

**УНИВЕРЗИТЕТ “СВ. КИРИЛ И МЕТОДИЈ” – СКОПЈЕ  
ФАРМАЦЕВТСКИ ФАКУЛТЕТ**



**ПРАКТИЧНИ ВЕЖБИ  
ПО  
ИСПИТУВАЊЕ И КОНТРОЛА НА  
ВОДА**

**- за програмата лабораториски биоинженер -**

**Подготвиле:  
Проф. д-р Лидија Петрушевска-Този  
Ас. Тања Петреска Ивановска**

**Скопје, 2015**

## СОДРЖИНА:

<b>1. Вода за пиење</b>	<b>3</b>
1.1. Земање на примероци од вода за пиење за анализа	4
1.2. Органолептичка анализа	4
1.3. Физичко – хемиско испитување на водата	6
1.3.1. Определување на рН	6
1.3.2. Резидуален хлор	7
1.3.2.1. Определување на вкупен резидуален хлор во вода	8
1.3.3. Определување на алкалитет на вода	9
1.3.3.1. Определување со индикатор фенолфталеин	10
1.3.3.2. Определување со индикатор метилоранж	10
1.3.4. Определување на тврдина на вода	11
1.3.4.1. Комплексометриско определување на вкупна тврдина на вода	12
1.3.4.2. Определување на калциум	14
1.3.4.3. Пресметување на содржина на магнезиум	15
1.3.5. Определување на хлориди	16
1.3.5.1. Определување на хлориди по Mohr	17
1.3.6. Потрошувачка на калиум перманганат	18
1.3.6.1. Определување по метода на Kubel-Tiemann	19
1.3.7. Определување на содржината на азотни соединенија во вода	21
1.3.7.1. Определување на слободен амонијачен азот	22
1.3.7.2. Определување на нитратен азот	23
1.3.7.3. Определување на нитритен азот	25
1.4. Микробиолошка анализа	28
<b>Литература</b>	<b>30</b>

## Вода за пиене

Безбедноста и достапноста на водата за пиене претставуваат значајна грижа и цел на луѓето од цел свет. Штетните ефекти по здравјето поврзани со водата за пиене потекнуваат од употреба на вода загадена со инфективни агенси, токсични и радиоактивни супстанции.

Осовременувањето на пристапот кон обезбедување на чиста и хигиенски исправна вода за пиене претставува придонес кон подобрување на здравјето на луѓето. Светската здравствена организација во Женева 1993 година основа водичи за квалитет на водата за пиене кои всушност претставуваат меѓународна референтна точка за поставување на стандарди од аспект на одржување на безбедноста на водата за пиене.

Од физиолошка, хигиенска и епидемиолошка гледна точка, водата има големо значење за животот на луѓето. Од друга страна, водата за пиене може да претставува медиум за пренесување на различни патолошки микроорганизми кои доведуваат до хидрични епидемии, или да биде преносител на намерно додадени или случајно присутни отровни и радиоактивни материи. Во воени и други вонредни услови како земјотреси се зголемуваат потребите за вода поради големиот број на луѓе и материјални средства на мал простор со што се зголемува можноста за загадување на водата за пиене. Карактеристиките на водата за пиене условуваат потреба од континуирана стручна контрола на квалитетот на водата за пиене.

Систематската анализа на поединечни состојки на водата за пиене се изведува со помош на физички, хемиски и бактериолошки методи.

Физичкото испитување на водата за пиене опфаќа теренски преглед на водените објекти, определување на боја, мирис, вкус, бистрина односно заматување, рН, мерење на температурата итн.

Хемиската анализа на водата се однесува на определување на определен број супстанции кои се наоѓаат во водата за пиене и можат да влијаат на нејзината хигиенска исправност. Скратената хемиска анализа на водата позната како рутинска анализа опфаќа определување на тврдина на водата за пиене, железо, фекални индикатори, кислород и биолошка потрошувачка на кислород. Комплетната хемиска анализа се изведува само повремено и вклучува определување на јод и флуор, како и на токсични материи (олово, жива, цијаниди), детергенти, пестициди и радиоактивни материи.

Бактериолошката анализа се изведува со цел да се одреди бројот на непатогени и патогени бактерии во водата, како и други патогени клици и претставува најважен фактор за хигиенскиот квалитет на водата.

## Земање на примероци од вода за пиење за анализа

Според Правилникот за безбедност на вода “примерок на вода” е количина на вода земена еднократно на едно место, по пропишана методологија заради лабораториска анализа.

Примероци на вода од водоводната мрежа се земаат од почетната и завршната чешма, така што претходно се испушта да истекува водата за време од 5-10 минути. Примерок на вода од бунар се зема со помош на црпалка и тоа после 5 минути црпење на водата, додека пак примерок на вода од копани бунари се зема во сад за вадење вода откако ќе се одлее половина од водата во садот.

Примерок од површински води (река, поток) се зема на 2 метри оддалаченост од брегот, и тоа пола метар под површината на водата и најмалку пола метар над дното, така што се спушта шише со чеп во коса положба до потребната длабочина и со грлото завртено во правец на водената струја. Потоа шишето се отвора со конопна врвца прицврстена за затворувачот, се чека да се наполни шишето со вода до врвот и брзо се извлекува од водата.

Примероците на вода за физичка и хемиска анализа се земаат во чисто шише без мирис и со волумен од 1 L, кое пред полнењето неколку пати се испира со околу 100 ml вода наменета за анализа. Вообичаено е шишето да не се полни до врвот, туку се остава празен волумен околу 50 ml. Потоа шишето се затвора со чист плутен затворувач, се зацврстува и се забележуваат потребните податоци на картон кој е закачен на конопната врвца што служи за зацврстување на чепот.

Примерок на вода кој е наменет за микробиолошка анализа се зема во стерилен сад со соодветни мерки на претпазливост за да не дојде до секундарно загадување на примерокот.

## Органолептичка анализа

Водата за пиење според пропис треба да биде безбојна, но слабата обоеност нема големо хигиенско значење доколку водата е микробиолошки исправна. Бојата на водата, како и заматувањето потекнуваат од суспендираните честички од неорганско потекло, но и од материи кои можат да предизвикаат загадување на водата. Водите кои одговараат на прописите за хемиска и хигиенска исправност после мешање и стоење од 1-2 часа не треба да издвојуваат видлив талог. Ако се присутни трагови од железо во водата, таа ќе биде обоена слабо жолтеникаво.

Од хигиенски аспект, мирисот на водата е непожелен и најчесто претставува индикатор за загадување.

**Мирисот се одредува на ладно или топло на следниот начин:** шише со брусен затворувач се полни до половина со вода, потоа се затвора, па се промешува и веднаш се помирисува или претходно се загрева во затворен сад до 40 °C, се отвора капакот и се одредува мирисот.

Во некои региони водата може да поседува слаб мирис поради тоа што доаѓа во контакт со тресетните наслаги под површината на земјата. Оваа вода не е опасна по здравјето на луѓето, но е непријатна за пиење.

Некои природни води за пиење можат да имаат слаб метален, адстрингентен вкус кој потекнува од присутните соли на железо и манган, или слабо солен поради присуство на поголеми концентрации на NaCl (приморски подрачја). Вкусот на водата кој потекнува од индустриските отпадни води упатува на неисправна вода (води кои содржат феноли, петролеј и др.).

Исправните води по пропис не смеат да поседуваат никаков забележлив вкус. За да се направи ова определување, водата се загрева до вриење, врие за време од 5 минути, а потоа се оладува на 25 °C и се пробува на вкус.

Интензитетот на мирисот и вкусот на водата за пиење се одредуваат според табела 1.

Табела 1. Мирис и вкус на водата за пиење

0 бодови	без мирис (вкус)	мирис (вкус) не се чувствува
1 бод	многу слаб мирис (вкус)	го чувствуваат само искусни индивидуи (во лабораторија)
2 бодови	слаб мирис (вкус)	потрошувачите не го чувствуваат се додека не им се сврти вниманието
3 бодови	мирис (вкус) кој се чувствува	мирис (вкус) се чувствува и може да биде повод за жалба
4 бодови	силен мирис (вкус)	предизвикува внимание и непријатност кај потрошувачите кои се воздржуваат од пиење на водата
5 бодови	многу јак мирис (вкус)	мирис (вкус) со овој интензитет укажува на тоа дека водата е целосно непогодна за пиење

Исправната вода за пиење според прописите може да има слаб мирис и вкус, односно 2 бодови.

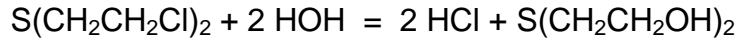
## Физичко – хемиско испитување на водата

### Определување на рН

Вредноста на рН на водата влијае врз хигиенската оцена на употребливоста и питкоста на водата. Врз рН вредноста на водата во прв ред влијаат индустриските загадувања.

Вредноста на рН во водата за пиење од водоводната мрежа мора да биде во граници од 6,8 до 8,5, а вредноста на рН на водата за пиење која се зема од други објекти за снабдување со вода за пиење мора да биде во граници од 6,5 до 9,0.

Определувањето на рН може да има големо значење при контрола на водата од аспект на загадување со некои отровни материи. На пример, иперит со хидролиза ја намалува рН вредноста на водата:



Притоа треба да се нагласи дека водата од новоизградени бунари и цистерни може да има зголемена вредност за рН поради неутрализација на водата со варта од малтерот и цементот. После одредено време, рН вредноста се стабилизира.

### Определување на рН со помош на индикаторска хартија

Наједноставно приближно определување на рН вредноста на примерокот се прави со помош на индикаторска хартија. Траката од индикаторска хартија се натопува со водата од примерокот и после 30 до 60 секунди, настанатата боја се споредува со скалата која се наоѓа на амбалажата на индикаторската хартија.

рН вредноста на водата може да се одреди и со помош на Hellige-ов компаратор, при што во компараторот се става соодветен котур со еталони на боите на индикаторот крезол црвено или бромтимол сино и со вртење на котурот со индикатор се изедначува бојата на индикаторот со бојата во киветата со примерок вода.

**Резултат:**

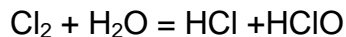
## Резидуален хлор

Хлорот не е природна состојка на водата. Водата за пиење подлежи на задолжителна дезинфекција и тоа најчесто се изведува со хлорирање. Хлорот или хлорните препарати остануваат во контакт со водата 30 минути и потоа се определува содржината на заостанат хлор во водата. Концентрацијата на вкупен резидуален хлор во водата за пиење мора да се движи помеѓу 0,2 и 0,5 mg/L, што укажува дека водата е воглавно дезинфицирана и тоа можат голем број луѓе да го почувствуваат со сетилата за вкус и мирис.

Зголемената концентрација на хлор во водата е многу непријатна заради тоа што делува иритирачки на слузокожата на носот и очите на капачите во базени чија вода се хлорира. Освен тоа хлорот предизвикува корозија на водоводните цевки и канализацијата. Некои видови на риби се исто така многу осетливи на токсичното дејство на хлорот.

Завршната фаза од пречистувањето на водата односно хлорирањето се врши со цел за уништување на микроорганизмите во водата за пиење, при што хлорот истовремено реагира со  $\text{NH}_3$ ,  $\text{Fe}^{2+}$ , Mn, сулфиди, феноли, како и со други хемиски супстанции што се наоѓаат во водата.

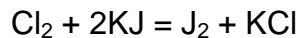
Вишокот од активен хлор во водата т.н. резидуален хлор се состои од слободен и врзан хлор. Слободниот хлор се однесува на хипохлорестата киселина и хипохлоритниот јон кои настануваат при следнава реакција:



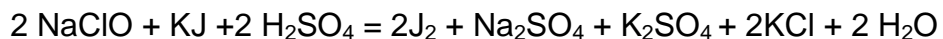
Врзаниот хлор се однесува на неорганските и органските хлорамини кои со своето оксидационо дејство придонесуваат за дезинфекција на водата за пиење. Двата облици на хлор, слободен и врзан можат истовремено да бидат присутни во водата и можат одделно да се определуваат колориметриски со помош на о-толидин-арсенитна метода или титрација со раствор на железо (II) амониум сулфат во присуство на N, N-диетил-р-фенилендиамин или колориметриски со N,N- диетил-р-фенилендиамин.

Најчесто се определуваат двата облици на хлор заедно, и тоа како активен или резидуален хлор. За таа цел се користи јодометриска или колориметриска метода со помош на о-толидин.

Според јодометриската метода, хлорот во водата може да се определи според следнава стехиометриска равенка:



Притоа реагира и хлорот во облик на хипохлорит:



Настанатиот јод се титрира со  $\text{Na}_2\text{S}_2\text{O}_3$  во присуство на скроб како индикатор. Од потрошениот волумен на  $\text{Na}_2\text{S}_2\text{O}_3$  се определува вишокот на

хлор, а од разликата на додадениот хлор и вишокот, се пресметува количеството на врзан хлор во водата.

Јодометриската метода се користи за определување на вкупната концентрација на хлор во води кои содржат над 1 mg хлор во 1 L вода.

Колориметриската метода со помош на о-толидин покажува поголема точност, и се користи за определување на концентрации на хлор кои се движат во поголем интервал од 0,01 - 7 mg хлор во 1 L вода.

Заради нестабилноста на растворите од хлор во вода, определувањето на активен хлор треба да се направи веднаш по земањето на примерокот и притоа треба да се внимава водата да не се меша и да не се изложува на светлина.

Хлорна потреба преставува разликата помеѓу количеството на хлор кое се додава на одреден волумен вода и количеството на слободен и врзан хлор кој заостанува во водата после одреден временски период (од неколку минути до неколку часови). Хлорната потреба зависи од додаденото количество хлор, времето на реакцијата, рН и температурата, од каде произлегува потребата овие услови да се одржуваат константни.

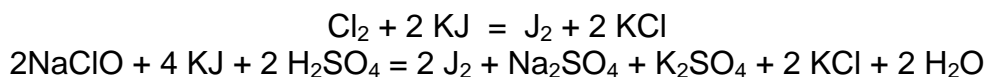
Хлорната потреба всушност претставува количество на хлор кое под дејство на супстанциите присутни во водата (пр.  $\text{NH}_3$ ,  $\text{CN}^-$ ,  $\text{Fe}^{2+}$ ,  $\text{Mn}^{2+}$ ,  $\text{NO}_2^-$ ,  $\text{S}^{2-}$ ,  $\text{SO}_3^{2-}$ , како и некои органски супстанции) се редуцира или преминува во неактивен облик. Определувањето на хлорната потреба најчесто се врши со додавање на хлорна вода во водата, со приближна концентрација од 0,1%.

## Определување на вкупен резидуален хлор во вода

### а) Определување со помош на јодид и скроб

#### Принцип:

Слободен хлор или во облик на хипохлорит реагира со јодиди при што се издвојува елементарен јод кој може да се одреди со натриум тиосулфат и скроб како индикатор:



#### Постапка:

Во 10 mL хлорирана вода се ставаат неколку кристалчиња од KJ и се меша додека се растворот, а потоа се ставаат 10 капки 1% раствор на скроб и содржината внимателно се промешува. При набљудување од страна ако се појави светло сино обојување, вредноста за резидуален хлор изнесува од 0,2 до 0,5 mg/L. Интензивно сино обојување одговара на концентрација од 0,5 до 1 mg/L вкупен резидуален хлор. Доколку растворот остане безбоен



при оваа постапка, концентрацијата на резидуален хлор е помала од 0,1 mg/L.

### **б) Определување со помош на о-толидин**

Реагенс:

- 0,1 % о-толидин (3,3'-метил бензидин)

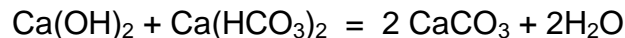
#### **Постапка:**

Во кивета со дебелина од 13 mm добро се мешаат водата за анализа и 1 mL раствор на о-толидин. Киветата се става на десната страна на Hellige-овиот компаратор и се чита резултатот после 5-10 минути според соодветниот котур. На долниот отвор на компараторот директно се отчитуваат вредностите за mg слободен хлор во 1000 mL вода.

#### **Резултат:**

### **Определување на алкалитет на вода**

Алкалитетот на водата потекнува од присутните хидроксида, карбонати и бикарбонати на алкалните и земноалкалните елементи. Во водата истовремено можат да се најдат карбонати и бикарбонати или карбонати и хидроксида. Хидроксида и бикарбонати не можат да се најдат заедно во водата затоа што доаѓа до реакција помеѓу нив:



#### **Принцип:**

Определувањето на алкалитетот на водата се врши со неутрализација на присутните алкални соединенија со киселина со позната концентрација, со помош на индикатор фенолфталеин и метилоранж.

Реагенси:

- 0,1 mol/L HCl
- 0,1 % алкохолен раствор на фенолфталеин
- 0,1 % раствор на метилоранж

#### **а) Определување со индикатор фенолфталеин**

##### **Постапка:**

Во ерленмаер се ставаат 100 mL вода за анализа и се додаваат 4 капки од растворот на фенолфталеин. Ако водата се обои розево, се титрира со раствор на 0,1 mol/L HCl до обезбојување.

##### **Пресметка:**

Резултатите се изразуваат во mL на 0,1 mol/L киселина потрошена за оваа неутрализација во 1 L вода.

$$\text{Алкалитет одреден со фенолфталеин} = a \cdot c \cdot 10 \cdot 1000 / p$$

a = mL од раствор на HCl потрошени за титрација

c = концентрација на растворот на HCl

p = mL на примерок вода земени за анализа

Во пресметката се множи со бројот 10 поради пресметување во mL раствор на 0,1 mol/L HCl.

#### **б) Определување со индикатор метилоранж**

##### **Постапка:**

Во ерленмаер се ставаат 100 mL вода за анализа и се додаваат 2 капки 0,1% раствор на метилоранж. Титрацијата се изведува со 0,1 mol/L HCl до појавување на портокалова нијанса.

##### **Пресметка:**

Резултатите се изразуваат во mL на 0,1 mol/L киселина потрошена за неутрализација на алкалноста во 1 L вода.

$$\text{Алкалитет одреден со метилоранж (вкупен алкалитет)} = a \cdot c \cdot 10 \cdot 1000 / p$$

Симболите во формулата имаат исто значење како и во пресметката на алкалитет со помош на фенолфталеин.

## Резултат:

### Толкување на резултатите:

Врз основа на вредностите добиени со определување на алкалитетот со помош на фенолфталеин и метилоранж може да се потврди видот на алкалитетот бидејќи со помош на фенолфталеин се одредуваат само хидроксида и карбонати до бикарбонати (со промена на бојата при рН 8,3), а со метилоранж се одредуваат хидроксида, карбонати и бикарбонати (со промена на бојата при рН околу 4).

Односно, ако:

1.  $P = 0$  и  $M = 0$ , водата нема алкалитет
2.  $P = M$ , водата содржи само хидроксида
3.  $P = 0$  и  $M > 0$ , водата содржи бикарбонати
4.  $2P = M$ , водата содржи карбонати
5.  $2P > M$ , водата содржи хидроксида и карбонати
6.  $2P < M$ , водата содржи карбонати и бикарбонати.

### Определување на тврдина на вода

Тврдината на водата потекнува од присуството на растворливи соли на калциум и магнезиум како што се бикарбонати, хлориди, нитрати, нитрити и сулфати.

Тврдината на водата може да биде од минлив и постојан карактер.

Минливата тврдина на водата потекнува од бикарбонатните соли. При загревање на водата минливата тврдина на водата се губи затоа што бикарбонатите се таложат во облик на карбонати:



Постојаната тврдина на водата потекнува од останатите растворливи соли на калциум и магнезиум. Збирот на минливата и постојаната тврдина на водата претставува вкупна тврдина на водата.

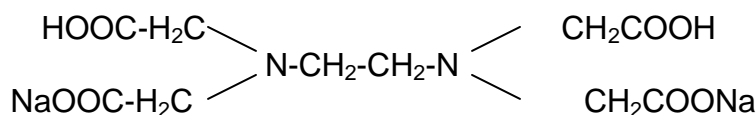
Тврдината на водата воглавно нема влијание врз здравјето на луѓето, но постои разлика помеѓу меки и тврди води од аспект на вкусот на водата. Освен тоа во тврда вода потешко се вари легуминозен зеленчук, а со сапуните тврдата вода слабо создава пена. Во технолошките погони

тврдите води предизвикуваат создавање на бигор кој го отежнува преносот на топлина, а може да доведе и до прскање на котлите, цевките за загревање итн.

### Комплексометриско определување на вкупна тврдина на водата

#### Принцип:

За комплексометриско определување на тврдината на водата се користи својството на комплексон III да гради стабилни комплекси со солите на калциум и магнезиум. Комплексон III претставува динатриумова сол на етилендиаминтетраоцетна киселина:



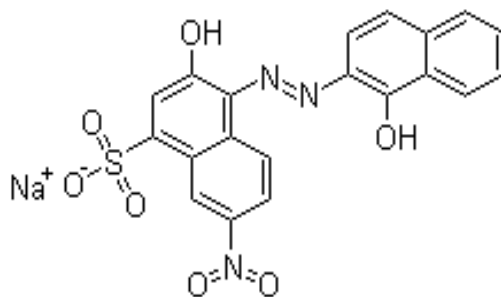
Во скратен облик може да се запише како  $\text{Na}_2\text{H}_2\text{Y}$ , кој лесно дисоцира:



Со јоните на некои метали при одредена рН вредност гради комплекси:



Определување на тврдина на вода се врши во присуство на индикаторот ерио-Т, кој претставува натриумова сол на 1-окси-2-нафтил-азо-5-нитро-2-нафтол-4-сулфонска киселина:



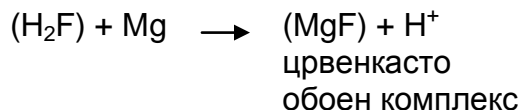
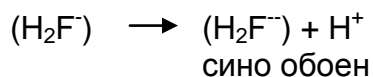
или во скратен облик може да се запише како  $\text{H}_2\text{F}^-$ .

Кога на растворот кој содржи соли на метали ќе му се додаде индикатор, растворот ќе се обои црвенкасто заради формирање на комплекс помеѓу индикаторот и металните јони. Ако на овој раствор се додаде раствор на

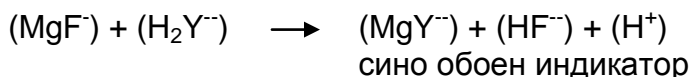
комплексон III, тој ќе гради прво стабилни комплекси со јоните на калциум и магнезиум од растворот, а потоа со јоните на  $\text{Ca}^{2+}$  и  $\text{Mg}^{2+}$  од комплексот со индикаторот.

Во еквивалентната точка при ослободување на индикаторот од комплексот, растворот ќе се обои сино со што се означува крај на титрацијата.

Текот на овие реакции може да се претстави на следниот начин:



При титрација со комплексон се добива:



Реагенси:

- смеса од ерио-Т и  $\text{NaCl}$  (1 : 100)
- пуфер ( $\text{NH}_4\text{OH} + \text{NH}_4\text{Cl}$ )
- 0,01 mol/L раствор на комплексон III

**Постапка:**

Во ерленмаер се ставаат точно 50 mL вода, се додава 1 mL пуфер ( $\text{NH}_4\text{OH} + \text{NH}_4\text{Cl}$ ) и на врв од нож се додава индикатор ерио-Т. Содржината во ерленмаерот се титрира со помош на 0,01 mol/L раствор на комплексон III до премин на црвеното обојување како вино во небесно сино, при што се внимава да не заостане црвената боја.

**Пресметка:**

Тврдината на водата се изразува во германски, француски и англиски степени:

- 1 германски степен значи дека 10 mg  $\text{CaO}$  се наоѓаат во 1 L вода;
- 1 француски степен значи дека 10 mg  $\text{CaCO}_3$  се наоѓаат во 1 L вода;
- 1 англиски степен значи дека 10 mg  $\text{CaCO}_3$  се наоѓаат во 0,7 L вода.

Тврдина на вода во германски степени =  $a \cdot c \cdot 5,6 \cdot 1000 / p$

$a$  = mL на раствор од комплексон III потрошен за титрација

$c$  = концентрација на растворот од комплексон III

$p$  = mL примерок на вода земена за анализа

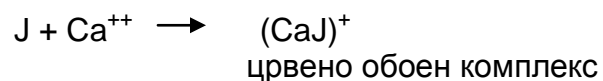
1 mL раствор на комплексон III 1 mol/L одговара на 56 mg  $\text{CaO}$ , односно 5,6 германски степени.

**Резултат:**

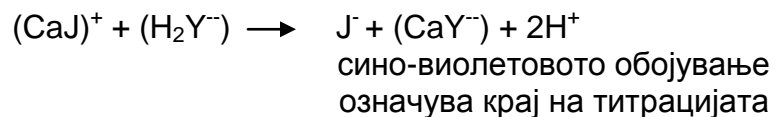
### Определување на калциум

**Принцип:**

При поголема рН вредност од 10, мурексид (амониум пурпурат) или скратено J, гради со калциум нестабилен комплекс обоен црвено:



Со титрација со комплексон III настанува сино-виолетово обојување во моментот на ослободување на индикаторот од помалку стабилниот комплекс:



**Реагенси:**

- 0,01 mol/L раствор на комплексон III
- индикатор мурексид во смеса со NaCl (1 : 1000)
- 8% раствор на NaOH

**Постапка:**

Во ерленмаер се ставаат точно 50 mL примерок на вода за испитување, се додава 1 mL 8% NaOH и индикатор мурексид на врв од нож. Содржината во ерленмаерот се титрира веднаш после додавањето на NaOH и индикаторот со помош на 0,01 mol/L комплексон до промена на црвената боја на растворот во сино-виолетова.

**Пресметка:**

$$\text{mg CaO} / \text{L} = a * c * 56 * 1000 / p$$

a = mL раствор на комплексон III потрошен за титрација

c = концентрација на растворот на комплексон III

p = mL примерок на вода земена за анализа

1 mL раствор на комплексон 1 mol/L одговара на 56 mg CaO, односно 40 mg Ca.

Водата за пиење може да содржи до 200 mg Ca / L вода.

**Резултат:****Пресметување на содржина на магнезиум**

Резултатот се изразува во mg MgO / L вода.

Концентрацијата на магнезиум се пресметува од познатата вкупна тврдина на водата и содржината на калциум. Претходно одредената концентрација на калциум како CaO се преведува во германски степени со делење со 10. Со одземање на добиениот резултат од вкупната тврдина на водата изразена исто така во германски степени, се добиваат германски степени на тврдина кои потекнуваат од магнезиум. Ако се помножат германските степени на тврдина на водата што потекнуваат од Mg со 7,19 се добива содржината на MgO во mg на 1L вода.

Пример:

Ако вкупната тврдина на водата е 22 германски степени, а концентрацијата на CaO е 120 mg/L, тогаш:

$$(22 - 12) = 10; 10 \times 7,19 = 71,9 \text{ mg MgO / L}$$

1 германски степен (10 mg CaO) одговара на 7,19 mg MgO кој се пресметува од односот на релативните молекулски маси на CaO (56) и MgO (40,31), односно  $56:40 = 10:X$ ;  $X = 7,19$ .

Водата за пиење може да содржи до 50 mg магнезиум.

1 mg MgO одговара на 0,6 mg Mg.

**Резултат:**

## Хлориди

Хлоридите се главни претставници на анјоните во природните води. Во подземните води кои се употребуваат за пиење содржината на хлориди изнесува од 10-20 mg/L. Меѓутоа, во некои региони, водите можат да содржат и десет пати поголема количина на хлориди.

Хлоридите присутни во водите не се секогаш од минерално потекло, туку можат да се најдат во водата при контаминација, посебно со урина, отпадни води и др. За една одредена географска област, содржината на хлориди во објектот за вода не смее да варира повеќе од 20% во тек на една година.

Ако варијацијата на содржината на хлориди е поголема од 20%, тоа е знак за загадување на водата, па затоа треба да се испита причината која



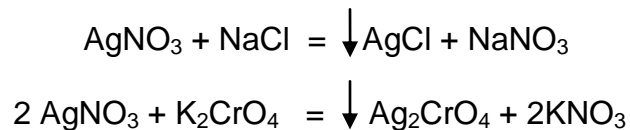
довела до зголемена концентрација на хлориди во водата, бидејќи освен хлоридите кои секундарно доспеваат во водата, можат да се најдат и други индикатори на фекално загадување.

Содржината на хлориди не смее да биде поголема од 250 mg/l според Правилникот за безбедност на водата за пиење.

### Определување на хлориди по Mohr

#### Принцип:

Хлоридите се таложат со помош на  $\text{AgNO}_3$  во облик на  $\text{AgCl}$ . Индикатор во реакцијата претставува калиум хромат. Кога ќе се исталожат сите  $\text{Cl}^-$  јони, реагира калиум хромат со сребро нитрат. Во реакцијата доаѓа до брзо таложење на  $\text{AgCl}$  како резултат на тоа што за негово таложење потребна е помала концентрација на  $\text{Ag}^+$  јони отколку за таложење на  $\text{Ag}_2\text{CrO}_4$  и покрај тоа што сребро хромат има помал производ на растворливост.



Завршна точка на реакцијата е во моментот кога ќе се појави слабо црвенкаста боја од сребро хромат.

#### Реагенси:

- 0,025 mol/L  $\text{AgNO}_3$

- 10%  $\text{K}_2\text{CrO}_4$

#### Постапка:

Во ерленмаер (на бела подлога) се земаат 100 mL вода од примерокот за анализа и 1 mL  $\text{K}_2\text{CrO}_4$  и се титрира со сребро нитрат при постојано мешање на растворот до појава на слаба смеѓо-црвенкаста боја. Заради полесно воочување на промената на бојата за време на титрацијата потребен е споредбен ерленмаер во кој има 100 mL дестилирана вода и 1 mL индикаторски раствор.

#### Пресметка:

Резултатите се изразуваат во mg  $\text{Cl}^-$  / L вода.

$$\text{mg Cl}^- / \text{L} = a * c * 35,5 * 1000 / p$$

a = mL на раствор  $\text{AgNO}_3$  употребен за титрација

c = концентрација на растворот од  $\text{AgNO}_3$

p = mL примерок на вода земена за анализа

1 mL раствор на  $\text{AgNO}_3$  1 mol/L одговара на 35,5 mg  $\text{Cl}^-$ .

## Резултат:

### Потрошувачка на калиум перманганат

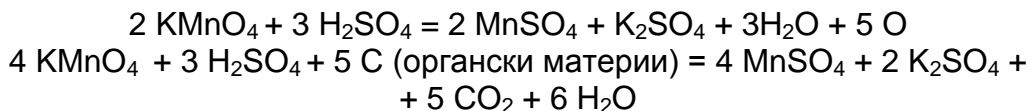
Органските материи можат да бидат присутни во водата спонтано како производ на растителниот и животинскиот свет, но може и да потекнуваат од отпадните индустриски води. Исправните води за пиење не смеат да содржат органски материи.

Органските материи од животинско потекло имаат посебно значење за утврдување на употребливоста на водата за пиење. За определување на органските материи присутни во водата се користат јаки оксидациони средства, како што се калиум перманганат или калиум бихромат под одредени услови. При овие одредувања настанува оксидација на сите материи како од органско, така и од неорганско потекло (феро соединенија, нитрити, сулфити, па и хлориди), кои можат во дадени услови да се оксидираат. Органските материи од индустриско потекло можат посебно да се утврдат со определување на специфични материи – загадувачи, кои покрај токсичноста на водата и даваат непријатен вкус.

Определувањето на органските материи кои се содржат во водата се изведува со конвенционална постапка во точно дефинирани услови, при што резултатите се изразуваат преку количеството на потрошен кислород, односно оксидационото средство. Како оксидационо средство најчесто се користи калиум перманганат во кисела средина.

#### Принцип:

Активниот кислород ослободен од  $\text{KMnO}_4$  ги оксидира редуктивните материи присутни во водата според следнава реакција:



Увид во квалитетот на водата се добива врз основа на количеството на потрошен калиум перманганат. Кај чистите води потрошувачката е помала од 4 mg/L  $\text{KMnO}_4$ , кај сомнителните води потрошувачката изнесува од 8 -16 mg/L, а кај водите со лош квалитет потрошувачката надминува 16 mg/L  $\text{KMnO}_4$ . Исправните води за пиење според Правилникот за безбедност на водата за пиење не смеат да трошат повеќе од 12 mg/L  $\text{KMnO}_4$ .

При толкување на вредностите за потрошувачка на калиум перманганат мора да се земе во предвид дека водите кои потекнуваат од тресетни терени поради присуството на хумусни материи имаат зголемена потрошувачка на  $\text{KMnO}_4$  (овие води се употребливи за пиење), како и тоа дека водите со намалена потрошувачка на  $\text{KMnO}_4$  можат да бидат загадени со патогени микроорганизми. Во секој случај, зголемената потрошувачка на  $\text{KMnO}_4$  укажува дека водата е со сомнителен квалитет и дека треба да се испита потеклото и причината за зголемената редуктивна способност на водата и да се направи микробиолошка анализа.

### Определување по метода на Kubel – Tiemann

Реагенси:

- дилуирана  $\text{H}_2\text{SO}_4$  1:3
- 0,002 mol/L  $\text{KMnO}_4$
- 0,005 mol/L  $\text{H}_2\text{C}_2\text{O}_4$

#### Постапка:

Во ерленмаер се ставаат 100 mL вода од примерокот за анализа и 5 mL  $\text{H}_2\text{SO}_4$  (1:3). Ерленмаерот се поклопува со стаклена инка и на азбестна мрежа се загрева до вриење. Во растворот што врие се испуштаат од бирета 15 mL 0,002 mol/L  $\text{KMnO}_4$  и се продолжува со загревање уште точно 10 минути. За време на загревањето треба да се внимава растворот да врие лесно и воедначено. Ако се задржи розеникавата боја на растворот, колбата се трга од мрежата и веднаш во врелиот раствор се додаваат од бирета 15 mL 0,005 mol/L  $\text{H}_2\text{C}_2\text{O}_4$ , а потоа растворот се ретитрира со 0,002 mol/L  $\text{KMnO}_4$  до појава на забележлива слабо розе боја која е постојана 30 секунди.

Ако за време на загревањето на водата со калиум перманганат дојде до исчезнување на розевото обојување, односно ако се потроши вкупниот додаден калиум перманганат, за анализа наместо 100 mL се земаат 50, 25 или 10 mL примерок на вода, а со дестилирана вода се дополнува анализата до 100 mL и се продолжува со определување според прописот.

Со цел да се добие точен резултат на крај на титрацијата, односно после неколку серии на определување, мора да се определи точната содржина на  $\text{KMnO}_4$  во 1 mL на употребен раствор, а тоа се постигнува така што во еден уште врел примерок кој е сеуште бледо розе обоен, веднаш по

завршената титрација брзо се додава 15 mL 0,005 mol/L H<sub>2</sub>C<sub>2</sub>O<sub>4</sub> и повторно се титрира со раствор на 0,002 mol/L KMnO<sub>4</sub> (чија потрошувачка треба да се движи околу 15 mL +/- 1 mL).

Преку mL на растворот од KMnO<sub>4</sub> потрошени за ретитрација на додадената оксална киселина, се гледа од табелата бр. 2 колку mg KMnO<sub>4</sub> содржи 1 mL раствор на калиум перманганат.

Табела 2. Маса на KMnO<sub>4</sub> во mg која одговара на употребениот раствор на KMnO<sub>4</sub> чија концентрација не изнесува точно 0,002 mol/L

mL на раствор KMnO <sub>4</sub> употребен за титрација на 15 mL 0,005 mol/L H <sub>2</sub> C <sub>2</sub> O <sub>4</sub>	mg KMnO <sub>4</sub> во 1 mL на употребениот раствор	mL на раствор KMnO <sub>4</sub> употребен за титрација на 15 mL 0,005 mol/L H <sub>2</sub> C <sub>2</sub> O <sub>4</sub>	mg KMnO <sub>4</sub> во 1 mL на употребениот раствор
14,0	0,3386	15,1	0,3140
14,1	0,3363	15,2	0,3119
14,2	0,3339	15,3	0,3100
14,3	0,3315	15,4	0,3079
14,4	0,3292	15,5	0,3059
14,5	0,3270	15,6	0,3039
14,6	0,3247	15,7	0,3020
14,7	0,3225	15,8	0,3000
14,8	0,3203	15,9	0,2982
14,9	0,3182	16,0	0,2965
15,0	0,3161	-	-

Пример:

Ако во 100 mL примерок на вода најпрво се додадени 15 mL KMnO<sub>4</sub>, а после вриење на растворот со додадени 15 mL H<sub>2</sub>C<sub>2</sub>O<sub>4</sub> за ретитрација се потрошени 7,5 mL KMnO<sub>4</sub>, тоа значи дека за оксидација на редуктивните материји од водата и за 15 mL H<sub>2</sub>C<sub>2</sub>O<sub>4</sub> вкупно се потрошени 22,5 mL KMnO<sub>4</sub>. Ако за титрација на 15 mL H<sub>2</sub>C<sub>2</sub>O<sub>4</sub>, додадена по завршување на титрацијата (за да се одреди точната содржина на KMnO<sub>4</sub>) се потрошат на пр. 15,8 mL KMnO<sub>4</sub> (од табела 2 одговара содржина од 0,3 mg KMnO<sub>4</sub> / mL), следува дека за оксидација на редуктивните материји во 100 mL примерок на вода се потрошени:

$$22,5 - 15,8 = 6,7 \text{ mL KMnO}_4$$

1 mL раствор на KMnO<sub>4</sub> содржи 0,3 mg KMnO<sub>4</sub> (според табела 2), од каде следува:

$$\text{mg KMnO}_4 / \text{L вода} = 6,7 * 0,3 * 10 = 20,1$$

Резултатот се изразува во цели броеви.

## Резултат:

### Определување на содржината на азотни соединенија во вода

Најчести причинители за загадување на природните води со патогени микроорганизми се отпадоците од животинско потекло и распадните производи на лешовите. Со цел да се оцени употребливоста на водата за пиење, од посебно значење е анализата на водата за присуство на разградни производи од биолошки материјал. Во процесот на пурификација на земјиштето под дејство на бактериите што предизвикуваат гниење, настануваат многу различни производи на деградација на органскиот материјал. Покрај дериватите на јаглерод, сулфур и други биогени елементи, азотните соединенија имаат посебно значење за утврдување на исправноста на водата за пиење. Азотот со потекло од органски материјал како последица на неговиот распад преминува во амонијак, нитрити и нитрати и во овие облици од земјиштето преминува во површинските и подземните води, или пак овие соединенија можат да се создадат во самата вода доколку во неа се врши распаѓање на органски материји.

## Определување на слободен амонијачен азот

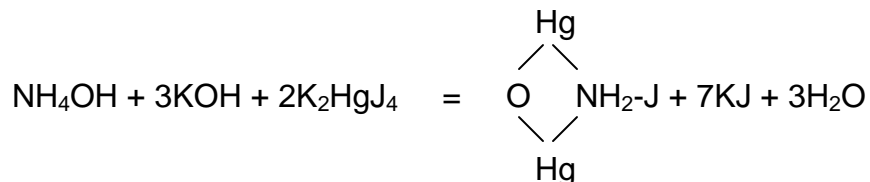
Присуството на амониум јон или на слободен амонијак во водата укажува на заклучок дека водата неодамна била во контакт со органски материјал во распаѓање и претставува јасен хемиски индикатор за опасна контаминација на водата.

Многу ретко, дождовницата може да содржи трагови од амонијак, како и водата од длабоки и бушени бунари, меѓутоа нивната содржина не смее да биде променлива. Исто така треба да се има во предвид дека при хлорирање на водата со хлорамин можат да настанат мали количини на амонијак. При донесување на заклучок за загадување на водата врз основа на содржината на слободен амонијак, треба да се земат во предвид и останатите одредувања, како и резултатите од микробиолошките анализи. Според Правилникот за безбедност на водата на Р. Македонија, дозволената концентрација на слободен амонијак изразена на азот изнесува 0,5 mg/l.

## Определување на слободен амонијак со стандардни раствори на амониумови соли

### Принцип:

Амонијачниот азот вообичаено се докажува со помош на Nessler-ов реагенс при што се добива карактеристична зеленкасто-жолта боја од димеркури-амониум-оксијодид:



Ако тврдината на водата е голема, се додава Seignett-ов раствор затоа што го спречува таложењето на калциум и магнезиум кое пак ја попречува горенаведената реакција.

### Реагенси:

- Seignett-ов раствор
- Nessler-ов раствор
- стандарден раствор на  $\text{NH}_4\text{Cl}$

### Постапка:

Во епрувета се ставаат 100 mL вода за анализа, се додава 2 mL Seignett-ов раствор и 2 mL Nessler-ов реагенс, потоа целата содржина се промешува.

Обоениот примерок со непозната содржина на  $\text{NH}_4^+$  јонот се споредува со подготвените стандардни раствори на следниов начин:

1 mL стандарден раствор се става во друга епрувета, 2 mL во трета епрувета, 3 mL стандарден раствор во четврта итн. Потоа епруветите се дополнуваат до 100 mL со дестилирана вода и на секоја се додаваат по 2 mL Seignett-ов и 2 mL Nessler-ов реагенс. Целата содржина во епруветите се промешува. Овие епрувети содржат познати концентрации на  $\text{NH}_4^+$  јонот и тоа 1 mL стандарден раствор содржи 0,1 mg  $\text{NH}_4^+$ .

#### **Пресметување:**

Преку споредување на бојата на примерокот со бојата на стандардните раствори и со множење со 10 се добива содржината на  $\text{NH}_4^+$  во mg на 1 L вода.

$$1 \text{ mg } \text{NH}_4^+ = 0,944 \text{ mg } \text{NH}_3 = 0,777 \text{ mg } \text{N}$$

Содржината на слободен амонијак во вода може да се одреди уште со помош на Hellige-ов компаратор со споредување на бојата на примерокот со боите на соодветниот котур кој се става во компараторот или пак со ориентациона теренска метода преку споредување на интензитетот на обојувањето, при што како реагенси се користат калиум натриум тартарат и Nessler-ов реагенс.

#### **Резултат:**

### **Определување на нитратен азот**

Нитратите претставуваат облик во кој азотот се наоѓа во најголем оксидационен степен при неговото кружење во природата. Во водата најчесто се присутни во мали концентрации, додека пак во подземните води можат да се најдат во поголеми концентрации. Оптималната содржина на нитрати и дава на водата пријатен и свеж вкус. Концентрацијата на нитрати во водата не смее да биде значително зголемена затоа што под дејство на цревната флора можат да бидат редуцирани во нитрити кои се токсични (кај деца можат да предизвикаат метхемоглобинимија).

Водата за пиење според Правилникот за безбедност на Р. Македонија не смее да содржи поголема концентрација од 50 mg нитрати / L вода изразени како азот.

**Принцип:**

Нитратите се одредуваат во кисела средина во која со бруцин формираат жолто обоени комплекси. Во зависност од концентрацијата на нитрати обојувањето може да варира од бледо жолто до црвено. Интензитетот на обојувањето се мери со помош на Hellige-ов компаратор.

**Реагенси:**

- 5%-ен раствор на бруцин во глацијална оцетна киселина
- концентрирана  $H_2SO_4$

**Постапка:**

Во ерленмаер од 50 mL се ставаат 5 mL вода за анализа, потоа се додаваат 10 mL концентрирана сулфурна киселина и 0,5 mL 5% раствор на бруцин. Целата содржина се промешува и се лади. Доколку се обои растворот, знак е дека се присутни нитрати. За да се утврди концентрацијата, растворот после 10 минути кога ќе се олади се пренесува во кивета од 26 mm. Бојата се споредува во Hellige-ов компаратор според соодветен котур за нитрати (во опсег на концентрации од 4–20 mg  $NO_3^-$  /L). Ако концентрацијата на нитрати е поголема од онаа која може да се прочита на Hellige-овиот компаратор, растворот треба да се разреди.

**Пресметување:**

Резултатите се изразуваат во mg N / L вода.

Со споредување на обоениот раствор за анализа со бојата на соодветниот котур во компараторот се одредува содржината на нитрати во 1 L вода, која се пресметува како нитратен азот:

$$1 \text{ mg } NO_3^- = 0,871 \text{ mg } N_2O_5 = 0,226 \text{ mg N}$$

**Резултат:**



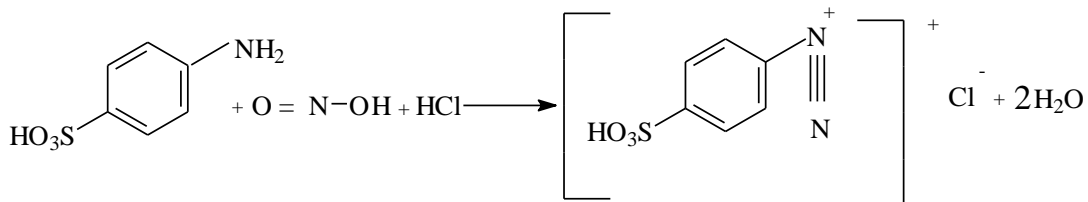
## Определување на нитритен азот

Нитритите во водата можат да се најдат како производи на оксидација на амонијакот и покажуваат дека станува збор за неодамнешно загадување на водата со органски материјал. Оваа вода има сомнителен квалитет. Меѓутоа, нитритите можат да бидат присутни и во води кои не содржат опасни клици (длабински води). Во ваков случај нитритите настануваат со редукција на нитратите под дејство на анаеробни бактерии. Според тоа, ако водата е со сомнителен квалитет поради присуството на нитрити, потребно е испитувањето да се дополни со останатите хемиски индикатори и бактериолошка анализа. Во секој случај нитритите се токсични соли и нивната концентрација во водата е ограничена на 0,1 mg нитритен азот / L вода според Правилникот за безбедност на водата на Р. Македонија. Во литературата се познати случаи на труење на доенчиња кои биле хранети со млеко во прав подготвено со вода што содржела зголемена концентрација на нитрити.

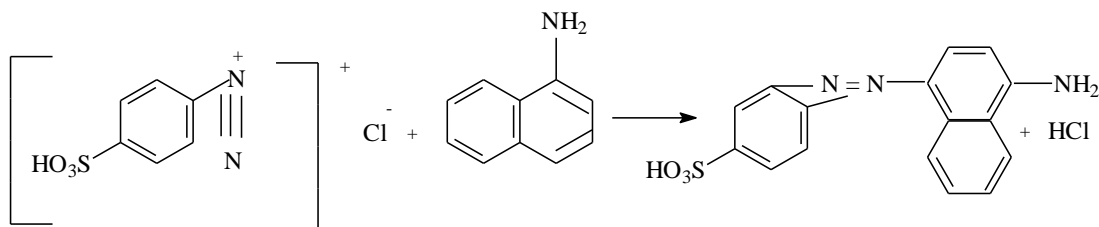
## Определување на нитрити со сулфанилна киселина и $\alpha$ -нафтиламин

### Принцип:

Во кисела средина нитритите присутни во водата се диазотираат со сулфанилна киселина:



Формираното диазониум соединение се куплува со  $\alpha$ -нафтиламин при што настанува 1-амино-2-нафтил-азобензол-сулфонска киселина која е црвено обоена:



Интензитетот на обојувањето може да се измери спектрофотометриски на 520 nm или со споредување со стандардни раствори на  $\text{CoCl}_2$  и  $\text{CuCl}_2$ , или пак во теренски услови со директно набљудување на интензитетот на настанатото обојување.

Концентрацијата на нитрити во анализата може да се одреди и со споредување на интензитетот на обојување со соодветниот котур во Hellige-овиот компаратор.

**Реагенси:**

- 0,8% раствор на сулфанилна киселина во 5 mol/L  $\text{CH}_3\text{COOH}$  (Griess I)
- 0,5% раствор на  $\alpha$ -нафтиламин во 5 mol/L  $\text{CH}_3\text{COOH}$  (Griess II)

**Постапка:**

Во 100 mL примерок на вода за анализа се ставаат 2 mL раствор на сулфанилна киселина, а после 5-15 минути стоење на температура од 20-25 °C, се додаваат 2 mL раствор на  $\alpha$ -нафтиламин и добро се промешува. По 4 минути стоење, обоениот раствор се става во кивета од 13 mm и со соодветниот котур на компараторот се одредува содржината на нитрити во вода, изразени во mg/L вода. Котурот ги содржи стандардните бои кои одговараат на концентрација од 0,2 до 1,8 mg  $\text{NO}_2^-/\text{L}$ . Ако примерокот содржи поголема концентрација на нитрити, определувањето треба да се повтори така што еден претходно земен дел од примерокот се разредува со 1 или со 3 дела на дестилирана вода и определувањето се продолжува на опишаниот начин. Потоа добиениот резултат треба да се помножи со 2 или со 4. Ако концентрацијата на нитрити е помала од 0,2 mg  $\text{NO}_2^-/\text{L}$ , киветите кои се употребуваат треба да бидат со дебелина од 40 mm, а добиените резултати се делат со 3.

**Резултат:**

## Максимални дозволени концентрации за одредени супстанции присутни во водата за пиење според Codex Alimentarius

Природните минерални води во пакувана состојба не смеат да ги содржат дадените супстанции во поголеми концентрации од:

Антимон	0,005 mg/l
Арсен	0,01 mg/l, пресметан како вкупен As
Бариум	0,7 mg/l <sup>1</sup>
Борати	5 mg/l, пресметани како B
Кадмиум	0,003 mg/l
Хром	0,05 mg/l, пресметан на вкупен Cr
Бакар	1 mg/l
Цијаниди	0,07 mg/l
Флуориди	1 mg/l
Олово	0,01 mg/l
Манган	0,4 mg/l
Жива	0,001 mg/l
Никел	0,02 mg/l
Нитрати	50 mg/l, пресметани на нитрат
Нитрити	0,1 mg/l, пресметани на нитрит
Селен	0,01 mg/l

Концентрациите на евентуално присутни површински активни материи, пестициди, минерални масла и полинуклеарни ароматични јаглеводороди во водата за пиење, треба да бидат пониски од лимитот на квантификација при нивно определување со соодветни методи.

## Микробиолошка анализа

Водата за пиење мора да поседува одреден квалитет кој ќе го исклучи ризикот по здравјето на луѓето (отсуство на патогени микроорганизми), односно треба да одговара на спецификацијата за микробиолошки квалитет (Директива на ЕУ).

### Прва анализа:

### Резултат:

Е. coli или термотолерантни бактерии 1 x 250 mL	Не смеат да бидат детектирани во примероците  Ако бројот на детектирани бактерии е $\geq 1$ or $\leq 2$ тогаш се работи втора анализа; Ако бројот на детектирани бактерии е $> 2$ тогаш примерокот е микробиолошки неисправен
Вкупни колиформни бактерии 1 x 250 mL	
Фекални стрептококи 1 x 250 mL	
Pseudomonas aeruginosa 1 x 250 mL	
Сулфит редуцирачки бактерии 1 x 250 mL	

Втората анализа се изведува со ист работен волумен на примероците како и првата микробиолошка анализа.

### Втора анализа:

	n	c <sup>4</sup>	m	M
Вкупни колиформни бактерии	4	1	0	2
Фекални стрептококи	4	1	0	2
Сулфит редуцирачки анаероби	4	1	0	2
Pseudomonas aeruginosa	4	1	0	2

n – број на примероци за анализа кои претставуваат една серија

c – максимално прифатлив или максимален дозволен број на единечни примероци од серијата кои го надминуваат микробиолошкиот критериум. Кога овој услов не е исполнет, тогаш целата серија примероци се отфрла.

m – максимален број на соодветни бактерии на g примерок; вредностите кои граничат со максималното ниво се означуваат како прифатливи или неприфатливи.

М – квантитет кој се користи за сепарација на граничните вредности со кои се детектира прифатлив односно неприфатлив квалитет на водата за пиење. Вредностите кои се еднакви или поголеми од М во било кој примерок се неприфатливи бидејќи се во позитивна корелација со ризикот по здравјето, санитарните индикатори или со потенцијалот за расипување. Во Правилникот за безбедност на вода на Р. Македонија во прилог бр.1 се дадени параметрите и максимално дозволените вредности на параметрите (микробиолошки, хемиски, индикаторски задолжителни параметри, индикаторски дополнителни параметри, радиолошки особини на водата за пиење). Во прилог бр. 2 се дадени соодветните вредности на параметрите на пакувана вода за пиење.

**Стручно мислење за квалитетот и употребливоста:**

Изработил:

Асистент:

## Литература:

1. M. Miric, D. Stanimirovic, 1997. Praktikum iz bromatologije, N. knjiga, Beograd.
2. J. Trajkovic, M. Miric, J. Baras, S. Siler, 1983. Analiza zivotnih namirnica, TMF, Beograd.
3. B. Pocek, 1990. Voda za pice - Standardne metode za ispitivanje higijenske ispravnosti, Savezni zavod za zdravstvenu zastitu, NIP "Privredni pregled", Beograd.
4. Codex Alimentarius, Комисија за развој на прехранбени стандарди и упатства во рамките на FAO/WHO програмата за стандарди на храна, [www.codexalimentarius.net](http://www.codexalimentarius.net)
5. EU Directives, Европска комисија за храна  
[http://ec.europa.eu/food/food/labellingnutrition/supplements/index\\_en.htm](http://ec.europa.eu/food/food/labellingnutrition/supplements/index_en.htm)
6. FAO/WHO  
<http://www.who.int/foodsafety/en/>  
<http://www.who.int/ipcs/food/jecfa/en/>