		1.99	2.02	
425	0.4000	1.0387	0.97	40.91	71.32		1.94	1.97	
430	0.4000	1.0355	0.97	40.70	70.98		1.89	1.92	
435	0.3968	1.0355	0.36	40.70	70.98		1.85	1.88	
440	0.3968	1.0323	0.36	40.50	70.65		1.81	1.84	
445	0.3968	1.0290	0.36	40.29	70.31		1.77	1.80	
450	0.4000	1.0258	0.97	40.09	69.98		1.74	1.76	
455	0.3968	1.0226	0.36	39.88	69.64	1.70	1.72		
460	0.3968	1.0226	0.36	39.88	69.64	1.67	1.69		
465	0.4000	1.0194	0.97	39.68	69.31	0.054	1.64	1.66	
470	0.3968	1.0161	0.36	39.48	68.97		1.61	1.63	
475	0.4000	1.0161	0.97	39.48	68.97		1.58	1.60	
480	0.4000	1.0129	0.97	39.27	68.64		1.56	1.57	
485	0.3968	1.0097	0.36	39.07	68.30		1.53	1.55	
490	0.4000	1.0065	0.97	38.86	67.97		1.51	1.53	
495	0.4000	1.0032	0.97	38.66	67.63		1.49	1.50	
500	0.4000	1.0032	0.97	38.66	67.63		1.47	1.48	
505	0.3968	1.0000	0.36	38.45	67.30		1.45	1.46	
510	0.4000	0.9968	0.97	38.25	66.96		1.43	1.44	
515	0.4000	0.9935	0.97	38.04	66.63	1.41	1.42		
520	0.3935	0.9935	-0.25	38.04	66.63	1.39	1.40		
525	0.4000	0.9903	0.97	37.84	66.29	1.38	1.39		
530	0.4000	0.9871	0.97	37.63	65.96	1.36	1.37		
						0.048			

**Табела 35.** Измерене вредности мутноће и резултати математичког модела простирања мутноће као загађујуће материје у експерименту 2

t [s]	U <sub>FNU</sub> [V]	U <sub>nivo</sub> [V]	T [FNU]	H [cm]	V [l]	Q [l/s]	C <sub>izl,ukupno</sub> [FNU]	C <sub>ulaza</sub> [FNU]	C <sub>rastvora</sub> [FNU]	
0	0.4000	1.2742	0.97	55.85	94.09	0.054	0.97			
5	0.3968	1.2710	0.36	55.65	93.76		0.97			
10	0.4000	1.2677	0.97	55.44	93.42		0.97			
15	0.4000	1.2677	0.97	55.44	93.42		0.97			
20	0.4000	1.2645	0.97	55.24	93.09		0.97			
25	0.4000	1.2613	0.97	55.03	92.75		0.97			
30	0.4000	1.2581	0.97	54.83	92.42		0.97			
35	0.4000	1.2548	0.97	54.62	92.08		0.97			
40	0.4032	1.2516	1.59	54.42	91.75		0.97			
45	0.3968	1.2516	0.36	54.42	91.75		0.97			
50	0.4000	1.2484	0.97	54.21	91.41		0.97			
55	0.4000	1.2452	0.97	54.01	91.08		0.054	0.97		
60	0.3968	1.2419	0.36	53.80	90.74	0.97				
65	0.4000	1.2387	0.97	53.60	90.41	0.97				
70	0.3968	1.2355	0.36	53.39	90.07	0.97				
75	0.4000	1.2355	0.97	53.39	90.07	0.97				
80	0.4000	1.2323	0.97	53.19	89.74	0.97				
85	0.4000	1.2290	0.97	52.98	89.40	0.97				
90	0.4000	1.2258	0.97	52.78	89.07	0.97				
95	0.3968	1.2226	0.36	52.57	88.73	0.97				
100	0.4032	1.2226	1.59	52.57	88.73	0.97				
105	0.4000	1.2194	0.97	52.37	88.40	0.060		0.97		
110	0.4000	1.2161	0.97	52.17	88.06			0.97		
115	0.4000	1.2129	0.97	51.96	87.73		0.97			
120	0.4000	1.2097	0.97	51.76	87.39		0.97			
125	0.4032	1.2065	1.59	51.55	87.06		0.97			
130	0.4000	1.2065	0.97	51.55	87.06		0.97			
135	0.4000	1.2032	0.97	51.35	86.72		0.97			
140	0.3968	1.2000	0.36	51.14	86.39		0.97			
145	0.4000	1.1968	0.97	50.94	86.05		0.97			
150	0.4000	1.1936	0.97	50.73	85.72		0.97			
155	0.4032	1.1936	1.59	50.73	85.72		0.054	0.97		
160	0.4000	1.1903	0.97	50.53	85.38			0.98	258.80	

t [s]	U <sub>FNU</sub> [V]	U <sub>nivo</sub> [V]	T [FNU]	H [cm]	V [l]	Q [l/s]	C <sub>izl,ukupno</sub> [FNU]	C <sub>ulaza</sub> [FNU]	C <sub>crastvora</sub> [FNU]
165	0.3968	1.1871	0.36	50.32	85.05		1.02	60.68	1.39
170	0.4000	1.1839	0.97	50.12	84.71		1.17	21.28	2.84
175	0.4000	1.1807	0.97	49.91	84.38		1.64	11.73	7.10
180	0.3968	1.1774	0.36	49.71	84.04		2.65	9.47	16.46
185	0.4194	1.1774	4.65	49.71	84.04		4.34	9.41	32.06
190	0.4290	1.1742	6.49	49.50	83.71		6.52	10.08	52.21
195	0.4419	1.1710	8.94	49.30	83.37		8.75	10.95	72.80
200	0.4452	1.1677	9.55	49.10	83.04		10.58	11.74	89.72
205	0.4548	1.1677	11.39	49.10	83.04	0.054	11.81	12.33	101.08
210	0.4548	1.1645	11.39	48.89	82.70		12.49	12.69	107.40
215	0.4548	1.1613	11.39	48.69	82.37		12.81	12.88	110.35
220	0.4581	1.1581	12.00	48.48	82.03		12.94	12.96	111.52
225	0.4581	1.1548	12.00	48.28	81.70		12.98	12.99	111.92
230	0.4581	1.1516	12.00	48.07	81.36		13.00	13.00	112.04
235	0.4548	1.1484	11.39	47.87	81.03		13.00	13.00	112.07
240	0.4581	1.1484	12.00	47.87	81.03		13.00	13.00	112.08
245	0.4548	1.1452	11.39	47.66	80.69		13.00	13.00	112.08
250	0.4548	1.1419	11.39	47.46	80.36		13.00	13.00	112.08
255	0.4581	1.1387	12.00	47.25	80.02	0.054	13.00	13.00	112.08
260	0.4516	1.1387	10.78	47.25	80.02		13.00	13.00	112.08
265	0.4548	1.1355	11.39	47.05	79.69		13.00	13.00	112.08
270	0.4516	1.1323	10.78	46.84	79.35		13.00	13.00	112.08
275	0.4548	1.1290	11.39	46.64	79.02		13.00	13.00	112.08
280	0.4581	1.1258	12.00	46.43	78.68		13.00	13.00	112.08
285	0.4581	1.1258	12.00	46.43	78.68		13.00	13.00	112.08
290	0.4581	1.1226	12.00	46.23	78.35		13.00	13.00	112.08
295	0.4581	1.1194	12.00	46.02	78.01		13.00	13.00	112.08
300	0.4613	1.1161	12.61	45.82	77.68		13.00	13.00	112.08
305	0.4581	1.1161	12.00	45.82	77.68	0.047	13.00	13.00	112.08
310	0.4613	1.1129	12.61	45.62	77.34		13.00	13.00	112.08
315	0.4613	1.1097	12.61	45.41	77.01		13.00	13.00	112.08
320	0.4645	1.1065	13.23	45.21	76.67		13.00	13.00	112.08
325	0.4645	1.1065	13.23	45.21	76.67		13.00	13.00	112.08
330	0.4645	1.1032	13.23	45.00	76.34		13.00	13.00	112.08
335	0.4677	1.1000	13.84	44.80	76.00		13.00	13.00	112.08
340	0.4677	1.1000	13.84	44.80	76.00		13.00	13.00	112.08
345	0.4645	1.0968	13.23	44.59	75.67		13.00	13.00	112.08
350	0.4677	1.0936	13.84	44.39	75.34		13.00	13.00	112.08



t [s]	U <sub>FNU</sub> [V]	U <sub>nivo</sub> [V]	T [FNU]	H [cm]	V [l]	Q [l/s]	C <sub>izl,ukupno</sub> [FNU]	C <sub>ulaza</sub> [FNU]	C <sub>crastvora</sub> [FNU]
355	0.4645	1.0903	13.23	44.18	75.00	0.047	13.00	13.00	112.08
360	0.4710	1.0871	14.45	43.98	74.67		13.00	13.00	112.08
365	0.4677	1.0871	13.84	43.98	74.67		13.00	13.00	112.08
370	0.4677	1.0839	13.84	43.77	74.33		13.00	13.00	112.08
375	0.4710	1.0807	14.45	43.57	74.00		13.00	13.00	112.08
380	0.4645	1.0774	13.23	43.36	73.66		13.00	13.00	112.08
385	0.4613	1.0774	12.61	43.36	73.66		13.23	13.23	114.17
390	0.4581	1.0742	12.00	43.16	73.32		13.23	13.23	114.17
395	0.4548	1.0710	11.39	42.95	72.99		13.22	13.22	114.14
400	0.4581	1.0710	12.00	42.95	72.99		13.14	13.14	113.35
405	0.4581	1.0677	12.00	42.75	72.66	0.054	12.61	12.61	
410	0.4548	1.0645	11.39	42.55	72.32		11.31	11.31	
415	0.4419	1.0613	8.94	42.34	71.99		9.34	9.34	
420	0.4323	1.0581	7.10	42.14	71.65		7.19	7.19	
425	0.4194	1.0581	4.65	42.14	71.65		5.26	5.26	
430	0.4194	1.0548	4.65	41.93	71.32		3.76	3.76	
435	0.4097	1.0516	2.81	41.73	70.98		2.69	2.69	
440	0.4065	1.0484	2.20	41.52	70.65		2.00	2.00	
445	0.4065	1.0452	2.20	41.32	70.31		1.56	1.56	
450	0.4000	1.0452	0.97	41.32	70.31		1.30	1.30	
455	0.4000	1.0419	0.97	41.11	69.98	0.047	1.15	1.15	
460	0.4000	1.0387	0.97	40.91	69.64		1.07	1.07	
465	0.4000	1.0387	0.97	40.91	69.64		1.02	1.02	
470	0.4000	1.0355	0.97	40.70	69.31		1.00	1.00	
475	0.3968	1.0323	0.36	40.50	68.97		0.98	0.98	
480	0.4000	1.0290	0.97	40.29	68.64		0.98	0.98	
485	0.3968	1.0258	0.36	40.09	68.30		0.97	0.97	
490	0.4000	1.0258	0.97	40.09	68.30		0.97	0.97	
495	0.3968	1.0226	0.36	39.88	67.97		0.97	0.97	
500	0.3968	1.0226	0.36	39.88	67.97		0.97	0.97	
505	0.4000	1.0226	0.97	39.88	67.97	0.000	0.97	0.97	
510	0.3968	1.0194	0.36	39.68	67.63		0.97	0.97	
515	0.4000	1.0226	0.97	39.88	67.97		0.97	0.97	
520	0.3968	1.0194	0.36	39.68	67.63		0.97	0.97	
525	0.3968	1.0194	0.36	39.68	67.63		0.97	0.97	
530	0.4000	1.0226	0.97	39.88	67.97		0.97	0.97	

**Табела 37.** Измерене вредности мутноће и резултати математичког модела простирања мутноће као загађујуће материје у експерименту 3 ( $Q_{sr} = 0.041$  l/s )

t [s]	$U_{FNU}$ [V]	$U_{nivo}$ [V]	T [FNU]	H [cm]	V [l]	Q [l/s]	$C_{izl,ukupno}$ [FNU]	$C_{ulaza}$ [FNU]	$C_{rastvora}$ [FNU]
0	0.4000	0.9452	0.97	34.97	60.00	0.043	0.97		
5	0.4000	0.9419	0.97	34.77	59.69		0.97		
10	0.4000	0.9387	0.97	34.56	59.39		0.97		
15	0.4000	0.9387	0.97	34.56	59.39		0.97		
20	0.4000	0.9355	0.97	34.36	59.08		0.97		
25	0.4000	0.9323	0.97	34.15	58.77		0.97		
30	0.4032	0.9290	1.59	33.95	58.46		0.97		
35	0.4000	0.9290	0.97	33.95	58.46		0.97		
40	0.4000	0.9258	0.97	33.74	58.16		0.97		
45	0.4032	0.9226	1.59	33.54	57.85		0.97		
50	0.4000	0.9226	0.97	33.54	57.85		0.97		
55	0.4032	0.9194	1.59	33.33	57.54		0.049	0.97	
60	0.4000	0.9161	0.97	33.13	57.24	0.97			
65	0.4000	0.9161	0.97	33.13	57.24	0.97			
70	0.4000	0.9129	0.97	32.93	56.93	0.97			
75	0.4000	0.9097	0.97	32.72	56.62	0.97			
80	0.4032	0.9065	1.59	32.52	56.32	0.97			
85	0.4032	0.9065	1.59	32.52	56.32	0.97			
90	0.4000	0.9032	0.97	32.31	56.01	0.97			
95	0.4032	0.9000	1.59	32.11	55.70	0.97			
100	0.4000	0.8968	0.97	31.90	55.39	0.97			0.97
105	0.4032	0.8968	1.59	31.90	55.39	0.043	0.97		0.97
110	0.3968	0.8935	0.36	31.70	55.09		0.97		0.97
115	0.4032	0.8903	1.59	31.49	54.78		0.97		0.97
120	0.4032	0.8903	1.59	31.49	54.78		0.97		0.97
125	0.4000	0.8871	0.97	31.29	54.47		0.97		0.99
130	0.4032	0.8839	1.59	31.08	54.17		0.98		1.10
135	0.4000	0.8806	0.97	30.88	53.86		1.00		1.86
140	0.4032	0.8806	1.59	30.88	53.86		1.10		5.23
145	0.4032	0.8774	1.59	30.67	53.55		1.42		16.12
150	0.4000	0.8742	0.97	30.47	53.25		2.21		42.38
155	0.4000	0.8742	0.97	30.47	53.25	0.037	3.65		90.93
160	0.4194	0.8710	4.65	30.26	52.94		5.76	11.16	161.51

t [s]	U <sub>FNU</sub> [V]	U <sub>nivo</sub> [V]	T [FNU]	H [cm]	V [l]	Q [l/s]	C <sub>izl,ukupno</sub> [FNU]	C <sub>ulaza</sub> [FNU]	C <sub>rastvora</sub> [FNU]
165	0.4387	0.8677	8.32	30.06	52.63		8.21	12.02	243.88
170	0.4484	0.8677	10.16	30.06	52.63		10.55	12.93	322.56
175	0.4581	0.8645	12.00	29.86	52.32		12.42	13.72	385.13
180	0.4613	0.8613	12.61	29.65	52.02		13.67	14.29	427.17
185	0.4645	0.8581	13.23	29.45	51.71		14.39	14.65	451.37
190	0.4677	0.8581	13.84	29.45	51.71		14.75	14.85	463.45
195	0.4677	0.8548	13.84	29.24	51.40		14.91	14.94	468.73
200	0.4677	0.8548	13.84	29.24	51.40		14.97	14.98	470.78
205	0.4677	0.8516	13.84	29.04	51.10	0.043	14.99	14.99	471.49
210	0.4677	0.8484	13.84	28.83	50.79		15.00	15.00	471.71
215	0.4742	0.8452	15.06	28.63	50.48		15.00	15.00	471.77
220	0.4677	0.8452	13.84	28.63	50.48		15.00	15.00	115.92
225	0.4710	0.8419	14.45	28.42	50.18		15.00	15.00	115.92
230	0.4677	0.8387	13.84	28.22	49.87		15.00	15.00	115.92
235	0.4677	0.8387	13.84	28.22	49.87		15.00	15.00	115.92
240	0.4710	0.8355	14.45	28.01	49.56		15.00	15.00	115.92
245	0.4613	0.8323	12.61	27.81	49.25		15.00	15.00	115.92
250	0.4645	0.8323	13.23	27.81	49.25		15.00	15.00	115.92
255	0.4581	0.8290	12.00	27.60	48.95	0.043	15.00	15.00	115.92
260	0.4581	0.8290	12.00	27.60	48.95		15.00	15.00	115.92
265	0.4581	0.8258	12.00	27.40	48.64		15.00	15.00	115.92
270	0.4581	0.8226	12.00	27.19	48.33		15.00	15.00	115.92
275	0.4613	0.8226	12.61	27.19	48.33		15.00	15.00	115.92
280	0.4613	0.8194	12.61	26.99	48.03		15.00	15.00	115.92
285	0.4645	0.8161	13.23	26.78	47.72		15.00	15.00	115.92
290	0.4645	0.8161	13.23	26.78	47.72		15.00	15.00	115.92
295	0.4645	0.8129	13.23	26.58	47.41		15.00	15.00	115.92
300	0.4677	0.8097	13.84	26.38	47.10		15.00	15.00	115.92
305	0.4677	0.8097	13.84	26.38	47.10	0.043	15.00	15.00	115.92
310	0.4710	0.8065	14.45	26.17	46.80		15.00	15.00	115.92
315	0.4677	0.8032	13.84	25.97	46.49		15.00	15.00	115.92
320	0.4677	0.8032	13.84	25.97	46.49		15.00	15.00	115.92
325	0.4677	0.8000	13.84	25.76	46.18		15.00	15.00	115.92
330	0.4710	0.7968	14.45	25.56	45.88		15.00	15.00	115.92
335	0.4710	0.7968	14.45	25.56	45.88		15.00	15.00	115.92
340	0.4645	0.7935	13.23	25.35	45.57		15.00	15.00	115.92
345	0.4742	0.7903	15.06	25.15	45.26		15.00	15.00	115.92
350	0.4710	0.7871	14.45	24.94	44.96		15.00	15.00	115.92

t [s]	U <sub>FNU</sub> [V]	U <sub>nivo</sub> [V]	T [FNU]	H [cm]	V [l]	Q [l/s]	C <sub>izl,ukupno</sub> [FNU]	C <sub>ulaza</sub> [FNU]	C <sub>rastvora</sub> [FNU]
355	0.4710	0.7871	14.45	24.94	44.96	0.037	15.00	15.00	115.92
360	0.4710	0.7839	14.45	24.74	44.65		15.00	15.00	115.92
365	0.4677	0.7806	13.84	24.53	44.34		15.00	15.00	115.92
370	0.4742	0.7806	15.06	24.53	44.34		15.00	15.00	115.92
375	0.4710	0.7774	14.45	24.33	44.03		15.00	15.00	115.92
380	0.4742	0.7774	15.06	24.33	44.03		15.00	15.00	115.92
385	0.4710	0.7742	14.45	24.12	43.73		15.00	15.00	115.92
390	0.4710	0.7710	14.45	23.92	43.42		15.00	15.00	115.92
395	0.4677	0.7710	13.84	23.92	43.42		15.00	15.00	115.92
400	0.4677	0.7677	13.84	23.71	43.11		15.00	15.00	115.92
405	0.4710	0.7645	14.45	23.51	42.81	0.043	15.00	15.00	115.92
410	0.4645	0.7645	13.23	23.51	42.81		14.45	14.45	
415	0.4677	0.7613	13.84	23.31	42.50		14.32	14.32	
420	0.4677	0.7581	13.84	23.10	42.19		13.38	13.38	
425	0.4581	0.7581	12.00	23.10	42.19		11.56	11.56	
430	0.4452	0.7548	9.55	22.90	41.89		9.43	9.43	
435	0.4355	0.7548	7.71	22.90	41.89		7.43	7.43	
440	0.4290	0.7516	6.49	22.69	41.58		5.75	5.75	
445	0.4194	0.7484	4.65	22.49	41.27		4.44	4.44	
450	0.4129	0.7452	3.42	22.28	40.96		3.46	3.46	
455	0.4097	0.7452	2.81	22.28	40.96	0.034	2.73	2.73	
460	0.4032	0.7419	1.59	22.08	40.66		2.21	2.21	
465	0.4032	0.7387	1.59	21.87	40.35		1.84	1.84	
470	0.4032	0.7387	1.59	21.87	40.35		1.57	1.57	
475	0.4000	0.7355	0.97	21.67	40.04		1.39	1.39	
480	0.4000	0.7323	0.97	21.46	39.74		1.26	1.26	
485	0.3935	0.7323	-0.25	21.46	39.74		1.17	1.17	
490	0.4000	0.7290	0.97	21.26	39.43		1.11	1.11	
495	0.4000	0.7290	0.97	21.26	39.43		1.07	1.07	

**Табела 39.** Измерене вредности мутноће и резултати математичког модела простирања мутноће као загађујуће материје у експерименту 4 ( $Q_{sr} = 0.040$  l/s)

t [s]	$U_{FNU}$ [V]	$U_{nivo}$ [V]	T [FNU]	H [cm]	V [l]	Q [l/s]	$C_{izl,ukupno}$ [FNU]	$C_{ulaza}$ [FNU]	$C_{rastvora}$ [FNU]
0	0.3968	1.0194	0.36	39.68	65.00	0.031	0.36		
5	0.3935	1.0194	-0.25	39.68	65.00		0.36		
10	0.4000	1.0194	0.97	39.68	65.00		0.36		
15	0.3968	1.0194	0.36	39.68	65.00		0.36		
20	0.4000	1.0161	0.97	39.48	64.69		0.36		
25	0.4000	1.0161	0.97	39.48	64.69		0.36		
30	0.3968	1.0129	0.36	39.27	64.37		0.36		
35	0.4000	1.0097	0.97	39.07	64.06		0.36		
40	0.3968	1.0065	0.36	38.86	63.75		0.36		
45	0.4000	1.0065	0.97	38.86	63.75		0.36		
50	0.3968	1.0032	0.36	38.66	63.44		0.36		
55	0.3968	1.0000	0.36	38.45	63.12		0.044	0.36	
60	0.4097	0.9968	2.81	38.25	62.81	0.36			
65	0.4032	0.9968	1.59	38.25	62.81	0.36			
70	0.4065	0.9935	2.20	38.04	62.50	0.36			
75	0.4065	0.9903	2.20	37.84	62.18	0.36			
80	0.4032	0.9871	1.59	37.63	61.87	0.36			
85	0.4065	0.9871	2.20	37.63	61.87	0.36			
90	0.4000	0.9839	0.97	37.43	61.56	0.36			
95	0.4000	0.9806	0.97	37.22	61.24	0.36			
100	0.3968	0.9806	0.36	37.22	61.24	0.36			0.360
105	0.4000	0.9774	0.97	37.02	60.93	0.050	0.36		0.360
110	0.4000	0.9742	0.97	36.81	60.62		0.36		0.360
115	0.3968	0.9710	0.36	36.61	60.30		0.36		0.360
120	0.4000	0.9677	0.97	36.40	59.99		0.36		0.360
125	0.3968	0.9677	0.36	36.40	59.99		0.36		0.360
130	0.3968	0.9645	0.36	36.20	59.68		0.36		0.368
135	0.3968	0.9613	0.36	36.00	59.37		0.37	87.09	0.451
140	0.3968	0.9581	0.36	35.79	59.05		0.44	21.20	1.029
145	0.4000	0.9581	0.97	35.79	59.05		0.77	10.69	3.644
150	0.3968	0.9548	0.36	35.59	58.74		1.77	9.72	11.677
155	0.4000	0.9516	0.97	35.38	58.43	0.044	3.95	11.07	29.048
160	0.4258	0.9516	5.87	35.38	58.43		7.36	13.13	56.355

t [s]	U <sub>FNU</sub> [V]	U <sub>nivo</sub> [V]	T [FNU]	H [cm]	V [l]	Q [l/s]	C <sub>izl,ukupno</sub> [FNU]	C <sub>ulaza</sub> [FNU]	C <sub>rastvora</sub> [FNU]
165	0.4581	0.9484	12.00	35.18	58.11		11.37	15.27	88.446
170	0.4742	0.9452	15.06	34.97	57.80		14.99	17.13	117.353
175	0.4806	0.9419	16.29	34.77	57.49		17.54	18.50	137.758
180	0.4871	0.9419	17.51	34.77	57.49		18.98	19.33	149.273
185	0.4935	0.9387	18.74	34.56	57.17		19.64	19.75	154.560
190	0.4968	0.9355	19.35	34.36	56.86		19.89	19.92	156.567
195	0.4968	0.9355	19.35	34.36	56.86		19.97	19.98	157.206
200	0.5000	0.9323	19.97	34.15	56.55		19.99	19.99	157.379
205	0.5032	0.9290	20.58	33.95	56.24	0.044	20.00	20.00	157.419
210	0.5032	0.9290	20.58	33.95	56.24		20.00	20.00	157.427
215	0.5000	0.9258	19.97	33.74	55.92		20.00	20.00	157.429
220	0.5000	0.9226	19.97	33.54	55.61		20.00	20.00	157.429
225	0.4968	0.9226	19.35	33.54	55.61		20.00	20.00	157.429
230	0.4968	0.9194	19.35	33.33	55.30		20.00	20.00	157.429
235	0.5000	0.9161	19.97	33.13	54.98		20.00	20.00	157.429
240	0.5000	0.9129	19.97	32.93	54.67		20.00	20.00	157.429
245	0.5000	0.9129	19.97	32.93	54.67		20.00	20.00	157.429
250	0.5065	0.9097	21.19	32.72	54.36		20.00	20.00	157.429
255	0.4968	0.9065	19.35	32.52	54.04	0.044	20.00	20.00	157.429
260	0.5032	0.9065	20.58	32.52	54.04		20.00	20.00	157.429
265	0.5065	0.9032	21.19	32.31	53.73		20.00	20.00	157.429
270	0.5000	0.9032	19.97	32.31	53.73		20.00	20.00	157.429
275	0.5065	0.8968	21.19	31.90	53.10		20.00	20.00	157.429
280	0.5000	0.8968	19.97	31.90	53.10		20.00	20.00	157.429
285	0.5032	0.8935	20.58	31.70	52.79		20.00	20.00	157.429
290	0.5000	0.8903	19.97	31.49	52.48		20.00	20.00	157.429
295	0.5032	0.8903	20.58	31.49	52.48		20.00	20.00	157.429
300	0.4968	0.8871	19.35	31.29	52.17		20.00	20.00	157.429
305	0.4935	0.8839	18.74	31.08	51.85	0.044	20.00	20.00	157.429
310	0.4968	0.8839	19.35	31.08	51.85		20.00	20.00	157.429
315	0.4935	0.8806	18.74	30.88	51.54		20.00	20.00	157.429
320	0.4968	0.8774	19.35	30.67	51.23		20.00	20.00	157.429
325	0.4968	0.8774	19.35	30.67	51.23		20.00	20.00	157.429
330	0.4935	0.8742	18.74	30.47	50.91		19.35	19.35	152.253
335	0.4935	0.8742	18.74	30.47	50.91		19.29	19.29	151.760
340	0.4903	0.8710	18.13	30.26	50.60		18.58	18.58	146.103
345	0.4903	0.8677	18.13	30.06	50.29		16.77	16.77	131.583
350	0.4774	0.8645	15.68	29.86	49.97		14.22	14.22	

t [s]	U <sub>FNU</sub> [V]	U <sub>nivo</sub> [V]	T [FNU]	H [cm]	V [l]	Q [l/s]	C <sub>izl,ukupno</sub> [FNU]	C <sub>ulaza</sub> [FNU]	C <sub>rastvora</sub> [FNU]
355	0.4548	0.8613	11.39	29.65	49.66	0.044	11.52	11.52	
360	0.4452	0.8613	9.55	29.65	49.66		9.05	9.05	
365	0.4290	0.8581	6.49	29.45	49.35		6.96	6.96	
370	0.4258	0.8581	5.87	29.45	49.35		5.29	5.29	
375	0.4161	0.8548	4.04	29.24	49.04		3.99	3.99	
380	0.4161	0.8516	4.04	29.04	48.72		3.01	3.01	
385	0.4097	0.8484	2.81	28.83	48.41		2.28	2.28	
390	0.4032	0.8484	1.59	28.83	48.41		1.75	1.75	
395	0.4065	0.8452	2.20	28.63	48.10		1.36	1.36	
400	0.4032	0.8419	1.59	28.42	47.78		1.07	1.07	
405	0.4032	0.8419	1.59	28.42	47.78		0.87	0.87	
410	0.4032	0.8387	1.59	28.22	47.47	0.72	0.72		
415	0.4000	0.8355	0.97	28.01	47.16	0.019	0.62	0.62	
420	0.4000	0.8355	0.97	28.01	47.16		0.54	0.54	
425	0.4000	0.8323	0.97	27.81	46.84		0.49	0.49	
430	0.4032	0.8290	1.59	27.60	46.53		0.45	0.45	
435	0.4000	0.8323	0.97	27.81	46.84		0.43	0.43	
440	0.4000	0.8323	0.97	27.81	46.84		0.41	0.41	
445	0.4000	0.8290	0.97	27.60	46.53		0.39	0.39	
450	0.4000	0.8323	0.97	27.81	46.84		0.38	0.38	
455	0.4000	0.8290	0.97	27.60	46.53		0.000	0.38	0.38
460	0.4000	0.8323	0.97	27.81	46.84	0.37		0.37	