

Факултет инжењерских наука

Универзитета у Крагујевцу

Душица Д. Николић

**Анализа квалитета воде и третман воде на
хидроакумулацији језера „Гружа“**

мастер рад

Крагујевац, 2014. године

**Факултет инжењерских наука
Универзитета у Крагујевцу**



Назив студијског програма: Машинско инжењерство

Ниво студија: Мастер академске студије

Модул: Енергетика и процесна техника

Предмет: Технологије и постројења за пречишћавање воде и ваздуха

Број индекса: 301/2012

Душица Д. Николић

**Анализа квалитета воде и третман воде на
хидроакумулацији језера „Гружа“
мастер рад**

Комисија за преглед и одбрану:

1. **Др Вања Шуштершич, ванр. проф. -ментор**

2. _____

3. _____

Датум одбране: _____

Оцена: _____

У оквиру овог мастер рада кандидат треба да опише методологију третмана воде за пиће, са посебним освртом на акумулацију „Гружа“, Крагујевац. Уједно, треба да опише систем хидроакумулације „Гружа“ са аспекта хидрографских и хидрогеолошких карактеристика. На брани акумулационог језера „Гружа“ врши се пречишћавање сирове воде и њеног транспорта до потрошача, па је у раду предвиђено да се на основу узорковања и анализе земљишта које окружује акумулационо језеро „Гружа“ изврши анализа квалитета акумулационог језера.

Препоручена литература:

- [1]Чомић Љ., Остојић А., Турчић С.: „Квалитет акватичних екосистема на територији града Крагујевца“, Фестивал Квалитета 2006
- [2]Ćurčić S., Čomić Lj.: „Microbiological index of water qualitz (mWQI) tested on the Gruza reservoir“, Arch. Biol. Sci., Belgrade, 54 (3-4), 75-78, 2002
- [3]Агенција за заштиту животне средине(<http://www.sepa.gov.rs/>)

Крагујевац, 20.02.2014.

ментор:

Др Вања Шуштершич, ванр. проф.

Резиме:

Формирањем акумулационог језера „Гружа“ поткрепљене су потребе становништва Крагујевца и околних насеља за пијаћом водом. На брани акумулационог језера „Гружа“ врши се пречишћавање сирове воде и њеног транспорта до потрошача. У раду је приказано на који начин се врши узорковање и анализа земљишта које окружује акумулационо језеро „Гружа“.

Кључне речи: језеро, пречишћавање воде, узорковање земљишта

Abstract:

The formation of the reservoir "Gruža" supported the needs of the citizens of Kragujevac and the surrounding villages for drinking water. At the dam reservoir lake "Gruža" is performed purification of raw water and its transport to the consumer. In this paper was also shown to perform sampling and analysis of land surrounding the reservoir.

Keywords: lake, water purification, soil sampling

Садржај

1. Увод.....	8
2. Опис система	11
3. Брана Гружа.....	13
3.1 Опис и конструкција бране	13
3.1.1 Прелив и бучница(за умирење воде).....	13
3.1.2 Испуст и затварачнице	14
3.1.3 Захват и затварачница захвата	14
3.1.4 Постројење за пречишћавање воде	15
3.1.5 Избор поступка за пречишћавање	15
3.1.6 Компоненте технолошког пречишћавања	15
3.1.7 Процес пречишћавања „сирове“ воде	15
3.2 Процес озонизације.....	16
3.3 Процес коагулације и флокулације	20
3.3.1 Средства за коагуацију	22
4. Апаратура за рад у лабораторији.....	23
4.1 Прибор, апаратура и основне технике	23
4.1.1 Боце за дестиловану воду	23
4.1.2 Мерни судови	24
4.1.3 Пипете, пипетирање.....	24
4.1.4 Бирете и титрисање.....	26
5. Температура.....	28
5.1 Мерење температуре термометром са подецима од 0, 1 степен.....	28
5.1.1 Апаратура	28
5.1.2 Поступак	28
5.1.3 Убележавање резултата	28
6. Мирис	29
6.1 Метода А: органолептички на собној температури (25°C) и температури и од 40°C.....	29
6.1.1 Принцип	29
6.1.2 Одређивање	29
6.1.3 Изражавање резултата	29
7. Укус	30
7.1 Метода А: органолептички на хладно (12°C) и на собној температури (25°C)	30
7.1.1 Принцип	30

7.1.2 Одређивање	30
8. Боја и мутноћа воде	31
8.1 Боја воде.....	31
8.1.1 Поступак за одређивање боје:.....	31
8.1.2 Упутство за рад:.....	32
8.2 Мутноћа воде.....	33
8.2.1 Поступак за одређивање мутноће.....	34
8.2.2 Инструментална техника- колометрија и спектрофотометрија.....	35
9. Проводљивост и рН- вредност воде.....	37
9.1 Проводљивост, К	37
9.2 рН вредност	38
9.2.1 Пуфери	39
9.2.2 Одређивање и мерење рН.....	39
9.2.3 Рад на рН метру.....	40
10. Органске материје.....	40
10.1 Анализе органских материја	41
10.2 Метода за одређивање укупних органских материја.....	42
11. Утрошак калијум-перманганата	42
11.1 Оцена квалитета воде на основу утрoшка калијум пергаманганата	43
12. Хемијска потрошња кисеоника (НРК).....	45
12.1 Опис методе.....	45
12.1.1 Одређивање НРК на спектрофотометру	46
13. Растворени кисеоник	46
13.1 Методе одређивања.....	48
14. Амонијак (NH_3)	49
14.1 Граничне вредности.....	49
14.1.1 Експериментални део	49
14.1.2 Одређивања амонијака на “НАСН” спектрофотометру	49
14.1.3 Одређивања нитрата на “НАСН” спектрофотометру.....	51
14.1.4 Одређивања нитрита на “НАСН” спектрофотометру	52
15. Гвожђе (Fe^{2+} , Fe^{3+}).....	52
15.1 Граничне вредности.....	52
15.2 Методе одређивања.....	53
15.2.1 Експериментални део	53
16. Садржај активног и резидуалног хлора у води	54
16.1 Дезинфекција.....	54

16.2 Хемијска дезинфекција.....	54
16.3 Хлор.....	54
16.3.1 Хлорисање до пробојне тачке.....	56
16.3.2 Хлорисање уз добијање слободног хлора.....	56
16.3.3 Хлорисање уз добијање везаног резидуалног хлора.....	56
16.4 Дехлорисање.....	57
16.4.1 Методе одређивања хлора на “НАСН” колориметру.....	57
17. Хлориди	59
17.1 Метода: Аргентометријско одређивање хлорида по МОРР-у	60
17.2 Спектрофотометријске методе	60
17.3 Спектрофотометри.....	61
17.4 Пречишћавање отпадних вода	64
18. Методе узорковања земљишта и резултати.....	65
18.1 Технике узорковања земљишта	66
18.1.1 Комплекти за узорковање земљишта цилиндрима	66
18.2 Поступак узорковања земљишта	68
18.2.1 Локалитет „Борићи“.....	69
18.2.2 Место „Жуње“	76
19. Закључак	83
20. Литература.....	84

1. Увод

Познато је да је вода један од основних услова за живот на нашој планети, јер је неопходна за одвијање свих виталних процеса у биосфери. Незаменљива је њена улога у размени материја у човековом организму, у одржавању личне и опште хигијене, у производњи намирница и у задовољењу бројних потреба у природи, пољопривреди и индустрији. Али се могу пренети не само тешке заразне болести, већ и опасне хемикалије, канцерогене, радиоактивне и друге материје. Стога је разумљиво што многе државе, па и међународна заједница, настоје да заштите воде, а пре свега воду за пиће, од било ког облика загађивања.

Загађивање воде за пиће и утврђивање степена њене загађености многобројним микробиолошким и физичким агенсима и разноврсним хемијским супстанцама (којих има све више и све више се употребљавају) постаје све већи здравствени и општедруштвени проблем. Наши прописи садрже 394 хигијенске норме, и 193 индикатора хигијенске исправности воде за пиће («Сл. Лист СФРЈ бр.33/87») не рачунајући 732 норме за исти број радионуклида који се могу наћи у води за пиће.

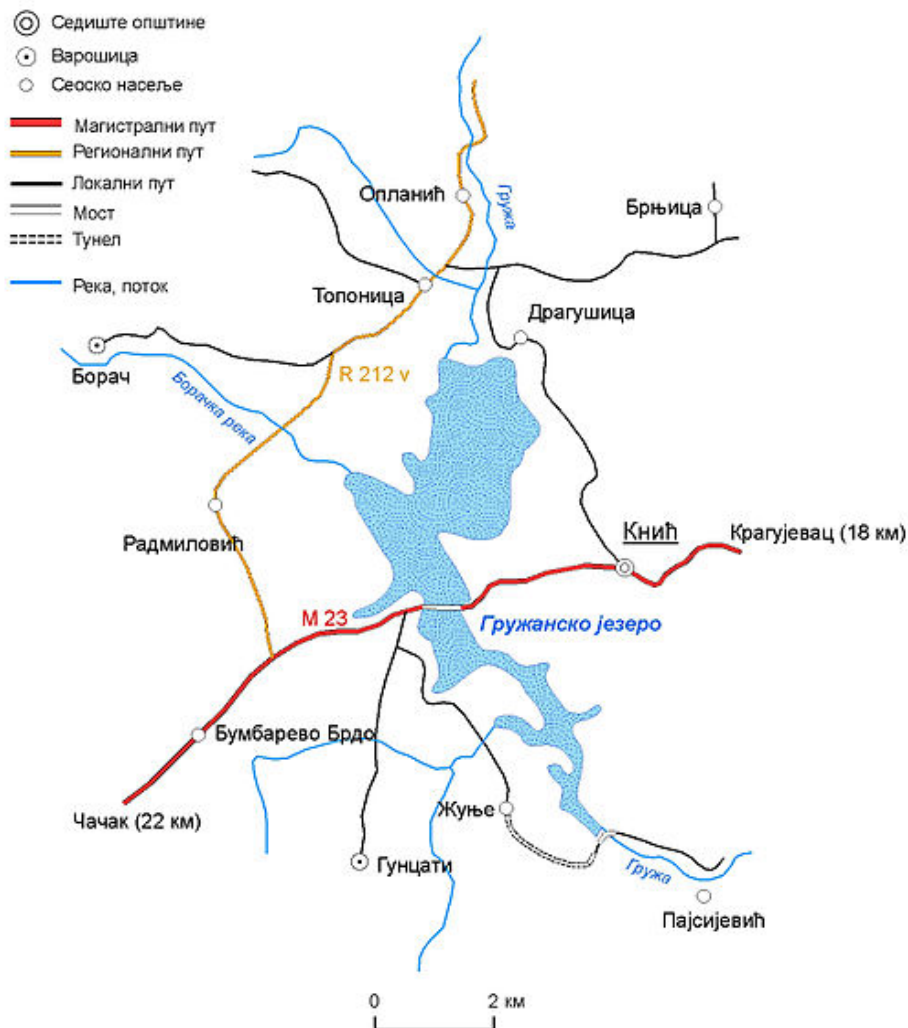
Да би се омогућила правилна контрола и једнообразност у испитивању вода у свим здравственим и другим лабораторијама и обезбедила упоредивост резултата, неопходно је, како уједначавање технике рада, примена истоветних метода и опреме, тако и јединствено тумачење добијених лабораторијских резултата засновано на утврђеним чињеницама.

Повећањем броја становништва града Крагујевца и околних села, појавила сепотреба за већом количином воде за пиће. Прво се почело са изградњом система на Грошничкој реци. Изградња постројења је почела 1931. године, а бетонирање бране је завршено 14. јуна 1936. године. Последњи радови на Водојажи у Грошници и осталим објектима су обављени 1937. године. Радови на затварању и пуњењу језера су завршени 07. априла 1937. године, а остали радови су завршени 29. новембра 1937. године. Након тога је отпочело пуњење акумулације Грошница до краја пролећа 1938. године. Вода из Грошничке Водојаже потекла је за потребе града 01. априла 1938. године[1].

Све до 1950. године водоводни систем у Грошници је снабдевао град довољним количинама воде, а од тог периода су почеле несташнице воде које су временом постајале све интензивније услед наглог развоја индустрије и великог прилива становништва. Током 1957. године је одлучено да се повећа висина постојеће бране. Радови на надвишењу су почели 04. фебруара 1960. године, а завршени су средином 1962. године. Још у току изградње уочено је да повећана акумулација са надвишеном браном неће моћи да обезбеди потребну количину воде.

Због тога је донета одлука о изградњи привремене акумулације на Дуленској реци која је подигнута током 1964. године и одакле је вода пребацивана у акумулацију Грошница. Током седамдесетих година, у циљу побољшања снабдевања Крагујевца водом, завршена је изградња и пуштање у рад друге фазе Моравског водоводног система. Међутим, ни то није било довољно да задовољи нарасле потребе становништва и индустрије за водом, тако да је 1974. урађена студија којом се предвиђа изградња бране на реци Груза узводно од села Пајсијевић, на профилу “Туцачки напер”. Са изградњом бране се отпочело 1979. године, а акумулација је дефинитивно формирана 1985. године. Уместо реке Груза изградњом бране настало је акумулационо језеро Груза чија се вода пречишћава и користи као вода за пиће и остале потребе становништва.

Легенда



Слика 1.- Акумулационо језеро Гружа са околним насељима и притокама [2]

Изградњом бране (1979—1981), преграђена је једна од од најдужих и водом најбогатијих река Шумадије-Гружа. Након изградње бетонско-лучне бране код места Пајсијевићи у општини Књић, формирана је вишенаменска акумулација Гружа је чије је пуњење окончано 1983.године. Примарна намена акумулације је водоснабдевање Крагујевца, Краљева и околних села. Данас се водом са ове акумулације снабдева више од 300.000 грађана. Формирање акумулације је захтевало изградњу нове инфраструктуре, па је за потребе одржавања несметаног саобраћаја изграђен мост на магистралном правцу М-23 (Крагујевац - Чачак)[3].

Гружанско језеро има запремину од 64,5 милиона m^3 . Обим језера је око 42 km, а ширина је од 300 до 2.800 m. Дужине је око 10 km, површине око 900 ha. Потапањем је формирано више ртова и увала чиме је створена добро разуђена обала. Обала је релативно ниска, приступачна је и обрасла ливадама, шумарцима и ниским листопадним жбуњем. На књићанској страни издвајају се местимично каменити одсеци и нешто више обале које су мање приступачне. У северном делу језеро је ширине од 1,000-2,000 метара, док се у јужном делу (према брани) језеро сужава на ширину од 100-500 метара. При максималном водостају обалска линија је дугачка 42 километара,

док се током режима ниског водостаја (углавном у летњим месецима) она скрати за максимално три километра. Просечна дубина језера при максималном водостају је 6,5 метара, док максимална дубина износи 35 метара. Највећи део акумулиране воде (преко 80%) је у границама дубине до 10 m, што указује на релативну „плиткост“ акумулације.

Језеро нема велики број притока, једина притока са сталним током је река Груза. Поред реке Грузе, мање притоке су: Борачка река, потоци Туревац и Пањевац који током жарких летњих месеци пресушују. Управо због таквог водног биланса, као и велике потрошње у комбинацији са приливом отпадних вода из 22 околна насеља, процес еутрофикације је убрзан. Лед ретко прекрива језеро у потпуности, осим током изузетно јаким зима када може потрајати и до месец дана.

Од рибе у грузанском језеру живе шаран, штука, сом, бабушка, беовица, бандар, језерска пастрмка итд. Захваљујући својој близини Книћу и Крагујевцу, као и својој пространости, на Грузанском језеру су честа такмичења риболоваца.

Језеро има веома важну улогу током сеобе страних и завичајних популација птица. Језеро је уједно и зимовалиште за неке врсте патака и гусака, јер се налази на претпостављеном моравско-вардарском миграторном путу. Забележено је 78 врста птица, од којих је за 25 утврђено да се гнезде на подручју језера. Највећи број врста је забележен у зони јаког антропогеног утицаја[4].



Слика 2.- Поглед са бране на акумулационо језеро Груза

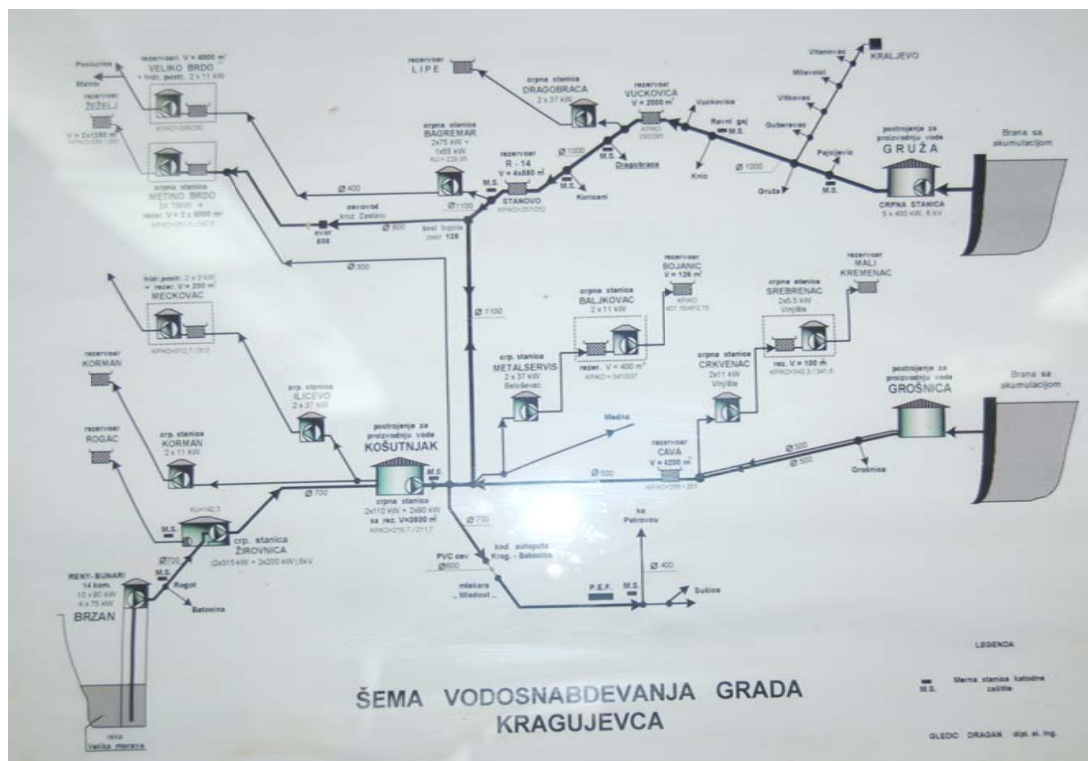
Систем водоснабдевања „Груза“ се састоји од изворишта, постројења за пречишћавање и дистрибуционог ценовода и других објеката за дистрибуцију.

2.Опис система

Снабдевање Крагујевца водом из система „Гружа“ решава се на тај начин што је изграђена брана узводно од села Пајсијевић на реци Гружи, на профилу „Туцачки напер“. Основна намена ове акумулације је водоснабдевање. Поред основне намене акумулација има задатак да заштити низводно подручје од поплава, да задржи нанос и да побољша протицање Груже у периоду малих вода[5].

Из акумулације „Гружа“ вода се гравитацијом доводи на постројење за пречишћавање воде. Постојење је лоцирано са леве стране Груже на око 2 km узводно од насеља Пајсијевић, односно око 300 m низводно од бране „Гружа“.

Након пречишћавања вода се пумпама потискује до Крагујевца цевоводом чија је укупна дужина 22.703 km. На делу превоја „Вучковица“ цевовод пролази кроз тунел. На крају цевовода је резервоар Р-14 укупне запремине 34.000 m³. У подручју превоја Вучковица налази се други резервоар запремине 2x1.000 m³. Резервоар Р-14 представља основни резервоарски простор за снабдевање града Крагујевца водом. Резервоар „Вучковица“ има задатак да снабдева сва насеља од Пајсијевића до Корићана и да спречи пражњење цевовода у периоду када пумпе нису у погону.



Слика 3. – Шема водоснабдевања града Крагујевца

Акумулација „Гружа“ има следеће карактеристике:

- Укупна запремина акумулације је $64,6 \times 10^6 \text{ m}^3$, што одговара коти максималног нивоа од 270 mm;
- Запремина „мртвог“ простора $8,5 \times 10^6 \text{ m}^3$, што одговара коти минималног радног нивоа од 258 mm;

- Запремина корисног простора за изравњавање вода за потребе система за водоснабдевање је $48,4 \times 10^6 \text{ m}^3$. Овај користан простор се налази између кота минималних $RN=285 \text{ m.n.m.}$ и $NRN=269,25 \text{ m.n.m.}$;
- Резервисан простор за одбрану од поплава износи $7,7 \times 10^6 \text{ m}^3$. Налази се између кота $269,25 \text{ m.n.m.}$ и 270 m.n.m.

Изградњом акумулације „Туцачки напер“ постиже се следеће:

- Гарантује се испорука воде за систем за водоснабдевање од $Q_{\text{gar}} = 816 \text{ l/s}$, са теоријском обезбеђеношћу од 99,9%;
- Из акумулације се непрекидно испушта гарантовано минимални проток од 200 l/s што се позитивно одражава на режим минималне воде;

Ублажавање таласа великих вода:

- Талас великих вода вероватноће $p=2\%$ потпуно се трансформише, тако да му се максимални проток смањује са $180 \text{ m}^3/\text{s}$ на свега $23,4 \text{ m}^3/\text{s}$. Ова трансформација се остварује уз претпоставку да од четири доња испуста у процесу трансформације ради само један капацитета око $23,3 \text{ m}^3/\text{s}$;
- Талас великих вода вероватноће $p=1\%$ такође се потпуно трансформише у резервном простору, тако да се Q_{max} смањује се $211 \text{ m}^3/\text{s}$ на свега око $47 \text{ m}^3/\text{s}$.

У акумулацији се годишње, у просечним хидролошким условима задржава око $150,000 \text{ m}^3$ наноса.

3. Брана Гужа

3.1 Опис и конструкција бране

Грађевинска висина лучне бране износи 51,50 m, а тетива у круни је 207,89 m. Однос тетиве у круни и висине бране је 4,04. Дужина куполе у круни је 230,30 m. Лучна брана се у горњим деловима контуре на обема падинама ослања на стену преко опораца. Укупна дужина бране у круни заједно са опорцима је 288,05 m. У хоризонталним пресецима (луковима) дебљина куполе расте од темена ка ослонцима.

Дно конзоле обликовано је у стопу. У близини контуре бране и на узводној страни налази се галерија пречника 2,20 m која служи за ињектирање, комуникацију и за смештај неких инструмената за осматрање.



Слика 4.- Брана на акумулационом језеру Гужа

3.1.1 Прелив и бучница(за умирење воде)

Круна прелива се налази на коти 270 m.n.m. Нормални успор је 269,20 а простор између ове две коте садржи 8 милиона m³ колико износи запремина таласа 50-годишње воде, чиме се задовољава један од водопривредних услова.

За димензионисање прелива узет је талас највеће вредности воде за цео слив бране. Рачунат је талас највеће вредности воде за цео слив бране. Рачунат је талас са врхом од 1800 m³/s и базом од приближно 48 сати.

Усвојена је дужина прелива од нето 97,00 m. Са овом дужином прелива висина преливног млаза износиће 3,19 m.

Усвајањем дужине прелива од 97,00 m преливни млаз је раширен на врло велику дужину и добијена је висина преливног млаза која даје кинетичку енергију која

оптерећује бучницу до оне мере до које бучница може да апсорбује ову енергију без израде заштитне плоче и друге конструкције за дисипацију кинетичке енергије воде која прелива.

Прелив има облик Сгеагег-ове криве. Оваздушење простора испод млаза обезбеђено је превисом куполе бране и стубовима моста прелива који расецају преливни млаз на сваких 7,13 m. Преливни млаз довољно је одбачен.

3.1.2 Испуст и затварачнице

На брани су постављена 4 испуста Ø1300 mm. Сва четири испуста имају осовину на коти 245,000. Њихов капацитет износи износи 94,0 m³/s при горњој води на коти 269,20-270,00. Поред 4 испуста Ø1300 постоји и један испуст Ø200 mm за испуштање гарантованог протока који износи 0,200 m³/s.

По два испуста се налазе са сваке стране прелива. Они су симетрично постављени у односу на осовину бране. На улазу у испусте постављена је груба решетка. Сваки испуст има по два затварача, први помоћни и други главни, који је регулациони.

Затварачи се налазе у затварачници у којој се налазе сервомотори, агрегати кранови и остали прибор за рад затварача.

3.1.3 Захват и затварачница захвата

Вода из акумулације захвата се са три нивоа, први на коти 265,00, други- средњи на коти 257,50, а трећи- најнижи на коти 250,00. Улаз у захват представља елипсоидни левак који почиње са фином решетком која има превис због мањег задржавања пловећих предмета на њој. Брзина воде на решетки је 0,5 m/s, а ослобођење предмета који би се евентуално на њој задржали врши се изазивањем водног удара наглим затварањем протицаја.



Слика 5.- Цеви захвата који се налазе на различитим дубинама

Од захватних левкова до затварачнице, воде цеви Ø1.000 и Ø600. Свака од ових цеви у затварачници има два затварача: први помоћни и други главни затварач. Непосредно низводно од затварача све три цеви са захвата спајају се у једној цеви Ø1.200 mm којом се вода води до постројења за пречишћавање.

На левој обали у близини круне бране налази се зграда за централу, осматрање и команде за хидромеханичку опрему смештаја у затварачницама испуста и водозахвата.

3.1.4 Постојење за пречишћавање воде

Сирова вода захваћена у акумулацији „Гружа“ пречишћава се у постројењу које јелоцирано низводно од бране на удаљености око 300 m.

Постројење за пречишћавање воде је пројектовано на капацитет од 1.200 l/s што одговара максималној дневној потрошњи и за 1.500 l/s за потрошњу у изузетним приликама.

3.1.5 Избор поступка за пречишћавање

Вода на реци Гружа је речна односно језерска вода, која се често мути и загађује.

Мутноћа у извесним приликама може бити знатна, тј. преко мере која одговара непосредним довођењу на филтере. Ово може потицати од појаве мутних струја у акумулационом језеру при поводњима, као и од знатнијег развијања планктона у повољним периодима године. Због тога процес пречишћавања обухвата:

- Озонизацију,
- Таложење уз претходну коагулацију,
- Филтровање,
- Дезинфекацију хлором и
- Флуорисање.

Пре уласка воде у постројење за пречишћавање налазе се уређаји за мерење и регулисање дотока воде на постројење.

3.1.6 Компоненте технолошког пречишћавања

Постројење се у основи састоји из комбинованог објекта коагулатор- таложница и из брзих гравитационих пешчаних филтера.

Сировој води треба додавати:

- Хлор за претходно хлорисање у циљу борбе против планктонских организама и ради потпунијег уклањања бактерија;
- Алуминијум сулфат ради коагулације колоидних примеса у води и планктонских организама;
- Алуминијум сулфат ради подешавања најповољније вредности рН за коагулацију.

3.1.7 Процес пречишћавања „сирове“ воде

Пре почетка процеса пречишћавања „сирове“ воде врше се анализе којима се одређује из којег захвата се прерађује вода. Као што је већ поменуто постоје три захвата на различитим дубинама. Након што се одреди из којег захвата је најпогоднија вода почиње се са процесом пречишћавања воде.

Пречишћавање пролази кроз неколико фаза:

- Озонизација,

- Додавање алуминијум сулфата и бакар- сулфата и затим процес у коагулације,
- Додавање калијум- пергаманата.

Дозирање зависи од периода године.

3.2 Процес озонизације

Озон је нестабилан гас који настаје када се молекули кисеоника разлажу до атомског кисеоника. Производи се поступком електролизе, фотохемијским реакцијама или радиохемијским реакцијама, као и електричним пражњењем. Оно што је свима препознатљиво је његово настајање дејством ултраљубичасте светлости и муња током олујних грмљавина.

Метод електричног пражњења се најчешће користи за производњу озона при употреби за дезинфекцију воде и отпадних вода.

Озон је гас плаве боје на нормалној, собној температури, карактеристичног мириса. Може се детектовати у опсегу концентрација од $2 \cdot 10^{-5}$ до $1 \cdot 10^{-4}$ g/m³ односно од 0, 01 до 0, 05 ppm (запреминских ppm). Његов веома карактеристичан мирис нам омогућава да га обично можемо детектовати испод концентрација које би могле бити штетне по здравље људи. Стабилност озона у ваздуху је већа него у води, али у оба случаја је време распадања реда величине минута. Гасовити озон је експлозиван када концентрација достигне вредност од око 240 g/m³ (приближно 20% тежинских, у ваздуху). Особине озона су дате у Табели 1. Растворљивост озона у води је одређена Хенријевим законом. Карактеристичне вредности Хенријевих константи су дате у Табели 1[6].

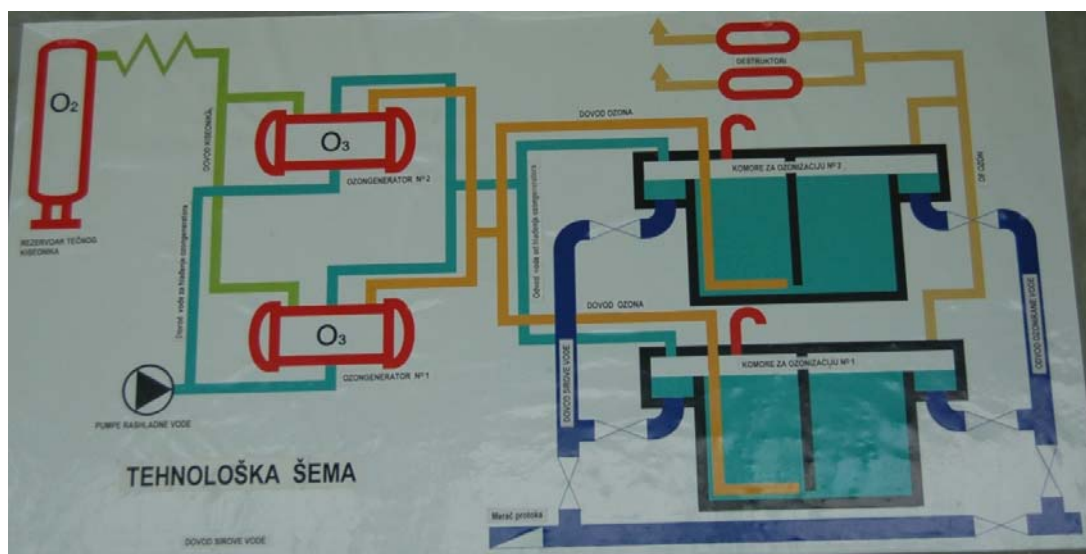
Особина	Јединица	Вредност
Моларна маса	g	48,0
Тачка кључања	°C	-111.9 ± 0.3
Тачка топљења	°C	-192.5 ± 0.4
Латентна топлота испаравања на 111,9 °C	kJ/kg	14.90
Густина у течном стању на – 183 °C	kg/m ³	1574
Густина у самој фази на 0 °C и 1 atm	g/ml	2.154
Растворљивост у води на 20.0 °C	mg/l	12.07
Притисак паре на – 183 °C	kPa	11.0
Густина паре у односу на сув ваздух на 0 °C и 1 atm	/	1.666
Специфична запремина паре на 0 °C и 1 atm	m ³ /kg	0.464
Критична температура	°C	-12.1
Критичан притисак	kPa	5532.3
* Делимично прерађено од Rice (1996), U.S. EPA (1986); While (1991)		

Табела 1.- Особине озона

Температура °C	Хенријева константа atm/mol
0	1940
5	2180
10	2480
15	2880
20	3760
25	4570
30	5980

Табела 2.-Вредности Хенријеве константе за озон

Концентрација озона произведеног било из ваздуха или чистог кисеоника је тако ниска, па је ефикасност преноса до течне фазе веома важна при економским разматрањима исплативости коришћења озона. Из овог разлога, најчешће се користе затворене, релативно дубоке коморе за контакт озона и воде. Озон се доводи у контакт са водом у неколико редно повезаних затворених комора за контакт. У прву комору се уводи на дну, помоћу порозних дифузера или посебних ињектора. Брзо реаговање озона са једињењима одиграва се у првој комори. Мешавина вода-озон затим улази у другу комору, где се одигравају спорije реакције. Дезинфекција се генерално одиграва у другој комори. Трећа комора служи за комплетирање спорих реакција и да омогући разлагање озона. Специјално дизајнирани уградни статички мешачи су такође усавршени за побољшање растварање озона у води. Правилно конструисан дифузерски систем треба нормално да обезбеди растварање од око 90% унете количине озона у воду.



Слика 6.-Технолошка шема озонизације

Веома је важно знати да је озон екстремно иритирајући и отрован гас, па се комплетна гасна струја из коморе за контакт озон-вода, мора посебно третирати, како би се разложио сав заостали озон. Производ који се добија разлагањем заосталог озона је чист кисеоник, који се може рециклирати на улазу у генератор за производњу озона. Начин увођења озона, конструкционе карактеристике реактора, као и флуидно-

механички параметри у систему зависе од инвентивности пројектаната у конкретним случајевима.

За деструкцију озона у струји излазног гаса најчешће се примењују:

- термичка,
- термокаталитичка,
- каталитичка
- и хемијска деструкција.

Систем за деструкцију озона у излазном гасу изузетно је важан део озонизационог система, пре свега због физичке немогућности да се спречи појава озона у излазном гасу из контактора. Чак и са најефикаснијим моделом озонизационог контактора, концентрација озона у излазном гасу прелази прихватљив ниво.

Постројење које се користе за озонизацију при обради воде у акумулационом језеру „Гружа“ дато је на сликама 7, 8, 9, 10 и 11.



Слика 7.- Станица за течни кисеоник

Из ове станице кисеоник се цевима доводи до постројења за озонизацију и користи за процес озонизације.



Слика 8.- Довод сирове воде у постројење за озонизацију



Слика 9. – Постојење за озонизацију



Слика 10.- Деструктор озона



Слика 11.- Излаз воде након озонизације

Након озонизације вода се доводи до коагулатора 1 и 2 где се наставља третман воде за пиће.

3.3 Процес коагулације и флокулације

Коагулација и флокулација су поступци бистрења воде хемијским путем. Њихов задатак је, да се из воде пре свега елиминишу колоидне честице, од којих понајчешће потичу боја и мутноћа воде. Ова онечишћења се веома тешко сама од себе таложе па се због тога не могу лако и брзо уклонити механичким путем. Колоидни системи су доста стабилни, због тога што дисперговане честице поседују истоимено наелектрисање, односно међу њима владају одбојне силе, што утиче на брзину њиховог таложења. Супстанце које чине мутноћу воде, тј. суспендоване честице и колоидно растворена једињења су у води на рН око 7 најчешће наелектрисане негативно. Уколико се у воду унесу супстанце са супротно наелектрисаним центрима, које на себе електростатички привлаче негативно наелектрисане честице из воде, настају крупне пахуљице, које се могу исталожити знатно већом брзином него првобитно присутне супстанце у води. Под појмом коагулација се обично подразумева сама неутрализација наелектрисања електростатичким привлачењем супротно наелектрисаних честица које изазива њихово укрупњавање.



Слика 12.- Коагулатор 1



Слика 13.- Коагулатор 1 са подеоцима у којима је долази до одвајања честица



Слика 14.- Коагулатор 1 са средишњим делом у којем долази до мешања алуминијум сулфата

Задатак поступка коагулације је да стабилне колоидне системе дестабилизује додатком позитивно наелектрисаних коагуланата. Појам флокулације подразумева контакт макромолекула флокулационог средства са већим бројем честица, односно везивање појединачних честица, за више супротно наелектрисаних места флокулационог средства, при чему се јавља тзв. молекулско премошћавање. Флокулација је процес окупљањ акоагулисаних честица да би се створиле веће накупине или флокуле. Оштре границе између ове две појаве нема, јер и саме коагулисане честице могу даље да делују флокулационо.



Слика 15.- Опрема за дозирање флокулата

3.3.1 Средства за коагуацију

Улога коагуланта је као прво, да неутралише негативно наелектрисане честице, а потом да их на себе апсорбује стварајући тако услове за њихово брже таложење. При процесу коагулације уводу се додају коагуланти који у води хидролизују и повезују ситне честице колоида стварајући пахуљаст талог подесан за таложење и филтрирање. Као средство за коагулацију се користи алуминијум-сулфат.



Слика 16.- Шахт за дозирање алуминијум- сулфата

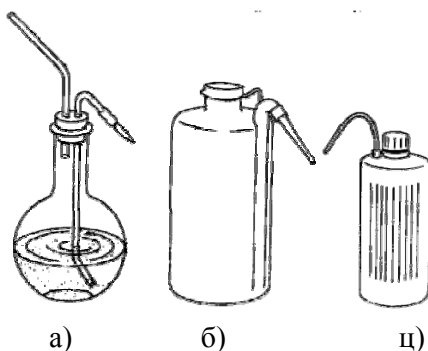
4. Апаратура за рад у лабораторији

4.1 Прибор, апаратура и основне технике

Свака хемијска лабораторија је опремљена карактеристичним прибором и апаратима по којима се препознаје и без којих се основне функције лабораторије не могу испунити. Хемијска лабораторија за испитивање квалитета воде може се препознати по специфичном прибору који ће овде бити укратко описани.

4.1.1 Боце за дестиловану воду

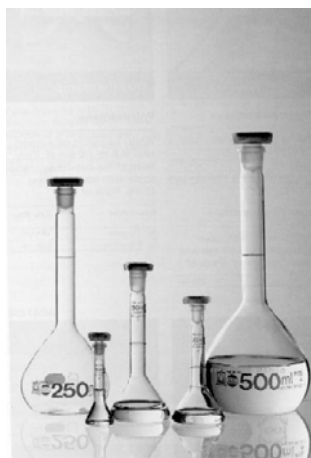
Основни типови боца за дестиловану воду су приказани на слици 17. Врло погодан облик има стаклена тзв. шприц боца (а) која кроз гумени чеп има провучене две стаклене цевчице од којих краћа представља дубалку, а друга, дужа, представља излазну цевчицу за дозирање дестиловане воде. Друга два типа (б и ц) су пластичне боце које омогућавају дозирање дестиловане воде притискањем зидова боца. Стаклена боца има предност јер омогућава загревање дестиловане воде у боци без преручивања у други суд[7].



Слика 17.- Боце за дестиловану воду

4.1.2 Мерни судови

Типични мерни судови приказани су на слици 18. То су стаклени балони танких зидова, равног дна и дугачког узаног врата на коме је видљиво угравирана мерна црта до које треба напунити балон да би се добила калибрисана запремина.



Слика 18.- Мерни судови

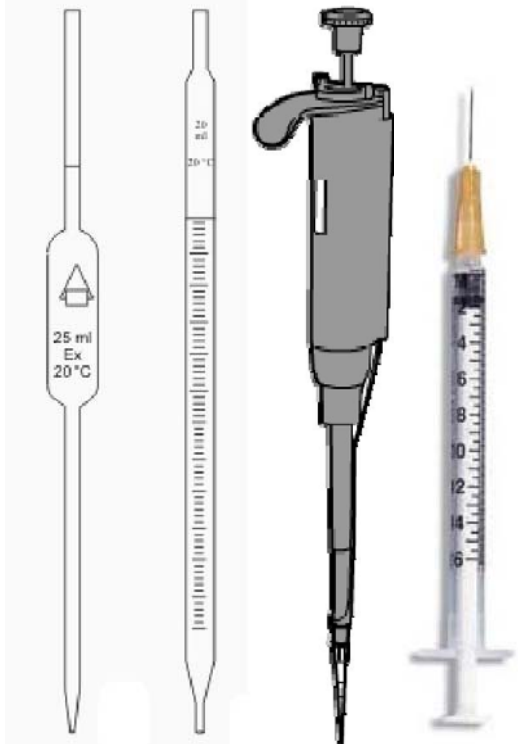
Мерни судови служе за припремање раствора тачно одређене запремине. Мерним судовима не мери се запремина раствора који се даље преноси у друге судове. Делови запремине из мерног суда мере се и преносе пипетама. Мерни судови су најчешће калибрисани на температури од 20 °С. Обично се затварају стакленим, брушеним запушачима. Тачност мерења запремине мерним судовима је назначена или на мерним судовима или у документацији произвођача.

4.1.3 Пипете, пипетирање

Уобичајени типови пипета су приказани на слици 19. Основни типови пипета које се користе у хемијској (квантитативној) анализи су: а) обичне, преносне пипете и б) градиране пипете. Преносне пипете служе за одмеравање само једне, одређене запремине, а градиране служе за одмеравање различитих запремина. Понекад се користе микропипете (ц) и микро-шприцеви (д). Обична пипета је узана стаклена цев са цилиндричним проширењем на средини. Њен доњи крај извучен је у капилару. На

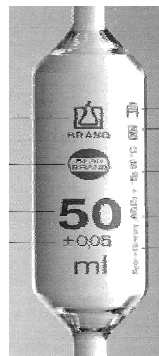
горњем уском делу налази се кружно угравирана мерна црта која показује докле се пипета мора напунити течношћу да би се одмерила одређена запремина. Калибрисана запремина је означена на проширеном делу пипете.

На слици 20 приказана је преносна пипета од 50,00 ml ($\pm 0,005$) са основним карактеристикама које даје произвођач.



Слика 19.- Основни типови пипета

- а) обична пипета
- б) градирана
- ц) микропипета
- д) микро-шприц



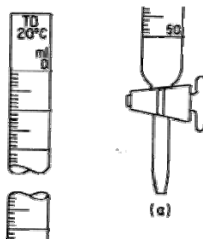
Слика 20.- Преносна пипета

Преносне пипете имају запремине, од 1,00 до 100,0 ml. Градиране пипете су равне цилиндричне стаклене цеви, градуисане на целе ml, а сваки ml је додатно градиран зависно од укупне запремине на 0,5; 0,2 или 0,10 ml. Пипете служе за испуштање запремине течности, те је њихово градирање извршено одозго према доле, тако да се нулти подеок налази на врху. Као и код обичних пипета, доњи крај градираних пипета извучен је у капилару. Калибрисање је извршено на одређеној температури, обично на 20 °C. Калибрисане пипете користе се за дозирање запремина реагенса. Узимање, односно одмеравање одређене запремине течности помоћу пипете назива се пипетирање. Ако пре пипетирања пипета није била сува, треба је испрати са мало раствора који ће се одмеравати. Гуменом пропипетом раствор се пажљиво усисава у пипету све док ниво течности не буде изнад мерне црте. Држећи пипету вертикално, тако да мерна црта буде у висини очију, смањи се притисак пропипете на отвор тако да раствор може, кап по кап, да отиче из пипете. Кад ниво, тачније, доњи део течности дође тачно на мерну црту, отицање раствора се заустави. Раствор се излије из пипете тако да се доњи капиларни крај пипете наслони на унутрашњи зид суда у који треба

раствор пренети, притисак кажипрста се смањи и пусти да раствор лагано истече из пипете. У капилари обично остане кап-две раствора, али се он не сме издувати. Запремина раствора која је на тај начин пренета пипетом управо је једнака калибрисаној запремини, означеној на самој пипети. Оно мало течности преостале у капилари не улази у номиналну запремину, јер је приликом калибрисања пипете ова чињеница узета у обзир.

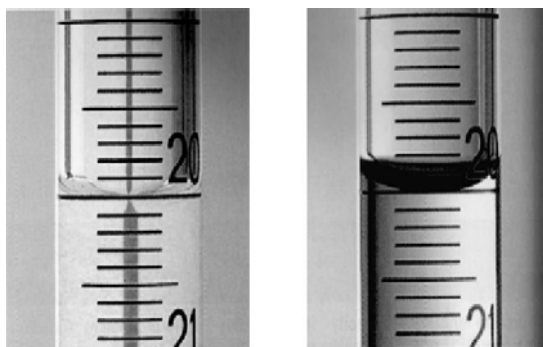
4.1.4 Бирете и титрисање

Типичан облик бирете која се користи у волуметријској анализи приказан је на слици 21. Бирете су цилиндричне стаклене цеви једнаког унутрашњег промера градуисане на целе ml (cm^3) и мање делове. Бирета има разних величина. Бирете које се највише користе у лабораторији обично имају запремину од 50,00 ml. Бирета служи за испуштање течности, одозго према доле, тако да први горњи подеок има ознаку 0,00 (нула), док онај на доњем крају означава $50,00 \pm (0,05)$ ml или неку другу.



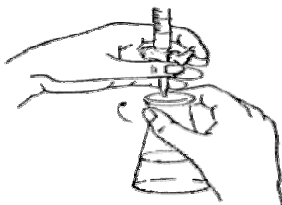
Слика 21.- Типичан облик бирете

Доњи крај бирете има брушену стаклену славину која се завршава капиларом. За растворе супстанци на које делује светлост (на пример AgNO_3), употребљавају се бирете од жутог, односно мрког стакла. Бирета се намешта помоћу нарочите штисаљке на метални или дрвени статив. Пре употребе бирету треба наместити на статив у строго вертикалном положају, јер при косом положају бирете, читање нивоа, а с тим и одмеравање запремине раствора, не може бити тачно. Бирета, као и сви остали судови, морају бити сасвим чисти. Међутим, чиста бирета не мора бити и сува, већ је пре употребе треба неколико пута испрати са 10 -20 ml раствора којим се пуни. Тиме се уклања вода са влажних зидова бирете. Пуњење бирете се врши кроз мали стаклени левак. При пуњењу сипа се толико раствора да његов ниво буде нешто изнад нултог подеока бирете, а затим се отварањем славине раствор пажљиво испушта, кап по кап, док доњи ниво течности не дође управо на нулти подеок. Пре дотеривања нивоа течности, левак треба скинути са бирете. Врло је важно да у славини или у капилари не остану мехурићи ваздуха. Ако их ипак има, треба их уклонити, јер за време титрисања ваздух узрокује погрешно одмеравање укупне запремине раствора из бирете, а као последица тога биће погрешан и резултат. У лабораторији се обично употребљавају бирете по Шелбаху (Schelbach).



Слика 22.- Очитавање тачне запремине на бирети

Шелбахова бирета има на читавој дужини позадине широку млечно белу траку, у средини које пролази узана плава трака. Кад се посматра мениск, узана плава трака услед преламања светла чини две линије које су окренуте једна према другој и дотичу се својим врховима (слика 22). На овој бирети чита се онај подеок који пролази између та два конуса. При очитавању бирете, као и у случају очитавања пипете и мерног суда ниво течности треба да буде у висини очију. На обичној бирети, од 50,00 ml, тачно се читају цели ml и њихови десети делови, док се стоти делови читају приближно, проценом, делећи десете делове на половину. На тај начин се бирета чита са тачношћу од $\pm 0,05$ ml. После одмеравања раствора, раствор се не сме оставити у бирети, већ га треба испустити, а бирету треба опрати неколико пута дестилованом водом. Опрану бирету треба одозго поклопити одговарајућом епруветом да се не запрља прашином и другом нечистоћом. Бирете се највише користе у волуметрији. Волуметрија се заснива на основној техници-титрацији. Титрација је операција додавања стандардног раствора у испитивани узорак до завршне тачке која се одређује на основу одговарајућег индикатора (слика 23). Да би се титрацијом добио поуздан резултат неопходно је усвојити неколико основних правила. Испитивани раствор се налази у ерленмајеру. Испод ерленмајера се ставља бела подлога (хартија) да би се лакше уочио прелаз боје индикатора у завршној фази титрације (ако се врши визуелна детекција завршне тачке). Током титрације течност треба мешати кружним кретањем дна ерленмајера и при томе пазити да врх славине не додирује ерленмајер. Мешање се може вршити и мешалицом са магнетим језгром превученим тefлоном. Прва титрација служи увек само за оријентацију. За утврђивање тачног утрошка запремине стандардног раствора ураде се најмање две упоредне пробе и узме средња вредност и то само у случају ако разлике нису веће од $\pm 0,10$ ml. Ако су разлике утрошених запремина веће, уради се још једна проба, с тим да се најмање две сложе у границама грешке.



Слика 23.- Уобичајена техника при волуметријским испитивањима – титрација

У наредном делу овог рада биће приказани основни параметри који се мере приликом контроле квалитета воде за пиће, као и методе, апаратура и реагенси које се користе за њихову проверу.

5. Температура

5.1 Мерење температуре термометром са подеоцима од 0, 1 степен

Мерења температуре су потребна у студијама о самопречишћавању река и при контроли уређаја за пречишћавање отпадних вода. Температура воде је важна за живот риба. Температура се мери на различитим дубинама. Подаци о температури воде су потребни при поступцима за хлађења у процесима у индустрији, као и за израчунавање концентрације раствораног кисеоника и одређивањима ацидобазне равнотеже (угљен-диоксид-карбонат равнотежа). Идентификација извора воде, као што су дубоки бунари, често је могућа само мерењем температуре. Температура воде утиче на укус воде. Она је такође, значајна за купање и наводњавање у пољопривреди[8].

5.1.1 Апаратура

- **Термометар** који брзо реагује на подеоцима од 0,1 °C, угравираним према прецизном термометру. (Уколико није потребна велика прецизност, може се користити и термометар с подеоцима од 0,5 °C)
- **Термистор** за дубинска мерења температуре

5.1.2 Поступак

Мерење се врши тако да се термометар стави директно у воду, а температура читава након временског периода који обезбеђује константне вредности. У исто време се мери температура ваздуха у близини места мерења али ван домашаја било којег топлотног извора или директног сунчевог зрачења, и то најмање један метар изнад површине, коришћењем истог термометра који мора бити сув. Стога је погодније да се прво мери температура ваздуха, а затим температура воде.

Ако се температура воде не може измерити директно, онда се мери у боци са узорком воде. Запремина боце мора бити најмање један литар, а температура боце, пре мерења, мора одговарати температури узорка воде. Боца не сме бити изложена топлотном или директном сунчевом зрачењу.

Температура воде из славине треба да се мери у боци кроз коју протиче вода све док се не постигне константно читање.

Дубинска температура се може мерити термистором. Термистор је погоднији и прецизнији. (Ако немамо овај инструмент може се користити минимални-максимални термометар).

5.1.3 Убележавање резултата

Убележити температуру најближег подеока од 0,1 °C. (Ако се не захтева велика прецизност, убележавање се врши на најближем подеоку од 0,5 °C).

6. Мирис

6.1 Метода А: органолептички на собној температури (25°C) и температури и од 40°C

6.1.1 Принцип

Мирис у води се одређује органолептички на собној температури и на 40°C. Интезитет мириса расте с порастом температуре, па се на вишим температурама лакше константује.

Мирис се изражава описно, према неком сличном и познатом материјалу, а интезитет мириса се бодује поенима.

6.1.2 Одређивање

Мирис се одређује непосредно по узимању узорка, а најкасније за два часа. Овај параметар се одређује непосредно пре утврђивања (провере) укуса.

Мирис се одређује и на терену и у хемијској лабораторији пре почетка хемијске анализе и то само код оних узорака воде у којима није присутан испарљив отров.

- Одређивање мириса на хладно (на собној температури)- Боца са брушеним чепом напуни се водом до половине, добро се зачепи, енергично промућка и помирише одмах по отварању. Потребној количини хлорисане воде претходно се дода мало натријум- лиосулфата и тек тада се приступа одређивању мириса воде.
- Одређивање мириса на топло (на око 40°C)- Узорак воде од око 100 ml улије се у Erlenmeyerову тиквицу од 300 ml, поклопи сахатним стаклом и стави на водено купатило. Када се постигне жељена температура (40°C), тиквица се скида са купатила, отклопи и помирише.

6.1.3 Изражавање резултата

- Квалитет (врста) мириса,
- Квалитет мириса се изражава описно:
 - ароматичан (на воће, цвеће, краставац,...),
 - на бару (маховину, муљ, тресет, жабокречину,...),
 - на траву, купус, биље...
 - на буђ,
 - на земљу,
 - на рибу,
 - на трулеж,
 - бљутав,
 - на хлор,
 - неодређен.
- Интезитет (јачина) мириса- Јачина мириса се изражава у степенима по табели 3. (она служи и за одређивање јачине укуса). У резултату анализе назначује се на који начин је мирис одређен, на хладно или на топло.

Број поена	Интезитет	Описно одређивање-обележавање
0	Без мириса (укуса)	Мирис (укус) се не осећа
1	Врло слаб мирис (укус)	Осећају само искусне особе (у лабораторији)
2	Слаб мирис (укус)	Потрошачи не осећају све док им се не скрене пажња
3	Осетан мирис (укус)	Мирис (укус) се лако осећа и може бити повод за жалбу
4	Јасан, упадљив мирис (укус)	Осећај мириса (укуса) скреће пажњу на себе и може изазвати непријатност код потрошача (уздржава се да пије такву воду)
5	Врло јак мирис (укус)	Мирис (укус) је тајвог интезитета да је вода сасвим неподесна за пиће

Табела3.- Систем бодовања од 0 до 5 поена

7. Укус

7.1 Метода А: органолептички на хладно (12°C) и на собној температури (25°C)

7.1.1 Принцип

Укус воде се изузетно одређује (како на терену тако и у лабораторији), и то само ако се не сумња на микробиолошку и токсиколошку исправност воде, тј. ако је при анализи искључена могућност инфекције, односно тровања. Провера укуса пијаће воде врши се без двоумљења само ако су беспрекорни подаци локалног прегледа и ако је дезинфикована (хлором или озоном).

7.1.2 Одређивање

Да би се одредио укус воде, усна шупљина мора бити припремљена. Пре оцењивања укуса не сме се пити ни јести ништа горко, кисело, љуто или ма шта друго јаког укуса. Укус воде се тешко може проценити после пушења и пијења алкохолних пића (вино, ракије). Разумљиво, особа која жели да одређује укус воде мора да има здраве горње дисајне путеве.

Један гутаљ испитиване воде унесе се у уста, мало задржи на језику и непцима, као при испирању грла. Усну шупљину претходно треба исплакнути испитиваном водом.

Пре одређивања укуса, вода се загрева да 5 минута кључа и потом се брзо охлади на око 278,16 К (25°C). Приликом одређивања овог параметра примењује се скала степеновања јачине мириса уз назначења карактера врста укуса (бљутав, опор, сланкаст, горак, кисео).

Приликом испитивања-одређивања овог параметра, уз назнаку карактеристике укуса (бљутав, опор, сланкаст, горак, кисео) треба нагласити и интензитет боје (без, врло слаб, осетан, јасан- упадљив, врло јак). На исти начин се степенује као и јачина мириса. Пожељно је да карактер и јачину мириса и укуса воде одређују три до четири особе

8. Боја и мутноћа воде

8.1 Боја воде

Боја представља оптичко својство воде. Боја воде последица је апсорпције и рефлексије светлости одређене таласне дужине, без скретања таласних дужина. Мутноћа воде је такође оптичко својство воде. Мутноћа воде је последица присуства нерастворних материја због којих долази до скретања светлости. У пракси је тешко повући границу између боје и мутноће воде. Боја воде потиче од материја различитог порекла. Пример: јони гвожђа у води имају карактеристичну боју, а од присуства кисеоника зависи интензитет боје (жута или црвена). Најчешће на боју воде утиче садржај органских материја (жута боја, боја „чаја“). Боја као параметар не спада у токсичне параметре, али се налази на ЕРА(енг. *Environmetal Protection Agency*-Агенција за заштиту животне средине) листи секундарних (естетских) параметара и утиче на изглед, а понекад и на мирис воде. Боја воде одређује се и мери колориметријским методама и изражава бројем. Боју треба одредити на лицу места, након узимања узорка, а јединица боје базирана је на платина-кобалт (Pt-Co) стандардном раствору који формира жуту боју.

Према Правилнику о хигијенској исправности воде за пиће (Службени лист СРЈ бр.42/98) прописана је максимална допуштена вредност боје од 5 степени кобалт платинске скале. У ванредним приликама ова вредност има вредност од 50 степени кобалт платинске скале.

8.1.1 Поступак за одређивање боје:

Боја воде се одређује поређењем са бојом стандардних раствора помоћу колориметријског компаратора или спектрофотометријски. Поступак за одређивање боје приказан је илустративно на слици 10 (корацима 1-11). За интензивне боје испитиваног узорка потребно је узорак пре одређивања разблажити.

Боја испитиваног узорка се након разблаживања, израчунава према следећој формули:

$$C_0 = C_1 R = C_1 \frac{V_1}{V_0}$$

где је:

V_1 – запремина разблаженог узорка, ml,

V_0 – запремина узорка, ml,

C_1 –боја разблаженог узорка,

C_0 – боја узорка.

Разблажење, R , се изражава као количник V_1/V_0 .

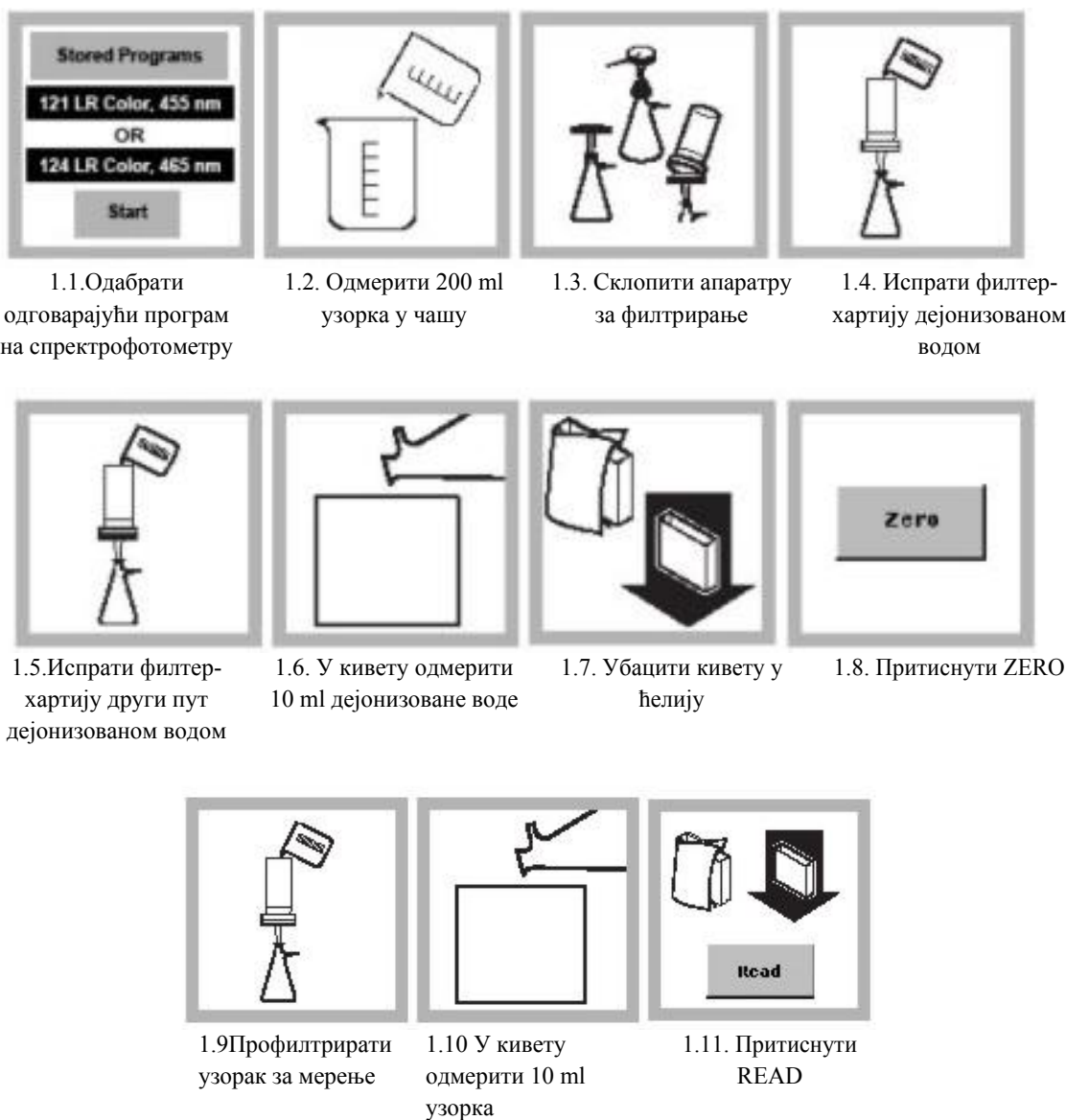
Одређивање боје врши се платина-кобалтном (Pt-Co) стандардном методом (2-200 Pt-Co јединица).

Ова метода се користи за одређивање боје воде за пиће, отпадне воде и морске воде.

8.1.2 Упутство за рад:

Пре мерења подесити рН вредност воде на 7,6 уз помоћ $1,0 \text{ mol/dm}^3$ HCl или $1,0 \text{ mol/dm}^3$ NaOH. За одређивање боје узорка потребно је таласну дужину подесити на 465 nm. За мерење минимална потребна количина узорка је 6 ml. За тестирање опреме користити нефилтрирану дејонизовану воду.

Боја узока одређује се спектрофотометријски према упутству, које је илустративно приказано на слици 24(корацима 1.1-1.11):



Слика 24.- Одређивање боје узорка спектрофотометријски

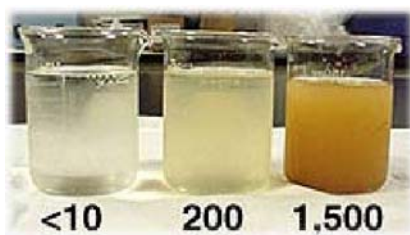
8.2 Мутноћа воде

Мутноћу воде чине суспендоване и колоидне честице у води. Мутноћа се мери поређењем светлосних ефеката који се одвијају проласком светлости кроз узорак и кроз стандард. Што је већи интензитет скретања светла, што је већа интерференција, већа је и мутноћа узорка. Изражава се у нефелометријским јединицама мутноће, (енг. nephelometric turbidity units (NTU)) и у садржају SiO_2 у води израженим у mg/l.

Мутноћа воде потиче од:

- суспендованих честица глине,
- честица муља,
- финих, ситних органских и неорганских материја,
- растворених, обојених органских материја,
- микроскопски ситних живих организама и
- планктона.

Мутноћа даје води непрозирност. Мутноћа се мери и одређује у лабораторијама и на лицу места (енг. on-site) у рекама. У периоду ниског водостаја многе реке имају чисту, јасну, зеленкасту, прозирну боју, имају ниску мутноћу, мању од 10 NTU-а. У кишном периоду, честице са обале се спирају и растварају у води, вода постаје блатњава и обојена, што указује на високу мутноћу. Током високог водостаја, брзина воде је већа, количина воде која протиче је већа и она доприноси лакшем и бржем спирању суспендованих материја са дна, што узрокује већу мутноћу воде. На слици 25 приказана су три узорка воде различитих мутноћа: <10, 200 и 1200 NTU-а (са лева на десно). На слици 26 приказана су три стандардна узорка код којих је мутноћа, 5, 50, и 500 NTU -а (са лева на десно).



Слика 25.-Лабораторијско мерење мутноће воде



Слика 26.- Стандардни узорци различите мутноће воде (5, 50, и 500 NTU)

На слици 27 приказан је теренски турбидиметар, који се калибрише стандардима одговарајуће мутноће, које издаје произвођач. Савремена мерења мутноће на терену подразумевају уградњу турбидиметара (слика 28) који омогућавају континуирано мерење мутноће у рекама.



Слика 27.- Теренски турбидиметар



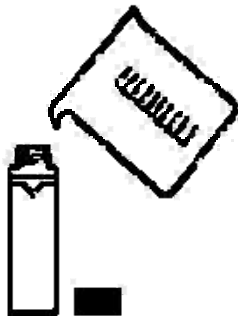
Слика 28.- Мерење мутноће

Према Правилнику о хигијенској исправности воде за пиће (Службени лист СРЈ бр.42/98) прописана је максимална допуштена вредност мутноће до 1 NTU. У ванредним приликама ова вредност има вредност од 6 NTU.

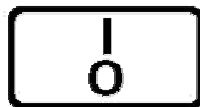
Вода за пиће која се шаље ка граду је 0,21, а највиша је 0,35. Такође на читавање вредности мутноће утиче влажност. Када се епрувета ставља у турбидиметар треба се водити рачуна да није влажна са спољашње стране.

8.2.1 Поступак за одређивање мутноће

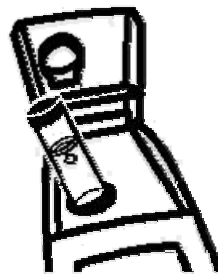
На претходно калибрисаном турбидиметру одређује се мутноћа узорка, као што је приказано на слици 29 (1-5).



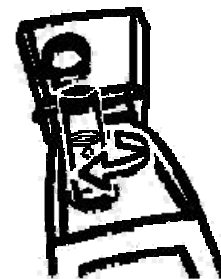
1. Напунити чисту кивету узорком



2. Притиснути дугме I/O



3. Убацити кивету са узорком у турбидиметар. Затворити поклопац турбидиметра.



4. Притиснути дугме: READ Забележити измерену вредност мутноће испитиваног узорка, а затим извадити турбидиметар.

Слика 29.- Опис поступка за мерење мутноће воде

Мутноћа воде у коагулатору 1 је 0,84, у коагулатору 2 0,73, а у води за пиће је дозвољено да буде до 1. Ови подаци су очитани када је посећена брана, а иначе су различити у зависности од дана и времена узимања узорка.

8.2.2 Инструментална техника- колометрија и спектрофотометрија

Колориметријским методама одређују се концентрације обојених раствора који апсорбују у видљивом или блиском UV делу спектра.

Да би се супстанца могла одредити колориметријски мора испуњавати следеће услове:

- интензитет боје мора бити стабилан у дужем временском интервалу,
- боја мора бити интензивна,
- апсорпција зрачења мора да се покорава Lambert-Beer-овом закону,
- мале промене температуре, pH и других фактора не смеју битно да утичу на интензитет боје.

Уколико је интензитет неке боје недовољан онда се додатком погодног реагенса може превести у интензивније обојено једињење. Боја коју има раствор неке супстанце комплементарна је боји коју та супстанца апсорбује (на пример: бакар(II)-јон је бледоплаве боје, што значи да апсорбује у жутом делу спектра).

Реагенс у колориметрији мора да поседује следеће особине:

- реагенс треба да реагује стехиометријски са испитиваном супстанцом и увек треба додати довољну и исту количину реагенса у испитиване растворе и стандарде,
- реагенс не сме да апсорбује у видљивом делу спектра,
- реагенс мора бити селективан у односу на испитивану супстанцу,
- боја насталог производа мора се брзо развијати,
- реагенс или испитивана супстанца не смеју да ступају у реакције са другим састојцима у раствору који их могу превести у неактивне облике или комплексно једињење због чега би изостало развијање боје.

У колориметрији се обично интензитет боје непознатог раствора упоређује са једним или више стандардних раствора познате концентрације.

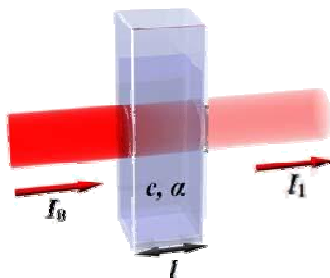
Спектрофотометрија је апсорпциона метода која се заснива на праћењу зависности апсорпције од таласне дужине зрачења које је прошло кроз анализирану супстанцу. Апсорпција се може пратити у UV, Vis, IC, микроталасној и радиофреквентној области. Спектрофотометријом су обухваћене квалитативне и квантитативне анализе.

Квалитативна анализа заснива се на чињеници да апсорпциони спектар супстанце зависи од њеног састава и структуре. На основу зависности апсорпције од таласне дужине и вредности апсорпције на одређеној таласној дужини могуће је идентификовати апсорбујућу супстанцу.

Квантитативна анализа се заснива на Lambert-Beer-овом закону:

У оптици, Lambert-Beer-ов закон повезује апсорпцију светлости са карактеристикама материјала (супстанце, једињења) кроз коју је пропуштена светлост, што је илустративно приказано на слици 30. Према овом закону дата је логаритамска повезаност између трансмисије (T) светлости која је пропуштена кроз узорак и апсорпционог коефицијента супстанце, α , и дебљине слоја узорка кроз који пролази светлост, l . Апсорпциони коефицијент изражава се преко моларне апсорпције

апсорбујуће супстанце, ϵ , и преко концентрације хемијске врсте која апсорбује светлост, c , или преко апсорпционог попречног пресека, σ , и густине апсорпције, N .



Слика 30.- Илустративан приказ пропуштања светлости кроз узорак у кивети

За тачности наведене важе следеће једначине:

$$T = \frac{I}{I_0} = 10^{-\alpha l} = 10^{-\epsilon l c}$$

где су:

I_0 - интензитет упадне светлости пре проласка кроз испитивани материјал,

I - интензитет упадне светлости након проласка кроз испитивани материјал.

Трансмисија се може изразити преко апсорпције према следећој једначини:

$$A = -\log_{10} \frac{I}{I_0}$$

Што указује на линеарну везу апсорпције и концентрације (или густине апсорпције):

$$A = \sigma \cdot l \cdot N = \alpha \cdot l$$

Ако је позната дебљина слоја кроз коју пролази светлост, моларна апсорпција (или апсорпциони попречни пресек), а ако се апсорпција мери, концентрација супстанце може се одредити.

Код спектрофотометра l је једнако дебљини кивете и константно је и апсорбанција зависи само од концентрације испитиване супстанце и измерене апсорпције. Да би се постигла највећа тачност и осетљивост апсорпције битан је избор таласне дужине мерења. Она мора да испуни следеће услове: да се мерењем постиже максимална осетљивост, да мале промене таласне дужине не утичу на репродуктивност и да важи Веег-ов закон.



Слика 31.- Спектрофотометар фирме Hach-Lange (тип: DR 2800 Portable)

Инструмент се одликује лакоћом у раду, једноставним руковањем, добром прецизношћу и поузданошћу.

9. Проводљивост и рН- вредност воде

9.1 Проводљивост, К

Проводљивост, К, је електрично својство воде. Вода и водени раствори у зависности од концентрације јона могу да проводе струју. Проводљивост зависи од јона присутних у води, од концентрације јона, покретљивости и наелектрисања јона, као и од температуре на којој се одређује проводљивост.

Према Правилнику о хигијенској исправности воде за пиће (Службени лист СРЈ бр.42/98) прописана је максимална допуштена вредност проводљивости (у μC , на 20 °C, односно 293,15 K) до 1000 μS , а у ванредним приликама до 2500 μS .

У SI систему јединица, који је приказан у табели 4 (енг. International System of Units), проводљивост се изражава у сименсима (S). Реципрочна величина је отпорност, R, чија јединица је ом (Ω). Обично се мери специфична проводљивост, Кс, која се изражава у $\mu\text{S}/\text{cm}$.

Основна величина	Назив	Ознака
Дужина	метар	m
Маса	килограм	kg
Време	секунд	s
Електрична струја	ампер	A
Термодинамичка температура	келвин	K
Количина супстанце	mol	mol
Интезитет светлости	кандела	cd

Табела 4.- SI систем мерних јединица

Проводљивост, К, је обрнуто пропорционална отпорности, R:

$$K = \frac{1}{R}$$

Специфична проводљивост, К_s, раствора се одређује инструментално, мерењем отпорности раствора који се налази између две непокретне, хемијски инертне електроде или аутоматски, помоћу кондуктометра, који се састоји из сонде за директно мерење проводљивости. Проводљивост узорка се одређује на кондуктометру.



Слика 32.- Кондуктометар (Инструмент за одређивање проводљивости-фирма: WTW мултипараметарски)

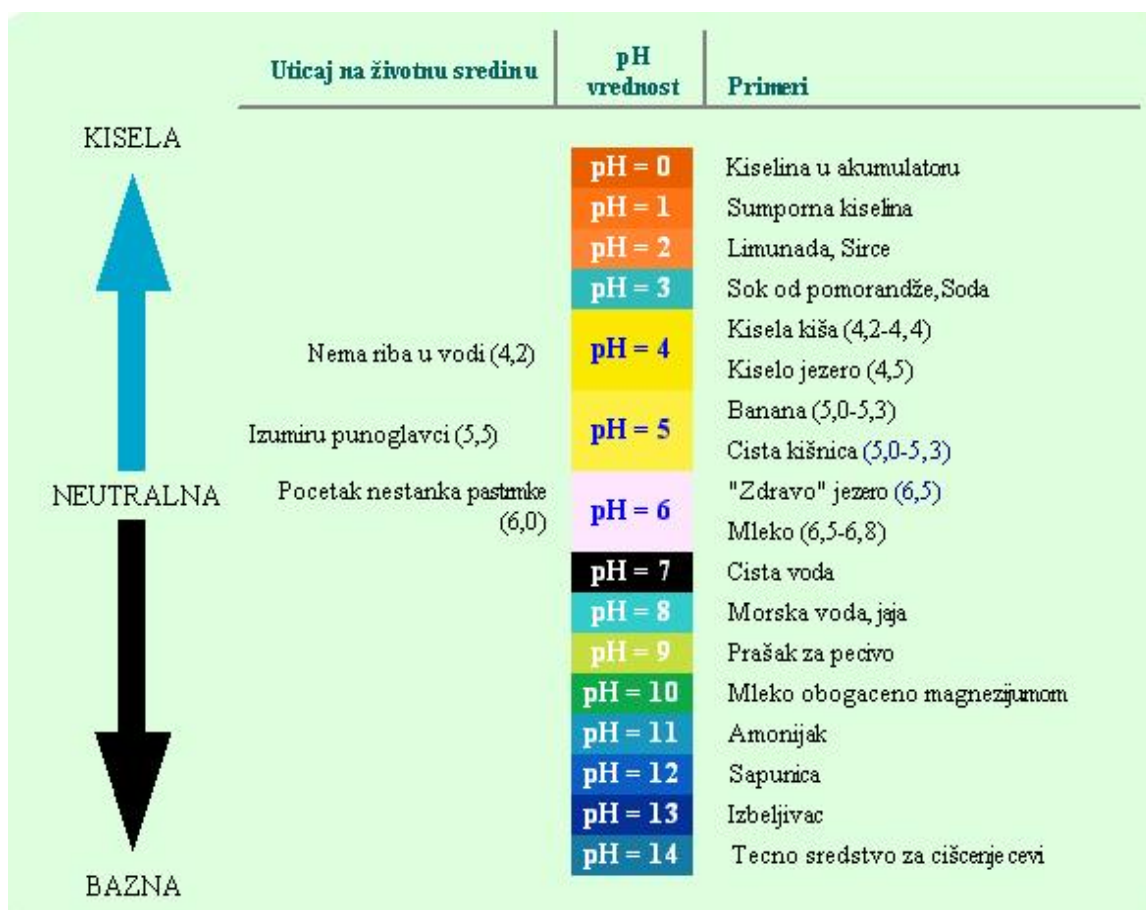
Мерење се врши тако што се одмери 100,00 ml испитиваног узорка у лабораторијску чашу. Урони се сонда кондуктометра у раствор, затим притисне функцијски тастер READ и прочита вредност за проводљивост.

9.2 рН вредност

рН вредност је мера релативног алкалитета или ацидитета воде и дефинише се као негативан логаритам концентрације водоник-јона.

$$\text{pH} = -\log [\text{H}^+]$$

Иако се у води налазе H_3O^+ -јони традиционално се користи ознака H^+ -јон и рН вредност. рН скала, приказана на слици 33, креће се у опсегу од 0 (рН вредност за најкиселије растворе) до 14 (рН вредност за најбазније растворе) и указује на ацидитет (киселост) раствора. Дестилована вода има рН вредност 7. Ова вредност се сматра неутралном, ни киселом, ни базном. Чиста, обична кишница има рН вредност између 5,0 и 5,5, што се сматра благо киселим раствором. Свако повећање рН јединице за 1 условљава десет пута већу концентрацију водоник-јона и обратно. Према Правилнику о хигијенској исправности воде за пиће, Службени лист СРЈ бр.42/98, прописана рН вредност је од 6,8-8,5.



Слика 33.- pH скала и pH вредности неких познатих једињења

9.2.1 Пуфери

Пуфери представљају смешу слабе киселине и њене соли (коњуговане базе) или смешу слабе базе и њене соли (коњуговане киселине). Овакви раствори се одупиру промени pH при додатку киселине, базе или при разблажењу. pH вредност у раствору пуфера израчунава се уважавањем закона о дејству маса.

9.2.2 Одређивање и мерење pH

pH вредност се одређује методом директне потенциометрије. Инструмент за одређивање pH назива се pH метар. За мерење pH вредности користи се пар електрода: индикаторска (стаклена) и референтна (каломелова или сребро-сребро-хлоридна) електрода. Мерење потенцијала индикаторске електроде своди се на мерење електромоторне силе (ЕМС) спрега:

индикаторска електрода /испитиван раствор/ референтна електрода.

Према Нернстовој једначини, потенцијал стаклене електроде одговара потенцијалу за редокс реакцију:



Вредност потенцијала водоничне, односно стаклене електроде дата је једначином:

$$E_{2H^+/H_2} = E_{2H^+/H_2}^\theta - \frac{0,059}{2} \log \frac{1}{[H^+]^2}$$

$$E_{\text{СТАКЛЕНЕ}} = E_{2H^+/H_2}^\theta - \frac{0,059}{2} \log \frac{1}{[H^+]^2}$$

$$E_{\text{СТАКЛЕНЕ}} = 0,00 + 0,059 \log [H^+]$$

Како је $pH = -\log[H^+]$ добија се: $E_{\text{СТАКЛЕНЕ}} = -0,059 \text{ pH}$

$$pH = -\frac{E_{\text{СТАКЛЕНЕ}}}{0.059}$$

Пре почетка рада потребно је избаждарити рНметар за дату электроду стандардним растворима пуфера.

9.2.3 Рад на рН метру

Сваки Рн метар има упутство у коме су наведени поступци за припрему узорака и припрему инструмента, као и поступак рада са рН метром. На слици 34 приказан је лабораторијски рН метар (фирме Metrohm tip: 827 pHlab) који се користи за одређивање вредности рН.



Слика 34.-рН метар

Осетљивост: $\pm 0,01 \text{ pH}$ јединица

10. Органске материје

Хемијске анализе и мониторинг квалитета воде, иако не дају решења за све проблеме везане за водене екосистеме, представљају битан извор информација о стању водених екосистема, о ефикасности предузетих корективних превентивних мера, као и о утицају одређених производних технологија на квалитет вода.

Методе које се примењују у аналитици и мониторингу водених екосистема најчешће дају информацију о:

- елементарној композицији (саставу) загађујућих материја, на основу којих је могуће формирати базу за идентификацију ових материја,
- специфичности загађујућих материја. У складу са дефиницијом Интернационалне уније чисте и примењене хемије (IUPAC, International Union of Pure and Applied Chemistry) специфична анализа представља процес за идентификацију и одређивање различитих физичких и хемијских облика одређеног елемента у узорку,
- сумарним (укупним) параметрима описујући укупан садржај одређеног елемента у свим загађујућим материјама или у некој подгрупи загађујућих материја.

С обзиром на разноврсност хемијских супстанци које могу контаминирати неки део воденог екосистема, поступци сепарације, идентификације и одређивања свих загађујућих материја представљају комплексан и скуп поступак. Примена погодног сумарног параметра може значајно смањити број неопходних одређивања, а истовремено се добија процена о степену загађења испитиване воде. Наведени приступи (одређивање специфичних и сумарних параметара) комплементарни су и не искључују се међусобно као алтернативе, већ се допуњују.

Све органске супстанце садрже угљеник и водоник, а код многих су присутни и кисеоник, азот, сумпор и фосфор. Са аспекта утицаја на водене екосистеме постоје две класе органских супстанци. Супстанце које имају константне (јединствене) особине и супстанце код којих се особине мењају и нису строго дефинисане (нејединствене супстанце, које се још називају рефрактујуће).

10.1 Анализе органских материја

Анализе органских материја (и јединствених и нејединствених) се могу поделити на анализу:

- Укупне (сумарне) количине органских материја, које се могу поделити на:
 - ✓ анализе укупне количине органске материје детектоване преко потрошње оксидационог средства (на пример кисеоника, калијум-дихромата и других јаких оксидационих средстава), које обухватају:
 - биолошку потрошњу кисеоника (BPK),
 - хемијску потрошњу кисеоника (HPK),
 - укупни органски угљеник (ТОС).
 - ✓ садржаја уља и масти,
 - ✓ угљоводоника пореклом из нафте,
 - ✓ површински активних материја,
 - ✓ танина и лигнина,
 - ✓ укупних оргонохалогених једињења.
- Појединачних органских једињења (или групе једињења), као што су:
 - ✓ испарљива једињења,
 - ✓ испарљиви халогени угљоводоници и испарљива ароматична једињења,
 - ✓ акролеин и акрилонитрил.
- Једињења која се могу екстраховати, као што су:
 - ✓ феноли, бензидини, фталатни естри,
 - ✓ нитрозамини, пестициди и хербициди,
 - ✓ полихлоровани бифенили,
 - ✓ нитроаромати, изофорон, нитрозамини,
 - ✓ полициклични ароматични угљоводоници,

✓ диоксини, етилендибромид.

10.2 Метода за одређивање укупних органских материја

Параметри карактеризације оптерећења воде органским материјама који дају податак о укупном садржају органских материја су: биолошка потрошња кисеоника (БПК) и потрошња Km_nO_4 . Касније су развијени и други, као што су: хемијска потрошња кисеоника (НПК), укупни органски угљеник (ТОС енг. Total Organic Carbon) и спектрални адсорпциони коефицијент (SAK). Ови параметри, су према одређеним законитостима, међусобно зависни.

11. Утрошак калијум-перманганата

Потрошња калијум-перманганата при стандардизованим условима представља мерило садржаја органских материја у води. Вода која садржи органске материје утрошиће одређену количину Km_nO_4 за њихову оксидацију. Количина утрошеног Km_nO_4 зависи од количине органских материја у води, али и њихове хемијске структуре. И неке неорганске супстанце, на пример нитрити, Fe^{2+} -јони и H_2S , могу се под датим условима оксидовати са Km_nO_4 , односно троше Km_nO_4 . Значи, потрошња Km_nO_4 може се само условно сматрати мерилем садржаја органских материја у води. Од органских материја са калијум-перманганатом не реагују или слабо реагују: поједини парафини и халогени деривати парафина, ароматски угљоводоници, неки кетони, засићене моно-и дикарбонске киселине (изузев оксалне), аминокиселине, терцијарни ароматски амини и неки алкохоли.

Одређивање утрошка калијум-перманганата представља најстарију методу на основу које се може оценити оптерећење воде органским материјама.

Одређивање укупних органских материја у води овом методом се изводи у киселој (H_2SO_4) и у базној ($NaOH$) средини.



Слика 35.- Опрема за дозирање калијум пергамангата

11.1 Оцена квалитета воде на основу утрошка калијум пергаманганата

Иако се на основу утрошка KMnO_4 не може у потпуности одредити садржај органских материја, могуће је извести предвиђање органског оптерећења на основу перманганатног броја. Законодавство је употребило утрошак KMnO_4 као сумарну граничну вредност за органско оптерећење воде за пиће и категоризацију водотока.

Према Правилнику о санитарној исправности воде за пиће (Сл.лист СРЈ 42/98), вода може имати утрошак KMnO_4 до 8 mg/l. Према наведеном правилнику сматра се да је вода исправна у случају да се код мерења која нису узастопна у току године, у 20 % случајева вредност утрошка KMnO_4 достигне 12 mg/l. Вредности по ЕУ препоруци од 3.11.1998. године је 5 mg O_2 /l (прерачунато из перманганатног броја, што представља 19,7 mg KMnO_4 /l).

Квалитет површинских вода код нас се вреднује на основу вредности за НРК који је израчунат из утрошка калијум-перманганата.

Подела површинских вода на класе је извршена на следећи начин:

- I класа, до 10 mg O_2 /l,
- II класа, до 12 mg O_2 /l,
- III класа, до 20 mg O_2 /l,
- IV класа, до 40 mg O_2 /l.

Одређивање утрошка калијум перманганата у киселој средини се врши тако што се у ерленмајер од 300 ml дода 100 ml узорка воде за анализу, 10 ml сумпорне киселине (1:3) и дода неколико стаклених перли. Загрева се до кључања. У кључали раствор се из бирете додаје 15,00 ml 0,002 mol/l KMnO_4 и наставља са загревањем тачно 10 минута.

Ако још постоји ружичаста боја у врућ раствор се додаје из бирете 15,0 ml 0,005 mol/l оксалне киселина и даље загрева до потпуног обезбојавања. Затим се раствор титрише 0,002 mol/l раствором калијум-перманганта до појаве светло ружичасте боје, која је постојана око 30 s. За израчунавање утрошка калијум-перманганата користи се веза: концентрација O_2 , mg/l = утрошак Km_nO_4 (mg/l) 0,2531
Утрошак калијум-перманганата је исто што и концентрација O_2 , у mg/l.



Слика 36.- Сипање узорка воде у епрувете (сирова вода, коагулатор 1, коагулатор 2, вода за пиће)



Слика 37.- Додавање сумпорне киселине



Слика 38.- Кување узорка 10 минута



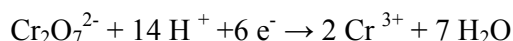
Слика 39.- Очитавање резултата након кувања

12. Хемијска потрошња кисеоника (НРК)

12.1 Опис методе

Хемијска потрошња кисеоника (НРК) је количина кисеоника еквивалентна потрошеном бихромату за оксидацију органских супстанци у измереној запремини површинске или отпадне воде која се испитује. НРК се користи за процену степена загађења воде органичким материјама. Мур и сарадници су нашли да се бољи резултати и потпунија оксидација постиже загревањем узорка на температури кључања са јако киселим раствором бихромата у присуству сребро-сулфата као катализатора, него са калијум-перманганатом. Бихромат се додаје вишку, а неутрошени део се одреди

титрацијом са стандардним раствором гвожђе(II)-амонијум-сулфата. Из утрошене количине дихромата израчунава се еквивалент утрошеног кисеоника. Бихромат се редукује према једначини:



Из приказане једначине види се да је сваки бихроматни јон по оксидационој способности еквивалентан са три кисеоникова атома, јер сваки атом кисеоника прима два електрона када реагује као оксидационо средство.

Вредности за НРК и ВРК нису бројно истоветне. Мур и сарадници су нашли да су оне скоро исте за канализационе воде из којих су издвојени крупнији комадићи целулозе, која се не може биохемијски разградити у току 5 дана. Код индустријских отпадних вода, међутим, постоји често велика разлика између НРК и ВРК. У случајевима где се врста отпадног материјала не мења може се наћи однос између ове две вредности.

12.1.1 Одређивање НРК на спектрофотометру

Анализа НРК описана је у најкраћим цртама и илустративно приказана на слици 40 (1-8).



1. Помешати кивету за НРК



2. Одмерити 0,5 mg узорка и сипати у кивету



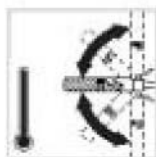
3. Затворити кивету и обрисати споља



4. Промешати садржај кивете



5. Загревати кивету 2 h на 148 °C



6. Извадити кивету и промешати 2 пута садржај



7. Сачекати да се кивета охлади до собне температуре



8. Очистити и измерити НРК

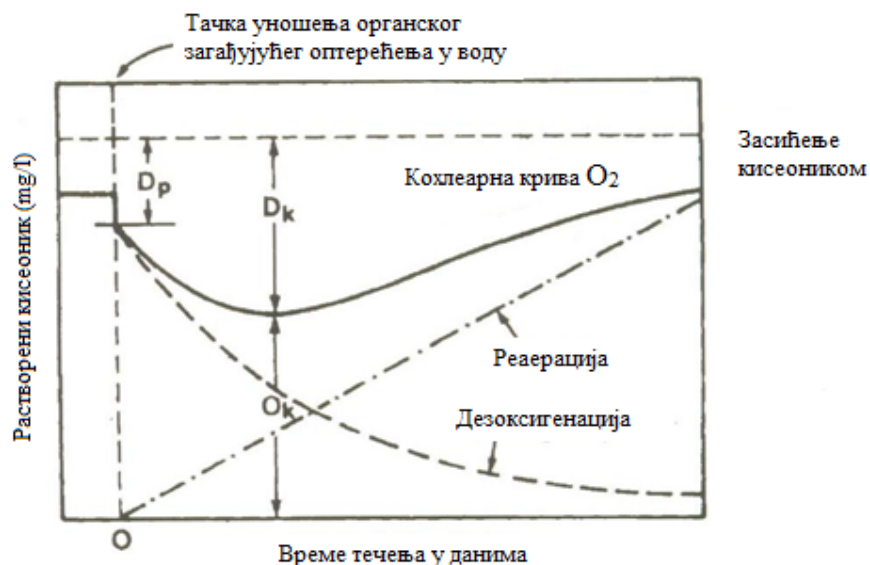
Слика 40.-Анализа НРК

13. Растворени кисеоник

Обзиром да је неопходан за живот у воденој средини и да одређује квалитет воде, кисеоник је најважнији растворени гас у води. Вода на 25 °C теоријски садржи максималну концентрацију од 8,3 mg/l раствореног кисеоника. Иако молекули воде

садрже атом кисеоника, то није облик кисеоника који је неопходан за живот организама у води. Као и копненим животињама, рибама и осталим воденим организмима потребан је кисеоник да би живеле. Као што вода пролази кроз шкрге, микроскопски мехурови кисеоника у води (раствореног кисеоника) трансферују се у крв. Као и за остале процесе дифузије гаса, трансфер је могућ изнад одређене граничне концентрације. Кисеоник је потребан и за развој алги и свих макрофита, као и за многе хемијске реакције које су битне за функционисање живог света у води. Аерација и реаерација воде, односно самопречишћавање је један од најважнијих процеса природних водотока. Доспевањем мртве органске материје (детриуса) у акватичну средину активира се низ биолошких активности бактерија и гљивица (које за свој рад троше растворен кисеоник), које доводе до претварања мртве органске материје у коначне, минералне производе. Дефицит кисеоника се надокнађује процесом реаерације, односно уношењем кисеоника из ваздуха. Ефекат реаерације зависи од тога колико је снажно турбулентно кретање између површине воде и атмосфере и од степена дефицита.

Реоерација и биолошка потрошња кисеоника као две основне реакције које се дешавају у току процеса самопречишћавања представљају основ за одређивање просторне и временске расподеле раствореног кисеоника, односно биланса кисеоника. Резултанта процеса реаерације (повећање раствореног кисеоника у води) и деоксигенације (смањење раствореног кисеоника у води) представља реални садржај раствореног кисеоника дуж целог водотока. На слици 41 приказана је крива раствореног кисеоника у природној води.



Слика 41.- Крива раствореног кисеоника у природној води

Кисеоник доспева у воду апсорпцијом из атмосфере или као производ фотосинтезе при размножавању водених алги. Распадањем органских материја у води концентрација кисеоника опада, што указује да је вода загађена.

Растворени кисеоник се најчешће изражава као садржај O_2 у mg/l.

Када су цевоводи који служе транспорту воде за пиће у питању, корозија цеви се најчешће доводи у везу са кисеоником. У цевоводима који нису заштићени цементним малтером корозија троши 0,1 mg/l кисеоника на час. Постоје две врсте корозије: “нормална” корозија са гвожђе-оксидом као производом корозије и

“инсталациона” која настаје у недостатку кисеоника. При оксидацији металног гвожђа, корозиони продукти Fe(III) преузимају улогу кисеоника, као рецептори кисеоника. При томе настаје трострука количина Fe^{2+} -јона или Fe(II)-једињења која су видљива и представљају “зелену рђу”. Ова једињења се са увођењем кисеоника могу оксидовати у непожељни мрки муљ, односно гвожђе(III)-оксихидрат.

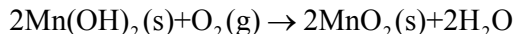
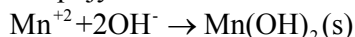
13.1 Методе одређивања

Растворени кисеоник се одређује применом јодометријске методе (Winkler-ова метода) и електрометријске методе (примена мембранске електроде). Одређивање кисеоника мембранским електродама нарочито је погодно када се ради о мерењу на лицу места: у рекама, језерима, резервоарима, изливним каналима из индустрије, итд. Резултат мерења раствореног кисеоника се изражава као садржај O_2 у mg/l.

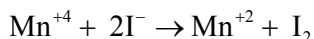
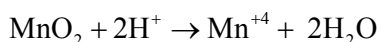
Сатурација кисеоником се рачуна као проценат концентрације раствореног кисеоника и односи се на потпуну сатурацију на температури на којој је изведено мерење. Уколико температура расте, концентрација 100 % сатурације опада. Барометарски притисак и салинитет имају утицај на сатурацију, али у мањој мери.

13.1.1 Винклерова метода одређивања раствореног кисеоника

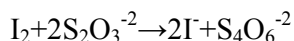
Винклерова метода (Winkler) одређивања раствореног кисеоника заснива се на оксидацији манган (II)-хидроксида, у алкалној средини, у манган(IV)-хидроксид. Реакције се могу приказати јонским једначинама које јасно указују на промену валентности јона и стехиометрију:



Када се раствор закисели у присуству калијум-јодида (KI), ослобађа се елементарни јод (I_2) у количини еквивалентној кисеонику. Ове реакције могу се приказати следећим једначинама:



Ослобођени јод титрише се раствором натријум-тиосулфата у присуству скроба:



1. У “Винклерову,, боцу, која је приказана на слици 42 и служи за одређивање раствореног кисеоника, сипа се узорак воде (300 ml) и дода 2 ml MnSO_4 и 2 ml алкалног раствора калијум-јодида (KI+KOH).
2. У присуству кисеоника ствара се манган-хидроксид, који се издваја у облику тамно браон талога, који представља талог хидратисаног оксида мангана ($\text{MnO}_2 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$).
3. Када количина талога достигне пола висине боце дода се 2 ml концентроване H_2SO_4 .
4. Добро се промеша узорак.
5. Узме се 100 ml припремљеног узорака и пренесе у ерленмајер.
6. Дода се неколико капи $\text{Na}_2\text{S}_2\text{O}_3$ и 4-5 капи раствора скроба како би се раствор обојио у плаво.
7. Титрише се узорак раствором $\text{Na}_2\text{S}_2\text{O}_3$ до обезбојења.
8. Утрошену запремину раствора $\text{Na}_2\text{S}_2\text{O}_3$ унети у табелу.



Слика 42.- Винклерава боца за одређивање кисеоника

14. Амонијак (NH_3)

Амонијак припада групи азотових једињења. Поред амонијака, од једињења азота, у води се налазе нитрити и нитрати, који у класичној "хигијенско-хемијској" анализи воде за пиће служе као индикатори хемијског загађења воде. Порекло азотних материја у води може бити из неколико извора: из атмосфере, као производ распадања органских материја или из азотних вештачких ђубрива. До распадања органских материја може доћи под дејством бактерија или под утицајем хемијских реакција.

14.1 Граничне вредности

По препоруци ЕУ (EU Directive од 3.11.1998.) гранична вредност за нитрате износи 50 mg/l, а за нитрите 0,1 mg/l. Гранична вредност за нитрате (NO_3^-) по нашем Правилнику у води за пиће износи 50 mg/l, за нитрите (NO_2^-) износи 0,03 mg/l, а за амонијак NH_3 0,1 mg/l (за водове до 5, 000 EC)

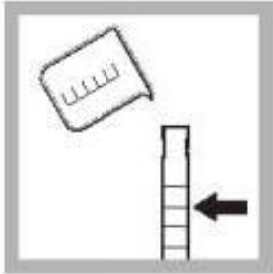
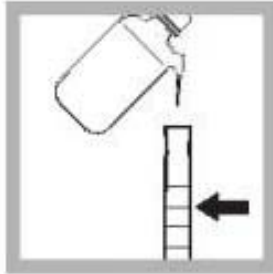
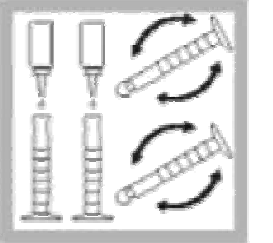
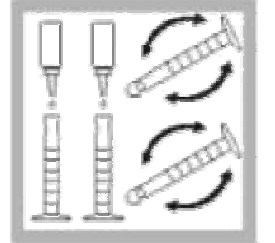
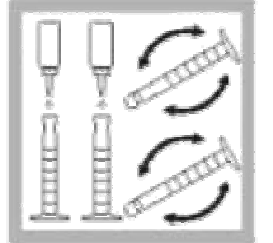
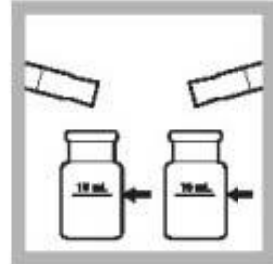
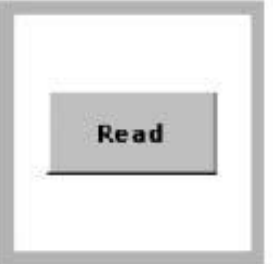
14.1.1 Експериментални део

Класични реагенс за амонијак је "Neslerov reagens". Овај реагенс је специфичан (реагује само са амонијаком) и осетљив (реагује на веома ниске концентрације амонијака) реагенс за амонијак.

14.1.2 Одређивања амонијака на "НАСН" спектрофотометру

Минерални стабилизатор додаје се у случају да тврдоћа воде прелази вредност од 500 mg/l CaCO_3 и 500 mg/l CaCO_3 . Поливинилалкохол (ПВА) дисперзни агенс додаје се како би поспешео настанак боје након реакције Neslerovog реагенса и амонијум јона. Напомена: Neslerov реагенс садржи живу(II)-јодид. Концентрација живе која је присутна у испитиваном узорку и у слепој проби садржаће живу у концентрацији која је прописана за опасан отпад. Neslerov реагенс је токсичан и корозиван, па се препоручује пажљиво одмеравање и додавање овог реагенса.

Жута боја која настаје пропорционална је по интензитету концентрацији амонијум јона. Одређивање се изводи на спектрофотометру на таласној дужини од 425 nm. Поступак за одређивање амонијака приказан је на слици 43 (1-12).

			
1. Притиснути на екрану: STORED PROGRAMS	2. Одабрати методу: амонијак (број:380)	3. Припрема уорка:напунити мензуру од 25 ml узорком	4. Припрема следеће пробе: напунити мензуру од 25 ml дестилованом водом
			
5. Додати 3 капи стабилизатора:затворити мензуре и промешати садржај неколико пута	6. Додати 3 капи PVA у сваку мезуру. Затворити мензуре и промешати неколико пута.	7. Одмерити 1 ml Неслеровог реагенса. Затворити мензуре и промешати неколико пута.	8.Притиснути TIMER>OK(Реакција траје 1 минут)
			
9. Сипати по 10 ml оба раствора у кивете.	10. Када истекне времествити узорак	11. Ставити припремљенузорак у кивети.	12. Притиснути : READ(на екрану ће бити резултат у mg/L NH ₃ -N)

Слика 43.- Одређивање амонијака

14.1.3 Одређивања нитрата на “НАСН” спектрофотометру

Кадмијум, метал који се налази у NitraVer реагенсу, редукује нитрате у узорку до нитрита. Нитрит-јон реагује у киселој средини са сулфанилном киселином, из NitraVer-а и настаје прелазно једињење диазонијум со. Диазонијум со даје жути раствор са киселином у реагенсу. Интензитет жуте боје пропорционалан је концентрацији нитрат-јона. Одређивање се изводи на спектрофотометру на таласној дужини од 400 nm. Поступак за одређивање нитрата приказан је на слици 44 (1-10):

1. Притиснути на екрану: STORED PROGRAMS	2. Одабрати методу: нитрати (бр:353)	3. Припрема узорка: напунити кивету узорком од 10 ml	4. Припрема узорка: додати NitraVer реагенс Затворити кивету
5. Притиснути TIMER>OK (Реакција траје 1 минут)	6. Притиснути TIMER>OK (Реакција траје 5 минута)	7. Припрема слепе пробе: напунити кивету узорком од 10 ml	8. Убацити узорак слепе пробе. Притиснути ZERO (на екрану ће се појавити: 0,00 mg/l)
9. Након 2 минута после истека време убацити узорак	10. Притиснути: READ Резултати су у mg/l NO ₃ ⁻ N		

Слика 44.-Одређивања нитрата на “НАСН” спектрофотометру

14.1.4 Одређивања нитрита на “НАСН” спектрофотометру

Нитрит-јон у узорку воде реагује са сулфанилном киселином, из NitraVer реагенса, и долази до настанка прелазног једињења диазонијум соли. Диазонијум со даје раствор розе боје са хромotropном киселином у реагенсу. Интензитет боје пропорционалан је концентрацији нитрит-јона. Одређивање се изводи на спектрофотометру на таласној дужини од 507 nm.

Поступак за одређивање нитрита приказан је на слици 45 (1-8).



Слика 45.-Одређивања нитрита на “НАСН” спектрофотометру

15. Гвожђе (Fe²⁺, Fe³⁺)

У току обраде и припреме воде за пиће јони гвожђа (посупком деферизације) и мангана (поступком деманганизације) се морају уклонити, јер њихово присуство у води изазива органолептичке проблеме, као што су горко-сладуњав и опор укус, као и промене на вешу (флеке при прању са водом код које је садржај гвожђа повећан).

15.1 Граничне вредности

По препоруци ЕУ гранична вредност за гвожђе износи 200 µg/l, у води за пиће. Према нашем правилнику максимална концентрација гвожђа износи 300 µg/l.

15.2 Методе одређивања

Јони гвожђа се могу одредити: пламеном атомском апсорпционом спектрометријском методом (ААС), спектрофотометријском методом са 1,10-фенантролином, колориметријским поступком са 1,10-фенантролином и колориметријском методом са калијум-роданидом.

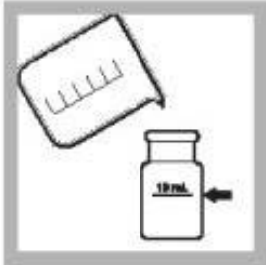
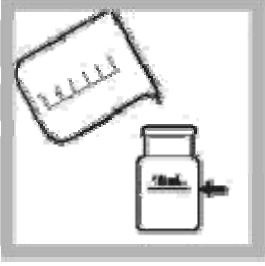
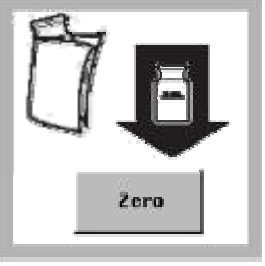
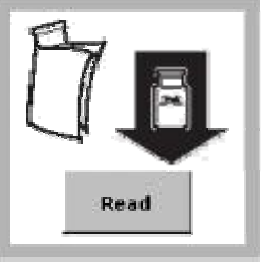
15.2.1 Експериментални део

Одређивање гвожђа спектрофотометријском методом (за концентрације од 0,02-3,00 mg/l)

Реагенси: FerroVer Iron Reagent Powder Pillow

Опис методе: FerroVer реагенс за одређивање гвожђа преводи и растворне (двовалентне) облике гвожђа и нерастворне (тривалентне) у растворно двовалентно гвожђе. Двовалентно гвожђе реагује са 1,10 фенантролином, индикатором, са којим даје наранџасто једињење, чији интензитет боје је директно пропорционалан концентрацији гвожђа. Одређивање интензитета боје, односно концентрација гвожђа мери се на таласној дужини од 510 nm спектрофотометријском методом.

Поступак за одређивање гвожђа приказан је на слици 46 (1-4):

			
1. Притиснути на екрану: STORED PROGRAMS	2. Одабрати методу: гвожђе (бр:265)	3. Припрема узорка: напунити кивету узорком од 10 ml	4. Додати реагенс за Fe (FerroVer PP) -појавиће се наранџаста боја ако је Fe присутно
			
5. Притиснути TIMER>OK (Реакција траје 3 минут)	6. Припрема пробе: напунити кивету узорком од 10 ml	7. Убацити узорак пробе. Притиснути ZERO (на екрану ће се појавити: 0,00 mg/l)	8. Притиснути: READ Резултати су у mg/l Fe

Слика 46.-Одређивање гвожђа спектрофотометријском методом

16. Садржај активног и резидуалног хлора у води

16.1 Дезинфекција

Дезинфекција воде је основни процес обраде воде за уклањање (уништавање или инактивирање) патогених микроорганизама присутних у води.

Дезинфекциони процеси се остварују:

- директном применом топлоте (термичка дезинфекција),
- зрачењем (ултраљубичасто (енг. ultraviolet-UV), γ , или X-зрачење),
- применом ултразвука и/или
- применом хемијских агенаса (хемијска дезинфекција).

16.2 Хемијска дезинфекција

Како је хемијска дезинфекција економски најповољнија када се ради о обради већих количина воде, за припрему воде за пиће и у обради отпадних вода, код нас, скоро искључиво се користи хемијска дезинфекција.

Као дезинфекциона средства се користе неки тешки метали, минералне киселине и базе, озон, пероксиди, калијум-перманганат и халогени елементи, али највише коришћени дезинфектант је хлор и нека једињења хлора.

16.3 Хлор

Хлорисањем се уклања велики број супстанци које су присутне у природним и отпадним водама. Од неорганских супстанци уклањају се: H_2S , Mn^{2+} , Fe^{2+} , NH_3 , а од органских: феноли, аминокиселине, угљоводоници и беланчевине.

Са оперативне тачке гледишта елементарни хлор, хипохлораста киселина и хипохлоритни јон чине слободни расположиви хлор, а хлорамини и једињења слична хлораминима чине везани расположиви хлор.

Према Правилнику о хигијенској исправности воде за пиће (Службени лист СРЈ бр.42/98) прописана је максимална дозвољена концентрација хлора (укупног), као дезинфекционог средства, до 3 mg/l, а слободног (резидуалног) хлора до 0,5 mg/l.

Хлорисање се може извести уз постизање различитих ефеката, у зависности од садржаја резидуалног хлора у води, по истеку одређеног времена, након додавања хлора.



Слика 47.- Систем за регулацију хлора у коагулатору 1 и 2



Слика 48.- Складиште хлора из којег се дозира хло по потреби

Разликујемо:

- хлорисање до пробојне тачке,
- хлорисање уз добијање слободног хлора,
- хлорисање уз добијање везаног (резидуалног) хлора.

16.3.1 Хлорисање до пробојне тачке

Када се у воду која садржи амонијак додаје хлор, и после сваког додавања одређује садржај резидуалног хлора, а добијене вредности се прикажу графички, у зависности од укупне количине додатог хлора, добија се карактеристична крива приказана на слици 49. Облик криве је функција, односно последица начина реаговања хлора и амонијака, а на кривој се уочава тачка пробоја. На кривој се уочава први део, на почетку реакције између амонијака и хлора, када настају монохлорамин и дихлорамин. Максимум криве одговара молском односу Cl_2/NH_3 један. Даљи процеси доприносе опадању садржаја резидуалног хлора због оксидативне разградње претходно образованог хлорамина. На кривој се затим уочава “тачка пробоја”, која одговара молском односу Cl_2/NH_3 два. Даљим додавањем хлора изнад тачке пробоја долази до појаве “слободног” хлора. Хлорисање до тачке пробоја се изводи због ефикасне дезинфекције воде.



Слика 49.- Хлорисање у присуству амонијака до пробојне тачке

16.3.2 Хлорисање уз добијање слободног хлора

У водама са малом потребом за хлором, односно дезинфекцијом, релативно лако се остварује постојање слободног хлора у води. Присуство слободног хлора могуће је остварити и у водама са већом количином контамината, хлорисањем изнад пробојне тачке. Одржавањем слободног хлора у постројењу за припрему воде за пиће минимизиран је развој микроорганизама и биолошких филмова у пешчаним филтрима и таложницима.

16.3.3 Хлорисање уз добијање везаног резидуалног хлора

Овај начин хлорисања погодан је за обезбеђивање накнадне дезинфекционе активности. Везани, резидуални, хлор у реакцији са амонијаком у облику хлорамина је мање реактиван од слободног хлора и зато може дуже времена остати способан за дезинфекцију. Хлорисање уз добијање везаног хлора може се остварити на неколико

начина у зависности од хемијске природе воде. Воде које садрже мало (или нимало) амонијака захтевају додавање и амонијака и хлора, да би се добио везани хлор, односно извела хлораминација. Уколико вода садржи довољно амонијака, довољно је једноставно додати хлор, односно извести хлорисање. Уколико вода већ садржи слободни хлор, он се може превести у везани додавањем амонијака.

16.4 Дехлорисање

Уколико се претера са количином хлора која је додата у воду, ради убрзавања процеса дезинфекције, долази до појаве вишка хлора. Вишак хлора, изнад жељене концентрације слободног, резидуалног хлора (0,2-1,0 mg/l) може се уклонити на различите начине. Један од начина је хемијским процесом, редукијом са SO_2 , NaHSO_3 или Na_2SO_3 , или пропуштањем кроз слој активног угља или аерацијом, при одређеној вредности pH.

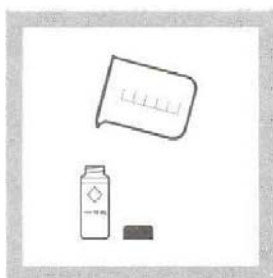
16.4.1 Методе одређивања хлора на “НАСН” колориметру

Хлор у води може бити присутан као слободан и као везан. И слободни и везани хлор могу бити истовремено присутни у истом узорку воде и одређују се као укупни хлор. Слободан хлор представљају хипохлораста киселина, хипохлоритни јон и молекулски хлор. Везани хлор чине хлорна једињења, а најчешће су присутни монохлорамини, дихлорамини, азот-трихлорид и други деривати хлора.

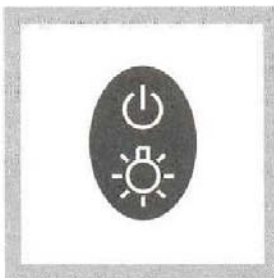
У реагенсу за одређивање хлора долази до реакције између хлора и тријодид-јона (I_3^-). Оксидује се тријодид јон до јода (I_2). Јод и слободни хлор реагују са DPD (N,N-диетил-р-фенилендиамин) и настаје црвени раствор. Интензитет боје раствора одговара укупној концентрацији хлора. Да би се одредила концентрација везаног хлора, потребно је анализирати и одредити слободни и укупни хлор. Разлика између вредности добијене за укупни и слободни хлор представља везани хлор.

Опсег мерења: 0,02-2,00 mg/l Cl_2 .

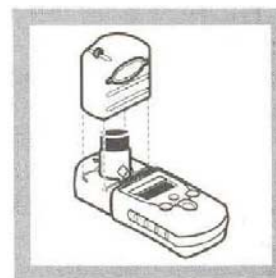
Поступак: Одређивање садржаја слободног и укупног хлора (Cl_2) колориметријском методом приказано је на слици 50 (1-10).



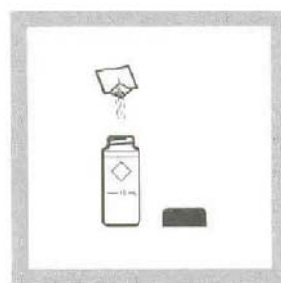
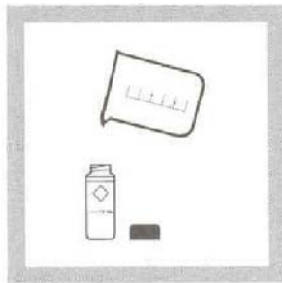
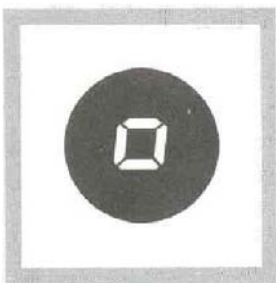
1. Напунити кивету узорком воде за анализу.



2. Притиснути дугме POWER за укључивање колориметра. Стрелица треба да показује LR.



3. Подићи поклопац, ставити узорак и затворити поклопац.

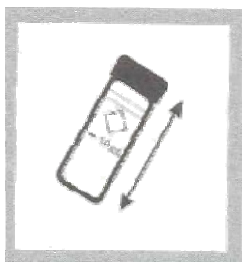


4. Притиснути ZERO/SCROLL. На екрану ће се појавити “___” а затим “0.00”

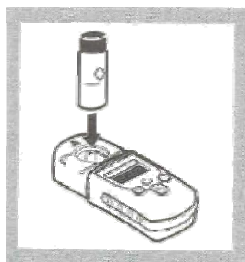
Уклонити узорак.

5. Напунити кивету новим узорком воде за анализу.

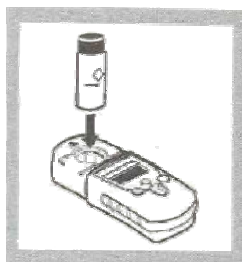
6. Сипати узорак DPD Free Chlorine Powder



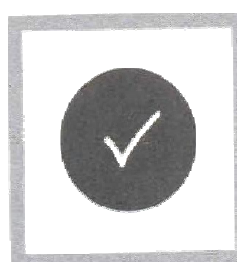
7. Затворити кивету и промешати узорак 20 s.



8. За одређивање слободног хлора узорак ставити у компаратор и након минута одредити садржај хлора.



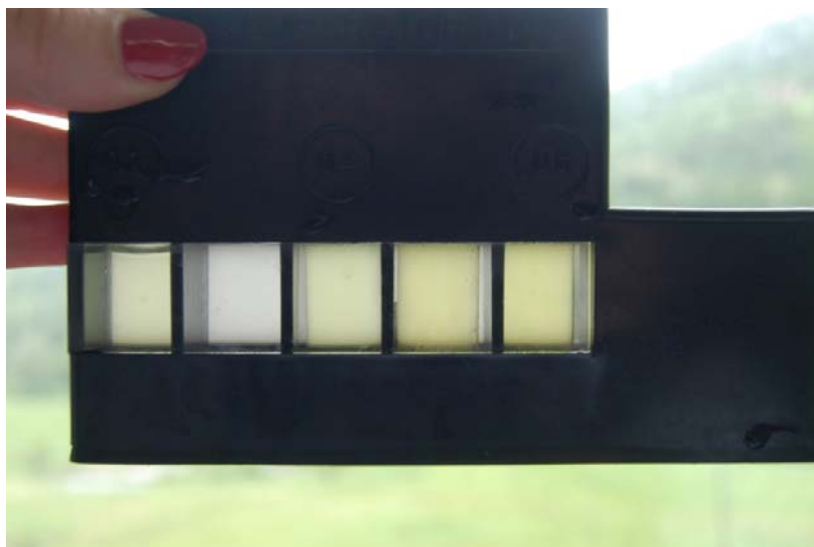
9. За одређивање укупног хлора сачекати 3-6 минута и одредити садржај хлора.



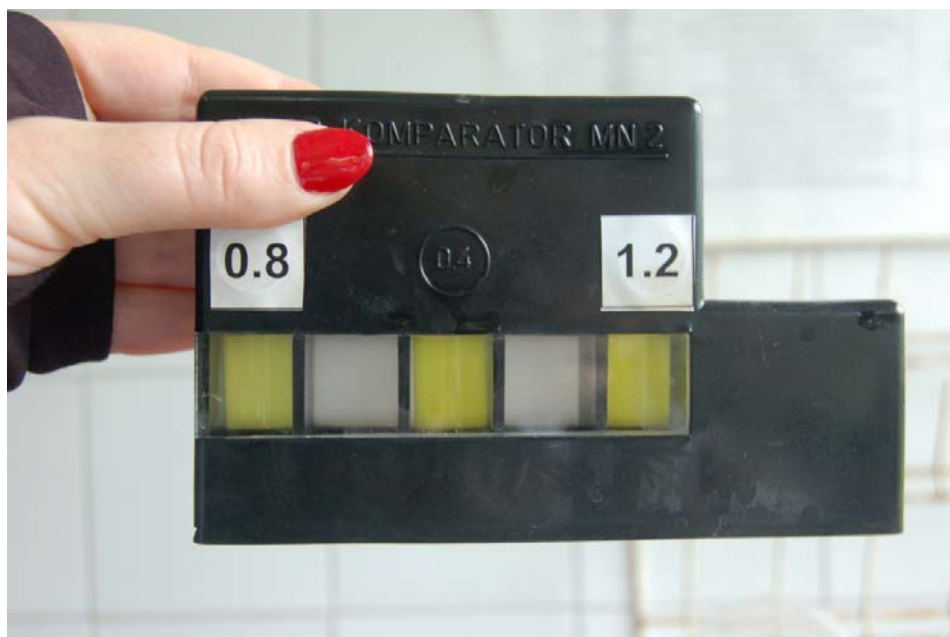
10. Притиснути: READ/ENTER. Инструмент ће показати: “___” у mg/l Cl_2

Слика 50.- Одређивање садржаја слободног и укупног хлора- колориметријска метода

Као брза метода одређивања количине хлора у води користи се хлор компаратор који садржи неколико нијанси жуте боје са којима се упоређује узети узорак воде. Вода која се испитује сипа се у епрувету и дода јој се ортохлоридин који делујући са хлором даје жуту боју. На слици 50 приказан је хлор компаратор са узорком воде који показује да у вредност хлора у води између 0,4 и 0,6, односно 0,5. За воду за пиће се толерише до вредности 0,6.



Слика 51.- Хлор компаратор са нижим вредностима



Слика 52.- Хлор компаратор са вишим вредностима

17. Хлориди

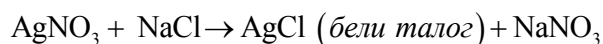
Скоро свака вода у природи садржи извесне количине хлорида као NaCl , CaCl_2 , MgCl_2 . Кухињске соли обично има највише, а хлориди у воду долазе на више начина. Хлориди су соли по себи нешкодљиве али спадају у индикаторе. Ако је количина велика то може утицати на укус. Њихово повећање изнад нормале може утицати на загађење воде. У случају смањења количине хлорида испод површинске појаве, може

проузроковати и смањење на површини, што имплицира да је вода подложна загађењу (није заштићења).

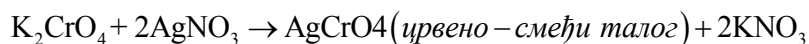
17.1 Метода: Аргентометријско одређивање хлорида по МОРР-у.

Хлориди се у неутралној или слабо киселој средини титрују раствором сребронитрата у калцијум-хромат као индикатор. Сребро-хлорид се квантитативно истроши пре стварања тамноцрвеног сребро-хромата, чија боја означава крај титрације. Завршна тачка титрације заснива се на грађењу другог талога карактеристичне боје. Због исправне индикације завршне тачке титрације, концентрација хромата као и индикатора мора бити контролисана. Ако се дода превише хромата, завршна тачка титрације ће бити прецењена, а ако се дода недовољно, завршна тачка ће каснити.

Реакција титрације се може написати :



Реакција завршне тачке:



Сметње:

- јони бромиди и јодида су обухваћени овом реакцијом,
- јони мангана при концентрацији већој од 0,25 mg/l,
- јони гвожђа при концентрацији већој од 10 mg/l,
- јони сулфата и сулфида.

Реагенси:

- калијум-хромат
- стандардни раствор сребро-нитрата

У 100 ml узорка воде дода се око 1 ml раствора калијум-хромата и титрујестандарним раствором сребро-нитрата до појаве црвенкасто-смеђе боје. За воде које садрже мање од 5 mg/l хлорида врши се концентрисање узорка, упаравањем 200 ml до 100 ml. За концентрисање хлорида већих од 50 mg/l узима се пропорционално мања количина узорка и допуњава до 100 ml дестилованом водом.

Израчунавање:

$$U (\text{ml/l}) = (V_1 \cdot 1000) / V_2$$

V_1 - запремина раствора AgNO_3 утрошена за титрацију

V_2 - запремина узорка

17.2 Спектрофотометријске методе

Спектрофотометријска метода квантитативне анализе се користи за одређивање резидуалног хлора, амонијака, нитрата (UV-спектрофотометрија), нитрита, гвожђа и мангана. Спектрофотометрија се заснива на мерењу апсорпције светлости тачно одређене таласне дужине. Количина апсорбоване светлости је директно

пропорционална концентрацији раствора. Општа теорија апсорпције заснована је на Lambert-Beer-овом закону, где је:

$$A = a \cdot b \cdot c$$

где су:

A – апсорпција

a - константа

b - дебљина слоја мерног раствора

c - концентрација раствора

Да би наведена једначина могла да се примени при експерименталном раду, мора да се употреби монохроматска светлост, тј. светлост само једне одређене таласне дужине. Да би одредили таласну дужину светлости при којој је инструмент најосетљивији за дату врсту одређивања потребно је изградити тзв. „спектралне криве“ (апсорпционе криве). Њихово читање се врши на неколико различитих таласних дужина, а за само испитивање дате супстанце одабира се таласна дужина којој одговара минимална пропустљивост, односно максимална апсорпција. За ову врсту одређивања узима се раствор који се налази у опсегу концентрације која ће се одређивати. Овако одабрана таласна дужина назива се „радна таласна дужина“. Када правимо калибрационе дијаграме мери се апсорбанција серије стандардних раствора испитиване супстанце на „радној таласној дужини“. Очитане вредности служе нам за цртање калибрационог дијаграма код којег се на ординате наносе очитане вредности апсорбанције, а на апцису вредности концентрације. Од добијених тачака које спојимо добијамо радну криву. Уколико косу криве постоји линеарна зависност, непозната концентрација супстанце у испитиваном раствору може се израчунати помоћу израза: $C = A / F$.

Фактор се израчунава преко калибрационог дијаграма само када је у питању права линија: $F = A / C$.

Приликом рада на спектрофотометру треба пазити да вредности пропустљивости буду ограничене на област од 20 % до 80 % T.

17.3 Спектрофотометри

Спектрофотометри су фотометри који за добијање монохроматске светлости користе призме или решетке. Раде на следећем принципу: бела светлост коју даје волфрамова лампа, пролази кроз улазни разрез, и дифрактује се помоћу дифракционе решетке. Један део ове разложене светлости који садржи сличне таласне дужине (монохроматска светлост) пролази кроз други разрез и долази до кивете која садржи раствор узорка који се одређује. Део светлости који није апсорбовану раствору узорка који се одређује, већ пролази кроз њега, пада на фотоцев инструмента који мери јачину пропуштене светлости. Апсорбанција зрачења у видљивој и ултраљубичастој области своди се на исти феномен-у оба случаја апсорпција енергије одређене таласне дужине заснована је на стабилним променама у електронским енергетским нивоима, односно преласком електрона из нижег у више енергетско стање. Видљиви део спектра, који обухвата област таласних дужина од 380-780 nm, користи се за испитивање неорганских једињења. На видљиву област наслања се UV-област која обухвата таласне дужине од 100-380 nm. За практичну примену, користи се област од 200-380 nm, тзв. блиска или кварцна UV-област. Назив кварцна одржава чињеницу да се за рад користе кивете од кварцног стакла, док се у видљивој области користе кивете од обичног стакла. Као извор зрачења у видљивој области користе се волфрамова, а у UV-области деутеријумова лампа.

Proizvodni pogon "GRUŽA"						HEMIJSKE ANALIZE						Datum	7.05.2014	
Meteorološko vreme												Smena	I	II
Temperatura vazduha												Vodozahvat	1	
												Dotok sirove vode	430 l/s	
Vreme (sat)	Parametar	7,00 h °C		12,00 h °C		20,00 h °C								
		Cl ₂ [mg/l]	Mutnoća [NTU]	KMnO ₄ [mg/l]	Mn [mg/l]	NH ₃ [mg/l]	r.O ₂ R ₂₄	O ₃						
	Mesto uzorkovanja													
	Sirova voda	-	7.23	0.81	0.26	0.17	-	0.020	41					
	Koagulator I	-	1.28	0.82	0.02	0.19	-	0.021	62					
	Koagulator II	-	1.51	0.13	0.10	0.19	-							
	Voda za piće	0.15	0.24	0.02	0.00	0.00								
N° FILTER POLJA / ČASOVNI RADA	1	40	10	0.12				0.04	238	8.46				
	2	-	-	-				0.04	0.26	0.37				
	3	-	-	-				0.04	0.21	0.20				
	4	35	20	0.20										
	5	45	35	0.24										
	6	50	21	0.24										
	7	-	-	-										
	8	45	42	0.24				0.04	0.24	0.23	0.02	0.02		
	9	40	32	0.36				0.04	0.20	0.20	0.00	0.00		
	10	-	-	-				0.04	0.16	0.2	0.1	0.1		
	11	55	2	0.16										
	12	45	22	0.12										
	13	-	-	-										
	14	60	19	0.30										
	15	45	8	0.15										
	16	-	-	-										
	Sirova voda													
	Koagulator I													
	Koagulator II													
	Voda za piće													
	Sirova voda	-	1.11											
	Koagulator I	-	0.24											
	Koagulator II	-	0.24											
	Voda za piće	0.1	0.21											
	Sirova voda													
	Koagulator I													
	Koagulator II													
	Voda za piće													
	Sirova voda													
	Koagulator I													
	Koagulator II													

Слика 53.- Резултати хемијских анализа током једне смене на брани

PROŠIRENI LABORATORIJSKI PREGLED										Rezid. dezinf. sredstva i fluorida		
PPV - GRUZA												
Parametar	Sirova voda	Koagulat		Voda za piće	Vodozahvat			Vreme (čas)	Cl ₂	K ₂ Cr ₂ O ₇	Cl ₂	K ₂ Cr ₂ O ₇
		I	II		N1	N2	N3					
T (°C)	12	8.8	8.9	10.5					0.5	0.5	0.5	0.5
Cl ₂ (mg/l)	—	—	—	0.5					0.5	0.5	0.5	0.5
O ₃ (mg/l)	0.5	—	—	0.5					0.5	0.5	0.5	0.5
pH	8.5	8.26	8.10	8.15					1.2	1.2	1.2	1.2
Mn (mg/l)	0.20	0.02	0.10	0.00					1.5	1.5	1.5	1.5
Fe (mg/l)	0.05	—	—	0.00					1.5	1.5	1.5	1.5
Al (mg/l)	0.00	0.24	0.25	0.00					1.5	1.5	1.5	1.5
NO ₃ (mg/l)	0.81	0.82	0.18	0.27					1.5	1.5	1.5	1.5
NH ₄ (mg/l)	0.13	0.13	0.00	0.00					1.5	1.5	1.5	1.5
NO ₂ (mg/l)	0.00	—	—	0.00					1.5	1.5	1.5	1.5
NO ₃ (mg/l)	—	—	—	—					1.5	1.5	1.5	1.5
C ₂₁ (g/l)	—	—	—	—					1.5	1.5	1.5	1.5
Ukus	2.82	2.82	2.82	2.82					1.5	1.5	1.5	1.5
Miris	0	0	0	0					1.5	1.5	1.5	1.5
Boja	2.0	—	—	6					1.5	1.5	1.5	1.5
Mutnoća	4.23	2.8	1.51	0.04					1.5	1.5	1.5	1.5
M ⁺ ALMA	0.0	—	—	0.0					1.5	1.5	1.5	1.5
AC/DITRI	2.10	—	—	0.0					1.5	1.5	1.5	1.5
Cl ₂ -R ₂	—	—	—	0.00					1.5	1.5	1.5	1.5
UV254	0.162	—	—	0.00					1.5	1.5	1.5	1.5

DOZIRANJE HEMIKA LIJA			ANALIZA HEMIKA LIJA		
Naziv hemikalije	Vreme (čas)	količina (mg/l)	Vreme (čas)	količina (mg/l)	Vreme (čas)
Al ₂ (SO ₄) ₃	4.0	2.2			
Cl ₂ -prehloris.	—	—			
Cl ₂ -naknadno	1.0	—			
Cl ₂ -završeno	—	—			
Aktivni uglj	—	—			
KMnO ₄	—	—			
Flokulant	0.18	—			
Ca(OH) ₂	—	—			
Plavi kamen	0.4	—			
Aeracija	—	—			
Os	2.8	2.2			

Слика 54.- Резултати проширених хемијских анализа током једне смене на брани

На сликама су приказани резултати анализе „сирове“ воде, коагулатору 1 и 2 и води која се шаље у резервоаре а затим користи за пиће. Основне анализе које се раде на свака 4 h су:

- Хлор (Cl₂),
- Калијум- перманат (KMnO₄),
- Амонијак (NH₃),
- Озон (O₃),
- Кисеоник O₂ у P 14,
- Мутноћа.

Свако јутро у 8 h се раде додатне анализе поред ових које се раде на свака 4 h, а то су:

- Температура,
- рН вредност,
- Гвожђе,
- Мирис,
- Укус,
- Боја итд.

Такође се на слици 54 може видети дозирање хемикалија у процесу пречишћавања отпадних вода. Додаје се алуминијум-сулфат, хлор, флокулант, плави камен и озон.

N° FILTER POLJA / ČASOV RADA	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16
1	40	10	0.10													
2	35	20	0.20													
3	45	35	0.35													
4	50	40	0.40													
5	40	30	0.30													
6	55	45	0.55													
7	40	30	0.40													
8	50	40	0.50													
9	40	30	0.40													
10	55	45	0.55													
11	40	30	0.40													
12	50	40	0.50													
13	40	30	0.40													
14	55	45	0.55													
15	40	30	0.40													
16	50	40	0.50													

Parameter	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16
Sirova voda																
Koagulator I																
Koagulator II																
Voda za piće																
Sirova voda	1.21	1.14	0.28	0.20												
Koagulator I	0.24	0.18	0.10	0.12												
Koagulator II	0.23	0.22	0.12	0.18												
Voda za piće	0.1	0.21	0.16	0.00	0.00											
Sirova voda																
Koagulator I																
Koagulator II																
Voda za piće																
Sirova voda																
Koagulator I																
Koagulator II																
Voda za piće																

Слика 55.- Вредности мутноће, K_2MnO_4 , Mn и NH_3 мерење у 12:00

17.4 Пречишћавање отпадних вода

Отпадна вода која остаје након пречишћавања у коагулатору 1 и 2 одводи се до постројења за пречишћавање отпадних вода. Отпадна вода преводи се преко ламела на којима се задржава нечистоћа из воде.



Слика 56.- Ламела за пречишћавање отпадних вода

Након што вода пређе преко ламела одводи се до лагуна где вода мирује одређени период, а нечистоће се слежу на дно лагуна. Затим се вода испушта у реку која пролази кроз насеље „Пајсијевић“. Муљ који се налази на дну лагуна вади се и просипа око лагуна.



Слика 57.- Лагуна за пречишћавање отпадних вода

18. Методе узорковања земљишта и резултати

На састав воде такође утиче земљиште које се налази око акумулационог језера и његових притока. Узорковање земљишта се одвија на две локације око језера Гружа, на површинском делу и на дубини од 50 cm. Места на којима се узимају узорци су локалитет „Борићи“ и место Жуње.

Земљиште се узоркује да би се одредио утицај различитих активности (индустрије и пољопривреде) на квалитет животне средине, у првом реду на квалитет земљишта и површинских и подземних вода.

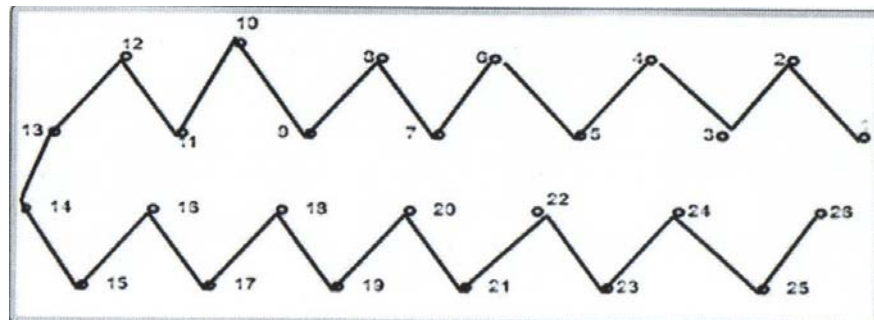
Веома је важно правилно узимање узорка земљишта јер од њега зависе и резултати анализа, те према томе и исправност закључака и мера које се предлажу. Просечан узорак се састоји од 20-25 појединачних узорака земљишта (број зависи од величине површине производне парцеле) који се мешају и прави се просечан узорак. Просечан узорак земљишта потиче са производне парцеле површине максимално до 5 ha, уједначене по надморској висини и квалитету земљишта. Уколико је парцела неуједначена (по надморској висини, нагибу, боји и квалитету земљишта, гајеној биљној врсти...) број узорака зависи од броја постојећих целина. Ако је површина

парцеле већа од 5 ha, парцела се дели на више делова са којих се узима просечан узорак земљишта[9].

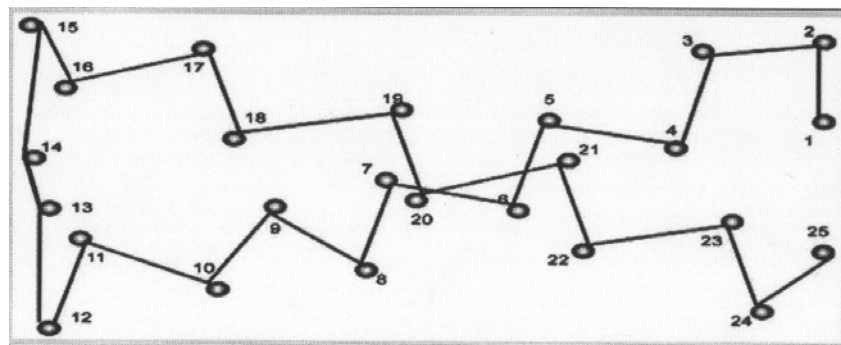
18.1 Технике узорковања земљишта

Време узорковања земљишта је након скидања усева, лети или зими. Узоркује се једанпут годишње узимајући у обзир плодоред или сезону, као и климатске услове. Број узорака по парцели зависи од величине парцеле са које се узима узорак и минимум се узима три узорка на неколико дубина. Након тога се направи просечан узорак.

Кретање по парцели може да буде по такозваном „шаховском распореду“ или „по дијагонали“, важно је да просечан узорак представља што је могуће равномернији распоред појединачних узорака по читавој површини парцеле.



Слика 58.- Кретање по парцели по „ шаховском распореду“



Слика 58.- Кретање по парцели „по дијагонали“

Опрема за узорковање земљишта су:

- цилиндри за земљиште,
- земљишне сонде,
- тубе са нултом контаминацијом,
- хидрауличне сонде.

18.1.1 Комплекти за узорковање земљишта цилиндрима

Физичке особине земљишта се детаљно утврђују у лабораторији. Лабораторијска проучавања обично захтевају непоремећене узорке земљишта, пожељно уједначених

или стандардизованих димензија. Да се задовоље ови захтеви узорци земљишта се узимају у цилиндрима познатог пречника и запремине. За узимање непоремећених узорака земљишта у цилиндрима за узорковање, развијени су разни сетови за узорковање. Ови разни сетови се разликују једни од других по примењеном држачу цилиндра, пречнику цилиндра, изабраном начину прикључивања и методи узорковања. Комплет за узорковање цилиндрима 07.53SA, модел А, се примењује за узимање узорка земљишта у цилиндрима у меким земљиштима изнад нивоа подземне воде.



Слика 59.- Комплет за узорковање цилиндрима 07.53SA

Комплет за узорковање цилиндрима 07.53SC, модел С се може користити за узимање узорка земљишта у цилиндрима у дословно свим врстама земљишта.



Слика 60.- Комплет за узорковање цилиндрима 07.53SC

Цилиндри за узорке земљишта су прстенови од нерђајућег челика направљени од безшафних цеви, глатки изнутра и изван. Дно ових цилиндара има оштру секућу ивицу. Њихове димензије, а тиме и запремина њима узетог узорка земљишта је тачно позната што их чини врло погодним за лабораторијска проучавања. Овим цилиндрима се узимају непоремећени узорци земљишта који се потом користе за:

- Садржај влаге при различитим водним притисцима, од чега се може сачинити pF крива,
- Проводљивост воде,
- Проводљивост ваздуха,
- Запреминске тежине,
- Густине,
- Односи земљиште-вода-ваздух при пољском капацитету,
- Порна дистрибуција,
- Дифузија кисеоника.

18.2 Поступак узорковања земљишта

Потребан прибор за узорковање земљишта су сонда или ашов и 1 кофа, PVC кеса, оловка и папир.

Појединачни узорци се узимају сондом или ашовом на дубини од 0- 30 cm и 30-60 cm. Ашовом се извади грумен земље (слика 61-1). Затим се уз ивицу рупе поново забоду ашов под углом од 90° од површине до дубине од 50 cm (слика 61-2). Пажљиво се извади ашов са земљом, тако да она остане на ашову када се положи на тло. Потом се по земљи које је на ашову ножем направи „каиш“, ширине по 3-4 cm по средини ашова до његовог врха, тј до дубине од 50 cm.

Земља на ашову лево и десно од „каиша“ се одбаци, а „каиш“ земље се убаци у чисту кофу (слика 61-3-6).

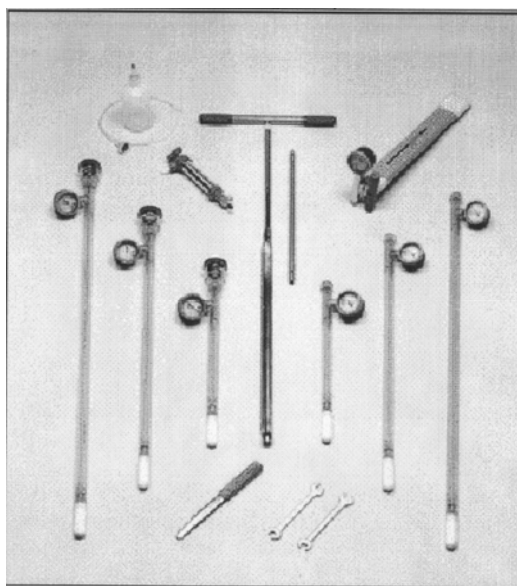
Овај поступак се понови са 20-25 равномерно распоређених места по целој површини парцеле, при чему се појединачни узорци са исте дубине убацију у исту кофу. Након узимања последњег појединачног узорка, земља у кофи се добро измеша, уситне се веће грудве и одстрани се камење и биљни делови. Након поновног мешања земље у кофи у полиетиленску врећицу се стави око 0,5-1 kg земље, а вишак се баци. Затворена полиетиленска врећица се стави у већу кесу у којој је убачена етикета са подацима.





Слика 61- Поступак узорковања земљишта

Поступак је исти и при узимању узорка са површине земље осим што се не вади са одређене дубине већ се скида површински слој.



Слика 62.- Тензиометри

За теренско одређивање садржаја влаге у земљишту користе се тензиометри.

Као што је већ поменуто у тексту након узимања узорака земљишта, узорци се односе у лабораторију на анализу.

18.2.1 Локалитет „Борићи“

Локалитет „Борићи“ на слици 63 означени су црвеном тачком. Налази се са десне стране пута када се иде из правца Кнића ка језеру „Гружа“.



Слика 63.- Локалитет „Борићи“ на Гружанском језеру

Извештај о испитивању седимента		Број ОВ320	
Подаци о кориснику			
Назив и адреса	СКУПШТИНА ГРАДА КРАГУЛЕВЦА		
Одговорно лице			
Подаци о узорку			
Врста узорка	седимент(земљиште)		
Место узорковања	Гружанско језеро-борићи -површина		
Врста испитивања	хемијско, тешки метали, пестициди		
Основ узорковања	на основу уговора		
Број узорка	ОВ 320		
Остали подаци о узорку (ако је релевантно)	-		
Узорковање вршено по	Упутство за узорковање земљишта "Комунална хигијена" С. Рамзин		
Узорковао	Зоран Пецељ,	Потпис	
Датум узорковања	04.11.2013.године		

Слика 64.- Извештај о испитивању седимента на површинском делу[10]

Институт који је радио анализу земљишта након истраживања објављује информације јавно. Прво су представљени резултати са површинског узорковања земљишта на локалитету „Борићи“. Како се може видети на сликама 65 и 66 након одрађених анализа да су све вредности испитиваних материја у границама нормале на површинском делу земљишта.

	Резултат физичко-хемијског испитивања земљишта	Број ОВ 320	
---	---	----------------	--

Број узорка: ОВ 320					
Параметар	Мер. јед.	ГВ	РВ	Испитана вредност	Метода/техника испитивања
рН	-	-	-	7,26	SRPS ISO 10390:2007
Сульфати као сумпор	%	-	-	0,25	Јодометријска (по Шмитцу)
Фосфати као фосфорпентоксид	mg P ₂ O ₅ / 100g	-	-	10,72	Спектрофотометријски (са амонјуммолибдатом)
Укупни азот	%	-	-	0,28	SRPS EN 13342:2008
Садржај воде	%	-	-	6,13	SRPS ISO 11465:2004
Сува материја	%	-	-	93,87	SRPS ISO 11465:2004
Арсен (As)	mg/kg	29	55	1,619	У.05.65
Олово (Pb)	mg/kg	85	530	6,281	
Кадмијум (Cd)	mg/kg	0,8	12	0,274	
Хром (укупни) (Cr)	mg/kg	100	380	6,480	
Бакар (Cu)	mg/kg	36	190	2,467	
Никл (Ni)	mg/kg	35	210	5,707	
Жива (Hg)	mg/kg	0,3	10	0,210	
Цинк (Zn)	mg/kg	140	720	5,358	
Кобалт (Co)	mg/kg	9	240	-	У.05.61
Алдрин	mg/kg	0,00006	4	< 0,00006	
Диелдрин	mg/kg	0,0005		< 0,0005	
Ендрин	mg/kg	0,00004		< 0,00004	
Ендосулфан	mg/kg	0,00001	4	< 0,00001	
Хлордан	mg/kg	0,00003	2	< 0,00003	
Хептахлор	mg/kg	0,0007	4	< 0,0007	
Хептахлорепоксид	mg/kg	2·10 ⁻³	4	< 2·10 ⁻³	
Хексахлорциклохексани	mg/kg	0,01	2	< 0,001	
α - HCH	mg/kg	0,003	-	< 0,001	
β - HCH	mg/kg	0,009	-	< 0,001	
γ - HCH	mg/kg	0,00005	-	< 0,00005	
DDT (DDE+DDD)	mg/kg	0,01	4	< 0,005	

Слика 65.- Резултати физичко-хемијског испитивања земљишта површинског дела

		Резултат физичко-хемијског испитивања земљишта			Број ОВ 320	
Параметар		Мер. јед.	ГВ	РВ	Испитана вредност	Метода/техника испитивања
	Атразин	mg/kg	0,0002	6	< 0,0002	У.05.62
Полициклически ароматични угљоводоници (ПАУ)	anthracene	mg/kg	1	40	< 0,01	У.05.64
	benz[a]anthracene	mg/kg			< 0,01	
	benzo[k]fluoranthene	mg/kg			< 0,01	
	benzo[a]pyrene	mg/kg			< 0,01	
	chrysene	mg/kg			< 0,01	
	phenanthrene	mg/kg			< 0,01	
	fluoranthene	mg/kg			< 0,01	
	indeno[1,2,3-cd]pyrene	mg/kg			< 0,01	
	naphthalene	mg/kg			< 0,01	
	benzo[ghi]perylene	mg/kg			< 0,01	
Полихлоровани бифенили (ПХБ)	PCB 28	mg/kg	0,02	1	< 0,002	У.05.63
	PCB 52	mg/kg			< 0,002	
	PCB 101	mg/kg			< 0,002	
	PCB 138	mg/kg			< 0,002	
	PCB 153	mg/kg			< 0,002	
	PCB 180	mg/kg			< 0,002	
	PCB 118	mg/kg			-	
Легенда: ГВ– гранична вредност РВ– ремедиациона вредност У.05.61– Одређивање садржаја органохлорних пестицида у земљишту У.05.62– Одређивање садржаја триазина у земљишту У.05.63– Одређивање садржаја полихлорованих бифенила у земљишту У.05.64– Одређивање садржаја полициклических ароматичних угљоводоника у земљишту У.05.65– Одређивање садржаја метала у земљишту						
КОМЕНТАР Узоркована земља у физичко-хемијском погледу, према Уредби о програму системског праћења квалитета земљишта, индикаторима за оцену ризика од деградације земљишта и методологији за израду ремедиационих програма, (Сл. гласник РС бр. 88/2010), ОДГОВАРА.						

Слика 66.- Резултати физичко-хемијског испитивања земљишта површинског дела

Извештај о испитивању седимента		Број ОВ321	
Подаци о кориснику			
Назив и адреса	СКУПШТИНА ГРАДА КРАГУЈЕВЦА		
Одговорно лице			
Подаци о узорку			
Врста узорка	седимент(земљиште)		
Место узорковања	Гружаско језеро-борићи –дубина 50cm		
Врста испитивања	хемијско, тешки метали, пестициди		
Основ узорковања	на основу уговора		
Број узорка	ОВ 278		
Остали подаци о узорку (ако је релевантно)	-		
Узорковање вршено по	Упутство за узорковање земљишта "Комунална хигијена" С. Рамзин		
Узорковао	Зоран Пецељ,	Потпис	
Датум узорковања	04.11.2013.године		

Слика 67.- Извештај о испитивању седимента на дубини 50 cm

Након површинске анализе земљишта ради се анализа земљишта на дубини од 50 cm. Може се видети да је након анализа утврђено да земљиште не одговара због повећане концентрације кадмијума, никла и живе. Резултати су приказани на сликама 68 и 69.



Резултат физичко-хемијског
испитивања земљишта

Број
ОВ 321

Број узорка: ОВ 321

Параметар	Мер. јед.	ГВ	РВ	Испитана вредност	Метода/техника испитивања	
pH	-	-	-	7,19	SRPS ISO 10390:2007	
Сульфати као сумпор	%	-	-	0,26	Јодометријска (по Шмиту)	
Фосфати као фосфорпентоксид	mg P ₂ O ₅ / 100g	-	-	10,05	Спектрофотометријски (са амонијуммолибдатом)	
Укупни азот	%	-	-	0,25	SRPS EN 13342:2008	
Садржај воде	%	-	-	6,49	SRPS ISO 11465:2004	
Сува материја	%	-	-	93,51	SRPS ISO 11465:2004	
Арсен (As)	mg/kg	29	55	1,860	У.05.65	
Олово (Pb)	mg/kg	85	530	63,399		
Кадмијум (Cd)	mg/kg	0,8	12	1,849		
Хром (укупни) (Cr)	mg/kg	100	380	77,687		
Бакар (Cu)	mg/kg	36	190	13,938		
Никл (Ni)	mg/kg	35	210	36,446		
Жива (Hg)	mg/kg	0,3	10	0,346		
Цинк (Zn)	mg/kg	140	720	9,467		
Кобалт (Co)	mg/kg	9	240	-		
Пестициди	Алдрин	mg/kg	0,00006	4	< 0,00006	У.05.61
	Диелдрин	mg/kg	0,0005		< 0,0005	
	Ендрин	mg/kg	0,00004		< 0,00004	
	Ендосулфан	mg/kg	0,00001	4	< 0,00001	
	Хлордан	mg/kg	0,00003	2	< 0,00003	
	Хептахлор	mg/kg	0,0007	4	< 0,0007	
	Хептахлорепоксид	mg/kg	2·10 ⁻⁷	4	< 2·10 ⁻⁷	
	Хексахлорциклохексани	mg/kg	0,01	2	< 0,001	
	α - HCH	mg/kg	0,003	-	< 0,001	
	β - HCH	mg/kg	0,009	-	< 0,001	
	γ - HCH	mg/kg	0,00005	-	< 0,00005	
	DDT (DDE+DDD)	mg/kg	0,01	4	< 0,005	
	Атразин	mg/kg	0,0002	6	< 0,0002	У.05.62

Слика 68.- Резултати физичко-хемијског испитивања земљишта на дубини 50 cm

		Резултат физичко-хемијског испитивања земљишта			Број ОВ 321	
Параметар		Мер. јед.	ГВ	РВ	Испитана вредност	Метода/техника испитивања
Полициклически ароматични угљоводоници (ПАУ)	anthracene	mg/kg	1	40	< 0,01	У.05.64
	benz[a]anthracene	mg/kg			< 0,01	
	benzo[k]fluoranthene	mg/kg			< 0,01	
	benzo[a]pyrene	mg/kg			< 0,01	
	chrysene	mg/kg			< 0,01	
	phenanthrene	mg/kg			< 0,01	
	fluoranthene	mg/kg			< 0,01	
	indeno[1,2,3-cd]pyrene	mg/kg			< 0,01	
	naphthalene	mg/kg			< 0,01	
	benzo[ghi]perylene	mg/kg			< 0,01	
Полихлоровани бифенили (ПХБ)	PCB 28	mg/kg	0,02	1	< 0,002	У.05.63
	PCB 52	mg/kg			< 0,002	
	PCB 101	mg/kg			< 0,002	
	PCB 138	mg/kg			< 0,002	
	PCB 153	mg/kg			< 0,002	
	PCB 180	mg/kg			< 0,002	
	PCB 118	mg/kg			-	
Легенда: ГВ– гранична вредност РВ– ремедијациона вредност У.05.61– Одређивање садржаја органичлорних пестицида у земљишту У.05.62– Одређивање садржаја триазина у земљишту У.05.63– Одређивање садржаја полихлорованихбифенила у земљишту У.05.64– Одређивање садржаја полициклическихароматичних угљоводоника у земљишту У.05.65– Одређивање садржаја метала у земљишту						
КОМЕНТАР Узоркована земља у физичко-хемијском погледу, према Уредби о програму системског праћења квалитета земљишта, индикаторима за оцену ризика од деградације земљишта и методологији за израду ремедијационих програма, (Сл. гласник РС бр. 88/2010), НЕ ОДГОВАРА.због : повећане концентрације кадмијума, никла и живе.						
Датум		Испитивање урадио		Шеф одељења санитарне хемије		
03.12.2013.		Милорад Ранковић спец.токс.хем.		мр Весна Матовић дипл. хем.		

Слика 69.- Резултати физичко-хемијског испитивања земљишта на дубини 50 cm

18.2.2 Место „Жуње“

Место „Жуње“ , на слици 70, означено је црвеном тачком. Налази се са леве стране пута када се иде из правца Кнића ка језеру „Гружа“.



Слика 70.- Место „Жуње“ на Гружанском језеру

Извештај о испитивању седимента	Број ОВ322	
--	-----------------------	--

Подаци о кориснику	
Назив и адреса	СКУПШТИНА ГРАДА КРАГУЈЕВЦА
Одговорно лице	

Подаци о узорку			
Врста узорка	седимент(земљиште)		
Место узорковања	Гружанско језеро-Жуње -површина		
Врста испитивања	хемијско, тешки метали, пестициди		
Оснoв узорковања	на основу уговора		
Број узорка	ОВ322		
Остали подаци о узорку (ако је релевантно)	-		
Узорковање вршено по	Упутство за узорковање земљишта "Комунална хигијена" С. Рамзин		
Узорковао	Зоран Пецељ,	Потпис	
Датум узорковања	04.11.2013.године		

Слика 71.- Извештај о испитивању седимента на површинском делу

Као и на локалитету „Борићи“ и у месту „Жуње“ врше се површинске анализе површинског дела земљишта, и након урађених анализа долази се до закључка да испитивано земљиште одговара, односно да су све испитиване материје у границама нормале. Резултати су приказани на сликама 72 и 73.



Резултат физичко-хемијског
испитивања земљишта

Број
ОВ 322

Број узорка: ОВ 322

Параметар	Мер. јед.	ГВ	РВ	Испитана вредност	Метода/техника испитивања	
рН	-	-	-	7,36	SRPS ISO 10390:2007	
Сулфати као сумпор	%	-	-	0,17	Јодометријска (по Шмиту)	
Фосфати као фосфорпентоксид	mg P ₂ O ₅ / 100g	-	-	4,04	Спектрофотометријски (са амонијуммолибдатом)	
Укупни азот	%	-	-	0,10	SRPS EN 13342:2008	
Садржај воде	%	-	-	9,28	SRPS ISO 11465:2004	
Сува материја	%	-	-	90,72	SRPS ISO 11465:2004	
Арсен (As)	mg/kg	29	55	0,440	У.05.65	
Олово (Pb)	mg/kg	85	530	0,127		
Кадмијум (Cd)	mg/kg	0,8	12	0,174		
Хром (укупни) (Cr)	mg/kg	100	380	4,035		
Бакар (Cu)	mg/kg	36	190	2,764		
Никл (Ni)	mg/kg	35	210	7,523		
Жива (Hg)	mg/kg	0,3	10	0,061		
Цинк (Zn)	mg/kg	140	720	1,320		
Кобалт (Co)	mg/kg	9	240	-		
Пестициди	Алдрин	mg/kg	0,00006	4	< 0,00006	У.05.61
	Диелдрин	mg/kg	0,0005		< 0,0005	
	Ендрин	mg/kg	0,00004		< 0,00004	
	Ендосулфан	mg/kg	0,00001	4	< 0,00001	
	Хлордан	mg/kg	0,00003	2	< 0,00003	
	Хептахлор	mg/kg	0,0007	4	< 0,0007	
	Хептахлорепоксид	mg/kg	2·10 ⁻⁷	4	< 2·10 ⁻⁷	
	Хексахлорциклохексани	mg/kg	0,01	2	< 0,001	
	α- HCH	mg/kg	0,003	-	< 0,001	
	β - HCH	mg/kg	0,009	-	< 0,001	
	γ - HCH	mg/kg	0,00005	-	< 0,00005	
	DDT (DDE+DDD)	mg/kg	0,01	4	< 0,005	
	Атразин	mg/kg	0,0002	6	< 0,0002	У.05.62

Слика 72.- Резултати физичко-хемијског испитивања земљишта површинског дела

		Резултат физичко-хемијског испитивања земљишта			Број ОВ 322	
Параметар		Мер. јед.	ГВ	РВ	Испитана вредност	Метода/техника испитивања
Полициклически ароматични угљоводоници (ПАУ)	anthracene	mg/kg	1	40	< 0,01	У.05.64
	benz[a]anthracene	mg/kg			< 0,01	
	benzo[k]fluoranthene	mg/kg			< 0,01	
	benzo[a]pyrene	mg/kg			< 0,01	
	chrysene	mg/kg			< 0,01	
	phenanthrene	mg/kg			< 0,01	
	fluoranthene	mg/kg			< 0,01	
	indeno[1,2,3-cd]pyrene	mg/kg			< 0,01	
	naphthalene	mg/kg			< 0,01	
	benzo[ghi]perylene	mg/kg			< 0,01	
	Полихлоровани бифенили (ПХБ)	PCB 28			mg/kg	
PCB 52		mg/kg	< 0,002			
PCB 101		mg/kg	< 0,002			
PCB 138		mg/kg	< 0,002			
PCB 153		mg/kg	< 0,002			
PCB 180		mg/kg	< 0,002			
PCB 118		mg/kg	-	< 0,002		
Легенда: ГВ– гранична вредност РВ– ремедијациона вредност У.05.61– Одређивање садржаја органихлорних пестицида у земљишту У.05.62– Одређивање садржаја триазина у земљишту У.05.63– Одређивање садржаја полихлорованих бифенила у земљишту У.05.64– Одређивање садржаја полициклических ароматичних угљоводоника у земљишту У.05.65– Одређивање садржаја метала у земљишту						
КОМЕНТАР Узоркована земља у физичко-хемијском погледу, према Уредби о програму системског праћења квалитета земљишта, индикаторима за оцену ризика од деградације земљишта и методологији за израду ремедијационих програма, (Сл. гласник РС бр. 88/2010), ОДГОВАРА.						
Датум		Испитивање урадио		Шеф одељења санитарне хемије		
03.12.2013.		Милорад Ранковић спец.токс.хем.		мр Весна Матовић дипл. хем.		

Слика 73.- Резултати физичко-хемијског испитивања земљишта површинског дела

Извештај о испитивању седимента		Број ОВ323	
--	--	---------------	--

Подаци о кориснику	
Назив и адреса	СКУПШТИНА ГРАДА КРАГУЈЕВЦА
Одговорно лице	

Подаци о узорку			
Врста узорка	седимент(земљиште)		
Место узорковања	Гружанско језеро-Жуње -дубина 50цм		
Врста испитивања	хемијско, тешки метали, пестициди		
Основ узорковања	на основу уговора		
Број узорка	ОВ 323		
Остали подаци о узорку (ако је релевантно)	-		
Узорковање вршено по	Упутство за узорковање земљишта "Комуналана хигијена" С. Рамзин		
Узорковао	Зоран Пецељ,	Потпис	
Датум узорковања	04.11.2013.године		

Напомена
1. Резултати испитивања се односе само на испитивани узорак
2. Извештај се не сме умножавати, изузев у целини, без сагласности Института за јавно здравље Крагујевац
3.

Слика 74.- Извештај о испитивању седимента на дубини 50 cm

Након испитивања површинског дела анализира се земљиште на дубини од 50 cm. Као и земљиште са површинског дела и ово земљиште одговара јер су испитиване материје у границама нормале. Резултати су приказани на сликама 75 и 76.



Резултат физичко-хемијског
испитивања земљишта

Број
ОВ 323

Број узорка: ОВ 323

Параметар	Мер. јед.	ГВ	РВ	Испитана вредност	Метода/техника испитивања	
рН	-	-	-	7,32	SRPS ISO 10390:2007	
Сулфати као сумпор	%	-	-	0,16	Јодометријска (по Шмиту)	
Фосфати као фосфорпентоксид	mg P ₂ O ₅ / 100g	-	-	4,42	Спектрофотометријски (са амонијуммолибдатом)	
Укупни азот	%	-	-	0,14	SRPS EN 13342:2008	
Садржај воде	%	-	-	9,96	SRPS ISO 11465:2004	
Сува материја	%	-	-	90,04	SRPS ISO 11465:2004	
Арсен (As)	mg/kg	29	55	0,296	У.05.65	
Олово (Pb)	mg/kg	85	530	1,925		
Кадмијум (Cd)	mg/kg	0,8	12	0,222		
Хром (укупни) (Cr)	mg/kg	100	380	6,665		
Бакар (Cu)	mg/kg	36	190	4,098		
Никл (Ni)	mg/kg	35	210	9,528		
Жива (Hg)	mg/kg	0,3	10	0,010		
Цинк (Zn)	mg/kg	140	720	8,145		
Кобалт (Co)	mg/kg	9	240	-		
Пестициди	Алдрин	mg/kg	0,00006	4	< 0,00006	У.05.61
	Диелдрин	mg/kg	0,0005		< 0,0005	
	Ендрин	mg/kg	0,00004		< 0,00004	
	Ендосулфан	mg/kg	0,00001	4	< 0,00001	
	Хлордан	mg/kg	0,00003	2	< 0,00003	
	Хептахлор	mg/kg	0,0007	4	< 0,0007	
	Хептахлорепоксид	mg/kg	2·10 ⁻⁷	4	< 2·10 ⁻⁷	
	Хексахлорциклохексани	mg/kg	0,01	2	< 0,001	
	α- HCH	mg/kg	0,003	-	< 0,001	
	β - HCH	mg/kg	0,009	-	< 0,001	
	γ - HCH	mg/kg	0,00005	-	< 0,00005	
	DDT (DDE+DDD)	mg/kg	0,01	4	< 0,005	
	Атразин	mg/kg	0,0002	6	< 0,0002	У.05.62

Слика 75.- Резултати физичко-хемијског испитивања земљишта на дубини 50 cm

		Резултат физичко-хемијског испитивања земљишта			Број ОВ 323	
Параметар		Мер. јед.	ГВ	РВ	Испитана вредност	Метода/техника испитивања
Полициклически ароматични угљоводоници (ПАУ)	anthracene	mg/kg	1	40	< 0,01	У.05.64
	benz[a]anthracene	mg/kg			< 0,01	
	benzo[k]fluoranthene	mg/kg			< 0,01	
	benzo[a]pyrene	mg/kg			< 0,01	
	chrysene	mg/kg			< 0,01	
	phenanthrene	mg/kg			< 0,01	
	fluoranthene	mg/kg			< 0,01	
	indeno[1,2,3-cd]pyrene	mg/kg			< 0,01	
	naphthalene	mg/kg			< 0,01	
	benzo[ghi]perylene	mg/kg			< 0,01	
Полихлоровани бифенили (ПХБ)	PCB 28	mg/kg	0,02	1	< 0,002	У.05.63
	PCB 52	mg/kg			< 0,002	
	PCB 101	mg/kg			< 0,002	
	PCB 138	mg/kg			< 0,002	
	PCB 153	mg/kg			< 0,002	
	PCB 180	mg/kg			< 0,002	
	PCB 118	mg/kg	-		< 0,002	
Легенда: ГВ– гранична вредност РВ– ремедијациона вредност У.05.61– Одређивање садржаја органохлорних пестицида у земљишту У.05.62– Одређивање садржаја триазина у земљишту У.05.63– Одређивање садржаја полихлорованих бифенила у земљишту У.05.64– Одређивање садржаја полициклических ароматичних угљоводоника у земљишту У.05.65– Одређивање садржаја метала у земљишту						
КОМЕНТАР Узоркована земља у физичко-хемијском погледу, према Уредби о програму системског праћења квалитета земљишта, индикаторима за оцену ризика од деградације земљишта и методологији за израду ремедијационих програма, (Сл. гласник РС бр. 88/2010), ОДГОВАРА.						
Датум		Испитивање урадио		Шеф одељења санитарне хемије		
03.12.2013.		Милорад Ранковић спец.токс.хем.		мр Весна Матовић дипл. хем.		

Слика 76.- Резултати физичко-хемијског испитивања земљишта на дубини 50 cm

Резултати приказани на претходним сликама су из 2013 године пошто још увек нису издати резултати за 2014 годину.

19. Закључак

Хидролошка и хидрогеолошка испитивања, која су спроводена у Шумадији, показала су да у ближој и даљој околини Крагујевца нема довољно подземне воде (бунарске и артерске) за водоснабдевање, па се зато приступило изградњи акумулација. Прво Грошничке акумулације, па Гружанске акумулације, а у будућности буће нужна изградња акумулација Лопатница, односно Студеница у оквиру Регионалног водопривредног система „Студеница“ [11].

Град Крагујевац снабдева се водом за пиће са три изворишта:

- „Грошничког“ система,
- „Моравског“ система,
- „Гружанског“ система.

Гружански систем представља окосницу водоснабдевања Крагујевца водом (60-70%), као и делове општина Кнић и Краљево. Сва три изворишта укупно обезбеђује снабдевање водом око 250.000 становника и привреде. Међутим, због неповољне морфологије терена на коме је формирана акумулације „Гружа“ (плитко језеро) и неспровођење мера заштите на сливу реке Груже, временом је дошло до значајног погоршања квалитета воде у акумулацији (еутрофикација језера).

Увођење процеса дифузне аерације 1988. године и хиполимнетичке аерације 1992. године квалитет сирове воде у акумулацији је донекле био поправљен. За решење овог проблема било је потребно извршити радове на реконструкцији постојећег постројења за пречишћавање воде, увођење предозонизације као и доградње постројења у смислу будућег увођења процеса главне озонације и филтрације на филтрима са активним угљем. Испитивања су показала добре резултате, између осталог органске материје су смањене са раније оксидабилности (8,5-9,0) на 7mg/l-7.8 mg/l што је испод границе максимално дозвољене концентрације од 8.0 mg.

Ново изведеном процесном јединицом предозонирања, које је уграђено у постојеће постројење за пречишћавање воде, отклоњен је непријатни мирис и укус воде, они су неутралисани, смањена је могућност потенцијалног стварања трихалометана и грађани су добили чисту пијаћу воду.

За водоснабдевање у летњем периоду када капацитет постројења достиже 1.200 l/s, неопходно је уградити још један озон генератор који ће служити само у том периоду. Сви остали објекти и инсталације су изграђени за крајњи инсталирани капацитет од 1.200 l/s.

20. Литература

- [1] Вук Р. Туцаковић, Анализа еколошких оптерећења хидроакумулације „Гружа“ и припрема одговарајућег предлога мера за смањење њиховог утицаја на квалитет воде, завршни рад, Машински факултет у Крагујевцу, 2013.
- [2] <https://www.google.rs/maps/place/%D0%93%D1%80%D1%83%D0%B6%D0%B0/@43.9217653,20.6891092,13z/data=!3m1!4b1!4m2!3m1!1s0x47571765b3187463:0x3949253c4f881149> (приступљено 1.11.2014)
- [3] Чомић Љ., Остојић А., Ћурчић С., Квалитет акватичних екосистема на територији града Крагујевца, Фестивал Квалитета 2006
- [4] Ćurčić S., Čomić Lj., Microbiological index of water quality (mWQI) tested on the Gruza reservoir, Arch. Biol. Sci., Belgrade, 54 (3-4), 75-78, 2002
- [5] Акумулација “Гружа”, Студија, Енергопројект Београд, 1988.
- [6] Драган Шипрага, Дезинфекција воде озоном, Београд, 2011.
- [7] Квалитет вода, Лабораторијски приручник, Грађевински Факултет, Универзитет у Београду, Београд 2010.
- [8] Вода за пиће: Стандардне методе за испитивање хигијенске исправности, Савезни завод за здравствену заштиту НИП ”Привредни преглед”, Београд 1990.
- [9] Мониторинг и узорковања земљишта, Институт за јавно здравље Крагујевац, Крагујевац 2013.
- [10] Резултати узорковања земљишта, Институт за јавно здравље Крагујевац, Крагујевац 2013.
- [11] Чиста вода за пиће за град Крагујевац, Крагујевац 2009.