



**УНИВЕРЗИТЕТ „ГОЦЕ ДЕЛЧЕВ” - ШТИП**  
**ФАКУЛТЕТ ЗА ПРИРОДНИ И ТЕХНИЧКИ НАУКИ**  
**Институт за геологија**  
**Катедра за петрологија, минерологија и геохемија**  
**Штип**

**Пецо Ристевски дипл.инж.геолог**

**ТЕШКИ ТОКСИЧНИ МЕТАЛИ ВО ПОДЗЕМНИТЕ ВОДИ  
НА ПЕЛАГОНИСКАТА КОТЛИНА**

**МАГИСТЕРСКИ ТРУД**

**Штип, 2014 година**

---

## **КОМИСИЈА ЗА ОЦЕНКА И ОДБРАНА:**

Ментор: проф. д-р Блажо Боев

- професор на ФПТН УГД - Штип

проф. д-р Војо Мирчовски,

- професор на ФПТН УГД – Штип, член

проф. д-р Тена Шијакова-Иванова,

- професор на ФПТН УГД – Штип, член

## **ЧЛЕНОВИ НА КОМИСИЈАТА ЗА ОЦЕНКА И ОДБРАНА:**

1. проф. д-р Војо Мирчовски, претседател,

професор на ФПТН УГД – Штип

2. проф. д-р Блажо Боев

професор на ФПТН УГД – Штип, член

3. проф. д-р Тена Шијакова-Иванова

професор на ФПТН УГД – Штип, член

Научно поле: петрологија, минералологија и геохемија

Научна област: хидрогеологија/геохемија

**Датум на одбраната :** \_\_\_\_\_

**Датум на промоцијата :** \_\_\_\_\_

---

## **Благодарност**

*Сакам да изразам благодарност до сите кои на некој начин помогнаа при реализирањето на овој магистерски труд, за да ја добие потребната содржина во која ќе биде презентираан.*

*Најголемата и искрена благодарност, за моралната и стручната поддршка, стручните совети, консултации, сугестии и насока за изработката на овој магистерски труд, упатувам до мојот ментор Професор д-р Блажо Боев.*

*Голема благодарност изразувам и до членовите на комисијата: проф. д-р Војо Мирчовски и проф. д-р Тена Шијакова Иванова, за огромениот придонес овој труд да добие комплетен изглед од стручно-научен аспект.*

*Се заблагодарувам и на Факултетот за природни и технички науки кој ми помогна при изработката на хемиските анализи на водата во нивната хемиска лабораторија.*

*Искрена благодарност кон своите родители кои ми даваа морална поддршка во изработката и одбраната на магистерскиот труд.*

*Исто така изразувам благодарност до сите кои присуствуваат на одбраната на овој магистерски труд, што ми претставува огромна чест.*

---

# ТЕШКИ ТОКСИЧНИ МЕТАЛИ ВО ПОДЗЕМНИТЕ ВОДИ НА ПЕЛАГОНИСКА КОТЛИНА

## Краток извадок

Подрачјето на тешки и токсични метали е едно од најчесто истражуваните подрачја денес, во поглед на нивото на нивната концентрација, мобилноста и акумулацијата, аналитичките техники на детекција, како и нивното влијание врз здравјето на човекот и заштитата на животната средина и билошката разновидност.

Квалитетот на подземните водите во последните децении се намалува, па затоа од голем интерес е да се утврди квалитетот на подземните води и доколку се утврди влошувања на квалитетот, да се вложат напори и да се утврдат и причините за тоа, и да се елиминираат истите.

Во групата на тешки и токсични метали спаѓаат Na, Al, Sr, Ca, Hg, Pb, As, Ni, Cd, Cu, Co, Zn, Al, Mo, Mg, Mn, P, U, K, Cr, V, Fe, Sn, Se, B, Ba. Како медиум во кои е вршено определувањето на тешките и токсични метали е водата од Пелагониската котлина, со примена на методата на ICP-AES (атомско емисиона спектрометрија со индуктивно спрегната плазма). За оваа цел се земени 31 проба од предходно внимателно избрани мерни пунктови, кои би дале репрезентативна слика за квалитетот на водата.

Во овој труд ќе бидат презентирани најновите резултати од истражувањата на подземните води на потегот Пелагониска котлина.

## Клучни зборови

(вода, анализа, критериум, параметри, податоци, минерали)

---

## **TITLE OF THESIS**

### **TITLE OF THE MASTER THESIS**

### **HEAVY TOHIC METALS INTO GROUNDWATER OF PELAGONI VALLEY**

#### **Abstract**

The area of heavy and toxic metals is one of the most explored areas today, in terms of their level of concentration, mobility and accumulation, analytical detection techniques and their influence on human health and protecting the environment and biological variety.

Groundwater quality in last decades it is reduced, so it is of high interest to determine the groundwater quality and if deterioration of quality is determine it must to make efforts to identify them and the reasons for it, and to eliminate them.

In the group of heavy and toxic metals include Na, Al, Sr, Ca Hg, Pb, As, Ni, Cd, Cu, Co, Zn, Al, Mo, Mg, Mn, P, U, K, Cr, V, Fe , Sn, Se, B, Ba. As the medium in which it is performed and the determination of toxic heavy metals from water is Pelagonian valley, with the method of ICP-AES (atomic emission spectrometry with inductively coupled plasma). For this purpose it is taken31 rehearsal but previously carefully selected measurement points, which would give a representative picture of water quality.

In this work will be presented newest research results of groundwater of the move Pelagonian valley.

#### **Keywords**

(water, analysis, criterion, parameters, data, minerals)

---

## СОДРЖИНА

<b>1. ВОВЕД</b> .....	1
1.1. Предмет на истражувањето .....	1
1.2. Цели на истражувањето .....	2
1.3. Методологија на истражувањето .....	2
1.4. Осврт на досегашните истражувања .....	3
2.1. Географска положба и собирајни комуникации.....	5
2.2. Геолошко тектонски карактеристики на теренот.....	6
2.3. Хидро геолошки карактеристики на теренот.....	8
2.3.1. Хидрогеолошки карактеристики на Битолскиот дел од Пелагониската Котлина.....	8
2.3.1.1. Издан со интергрануларен тип на порозност.....	8
2.3.1.2. Издан со пукнатинска порозност .....	12
2.3.1.3. Условно безводни терени.....	13
2.3.2. Хидрогеолошки карактеристики на Прилепскиот дел од Пелагониската Котлина.....	13
2.3.2.1. Водопрпусни карпи.....	14
2.3.2.2. Водонепрпусни карпи.....	16
2.3.2.3. Квалитет на водите .....	17
2.4. Климатски карактеристики на Пелагониската Котлина .....	18
<b>3. ЗАКОНСКА РЕГУЛАТИВА ЗА ВОДИ</b> .....	21
3.1. Гранични вредност за класификација на водите .....	21
3.2. Гранични вредност - максимално дозволени вредности или .....	25
концентрации во води за пиење .....	25
<b>4. ПРИМЕНЕТИ МЕТОДИ ВО ИСТРАЖУВАЊАТА ЗА ОПРЕДЕЛУВАЊЕ НА ТЕШКИ И ТОКСИЧНИ МЕТАЛИ АЕС-ИСП</b> .....	28
4.1. Атомска емисиона спектрометрија со индуктивна спрегната плазма .....	28
4.2. Апаратура за АЕС-ИСП .....	29
4.2.1. Атомизер со индуктивно спрегната плазма.....	30
4.2.2. Оптички спектрометар за АЕС – ИСП.....	34
4.3. Детектори.....	35
4.4. Компјутер .....	36
4.5. Аналитички перформанси .....	36
4.6. Примена на АЕС-ИСП.....	39

---

<b>5. МЕТОД И НАЧИН НА ЗЕМАЊЕ НА ПРОБИ ОД ПОДЗЕМНИТЕ ВОДИ НА ИСТРЖНОТО ПОДРАЧЈЕ-ПЕЛАГОНИСКА КОТЛИНА.....</b>	<b>42</b>
5.1. Методологија на работа.....	43
5.2. Локација на земените проби.....	44
5.3. Опис на локациите на земените проби.....	46
5.4. Метод и начин на земање на пробите .....	49
5.5. Конзервирањето на примероците .....	50
<b>6. АНАЛИЗА НА ДОБИЕНИТЕ ПОДАТОЦИ ОД ИСТРАЖУВАЊАТА ПО МЕТОДАТА НА ICP-AES.....</b>	<b>51</b>
6.1. Интерпретација на добиените резултати .....	51
<b>7. ЗАШТИТА НА ПОДЗЕМНИТЕ ВОДИ ОД ЗАГАДУВАЊЕ .....</b>	<b>69</b>
<b>8. РЕЗУЛТАТИ И ДИСКУСИЈА .....</b>	<b>72</b>
<b>9. ЗАКЛУЧОК .....</b>	<b>73</b>
<b>ЛИТЕРАТУРА .....</b>	<b>75</b>
<b>ПРИЛОЗИ.....</b>	<b>77</b>
1. ГЕОЛОШКА КАРТА НА ПОШИРОКАТА ОКОЛИНА НА ПЕЛАГОНИЈА .....	78
2. ХИДРОГЕОЛОШКА КАРТА НА ПОШИРОКАТА ОКОЛИНА НА ПЕЛАГОНИЈА.....	79
3. ТОПОГРАФСКА КАРТА НА ЛОКАЦИИ НА ЗЕМЕНИ ПРОБИ ВО ПЕЛАГОНИЈА .....	80
4. ПОДАТОЦИ ОД ЛАБОРАТОРИСКИ ИСПИТУВАЊА НА ПРОБИ НА ПОДЗЕМНИ ВОДИ ВО ПЕЛАГОНИЈА .....	81

---

## 1. ВОВЕД

Во многу делови од Земјата, користењето на подземните води, како води за пиење е оневозможено поради нивната контаминираност со индустриски и комунален отпад, како едни од водечките причини за загадување како на површинските, исто така и на подземните води.

Подземните води се еден од најпогодните ресурси на свежа вода со приближно урамнотежена концентрација на соли и се јавуваат во земјината кора во фрактурите на карпите.

На територијата на Пелагониската Котлина направени се голем број на испитувања на подземните води со цел истите да се искористат како води за пиење, за наводнување или како води за комерцијални намени.

Определувањето на хемискиот состав на подземните води е од посебно значење за водоснабдување на населените места во овој регион.

Целта на нашето испитување беше да се испитаат присуството на тешки и токсични елементи во подземните води на Пелагонија, секако дека направените 31 анализа ни оддалеку неможе да ја покрие големата површина на Пелагонија, но за почеток ќе се добијат основни показатели кои подоцна ќе се надоградуваат со нови анализи и сознанија, се со цел да се подобри квалитетот на заштита на подземните води.

Примероците од подземните води се земени од различни средини, почнуваќи од најплитки копани бунари од 5-10 m, па се до најдлабоки бунари кои се користат за производство на CO<sub>2</sub> и минерална вода длабоки и до 300 m.

### 1.1. Предмет на истражувањето

Загадувач на подземните води е секоја супстанција која, кога ќе достигне до изданот, ја прави водата нечиста, или на друг начин несоодветна за одредена намена. Ваквите супстанции може да се произведени хемиски, често може да бидат и микроби. Контаминација, исто така, може да се случи од природни појави на минерални и металите во карпите и почвата. Еднаш загадената подземна вода може да биде неупотреблива со децении, бидејќи често е невозможно да се исчисти брзо и ефтино.

Предмет на истражување на оваа магистерска работа е *застапеноста на тешки и токсични метали во подземните води на Пелагониска Котлина*. Во



последниве 2 декади од XX век, значењето на биоиндикаторите за експозиција и внатрешната доза на металите постојано се зголемува, благодарение на усовршувањето на AAS-ETAAS техниката и навлегувањето на ICP-MS во полето на биолошкиот мониторинг. Денес постојано се зголемуваат барањата за контрола на преаналитичките и аналитичките фактори, за анализа на широк спектар биолошки примероци и за воведување на нови методи за определување на хемиски елементи кои сè уште не се интензивно проучувани од аспект на нивната можна биолошка и токсиколошка улога.

## **1.2. Цели на истражувањето**

Основните цели на истражувањето е да се утврди степенот на загаденоста на тешки и токсични метали во подземните води на Пелагониска Котлина. Целта е да се извршат елементарни анализи на примероци од подземните води и да се одредат концентрациите, односот на токсичноста на металите, опсегот на елементи кои можат да бидат детектирани во различните примероци, нивната присутност како и место на токсичното влијание.

## **1.3. Методологија на истражувањето**

При определувањето на застапеноста на тешките и токсичните метали ќе се применуваат техниките на ICP-AES и ICP-MS (Атомска емисиона спектрометрија со индуктивно спрегната плазма и Атомска емисиона спектрометрија со спрегната плазма и масена спектрометрија).

Овие методи денес често се применливи и зрели аналитички техники со импресивни аналитички перформанси, во прв ред, мултиелементарност, добра осетливост, селективност, брзина, широка линеарна динамичка област од концентрации, точност и прецизност, што ги прави применливи за елементарна анализа на примероци со сложен состав, како што се примероците од геолошко потекло, кога е потребно да се одредат голем број на елементи истовремено, како матрични, така и елементи во траги, како и примероци од води и др.

#### 1.4. Осврт на досегашните истражувања

Подетално геолошката градба на поширокиот регион е опишана во толкувачите при изработката на основната геолошка карта на Р. Македонија во размер од 1:100 000 на листовите Битола-Лерин (М. Карајановиќ и Т. Ивановски 1972 год.) Прилеп, (Т. Ракичевиќ, Р. Стојанов, М. Арсовски 1965 год.), Витолиште - Кајмакчалан, (Н. Думурџанов, С. Христов 1976 год.), Крушево (Н. Думурџанов, Р. Стојанов, К. Петровски 1972 год.).

Подетален опис за хидрогеолошката градба на поширокиот терен на Пелагониската котлина е даден во ОХГК на Р.Македонија изработена од страна на Градежен институт Македонија А.Д.Скопје

Досегашни истражувања на Пелагониската котлина можат да се сублимираат во следнава геолошка документација:

- Регионални хидрогеолошки истражни работи на сливот на Црна Река изведени од страна на Геолошки завод- Скопје;
- Истражни работи за јаглен во Пелагониската котлина со голем обем на истражни дупчења изведени во повеќе наврати од страна на Геолошки завод- Скопје;
- Елаборат за хидрогеолошките карактеристики на јагленовата серија во рудникот “Суводол”-РЕК Битола (Гео-Маврово, Скопје 1986);
- Елаборат за изведените хидрогеолошки истражни работи и добиените резултати од тестирањето на пробно-експлоатационен бунар ПЕБ-8 и пратечките набљудувани пиезометриски дупчотини П-1, П-2 и П-3 во рамките на подинската јагленова серија во лежиштето “Суводол”-РЕК-Битола (ДОО “Круна Дрил”, Скопје, 1995);
- Геотехнички истражувања и испитувања на теренот во зоната на свлечиштето и зоната на браната “Суводол” - Битола – инженерскогеолошки, хидрогеолошки и геомеханички истражни и испитни работи;
- Елаборат за класификација, категоризација и пресметка на резервите на јаглен: Текстуален дел; Графички прилози; Текстуални прилози; Градежен институт “Македонија”, Завод за геотехника, Скопје, 2005;
- Елаборат за класификација, категоризација и пресметка на резервите на јаглен: Текстуален дел; Графички прилози; Текстуални прилози; наоѓалиште

Живојно Градежен институт “Македонија”, Завод за геотехника, Скопје, 2012;

- Елаборат за хидрогеолошки и инженерско-геолошки истражувања и испитувања на подинската јагленова серија на ПК “Суводол” (Градежен институт “Македонија” , Скопје, 2005);
- Елаборат за изведените пробно-експлоатациони бунари за ПЈС - рудник Суводол РЕК Битола (Градежен институт “Македонија”, Скопје, 2006);
- Елаборат од извршени детални геолошки истражувања на минерална вода и гас CO<sub>2</sub> на локација Оптичари (Хидроинженеринг Битола 2006);
- Елаборат од извршени детални геолошки истражувања на минерална вода и гас CO<sub>2</sub> на локација Гермијан (Хидроинженеринг Битола 2003) и
- Елаборат од извршени детални геолошки истражувања на минерална вода и гас CO<sub>2</sub> на локација Рибарци (Хидроинженеринг Битола 2008).

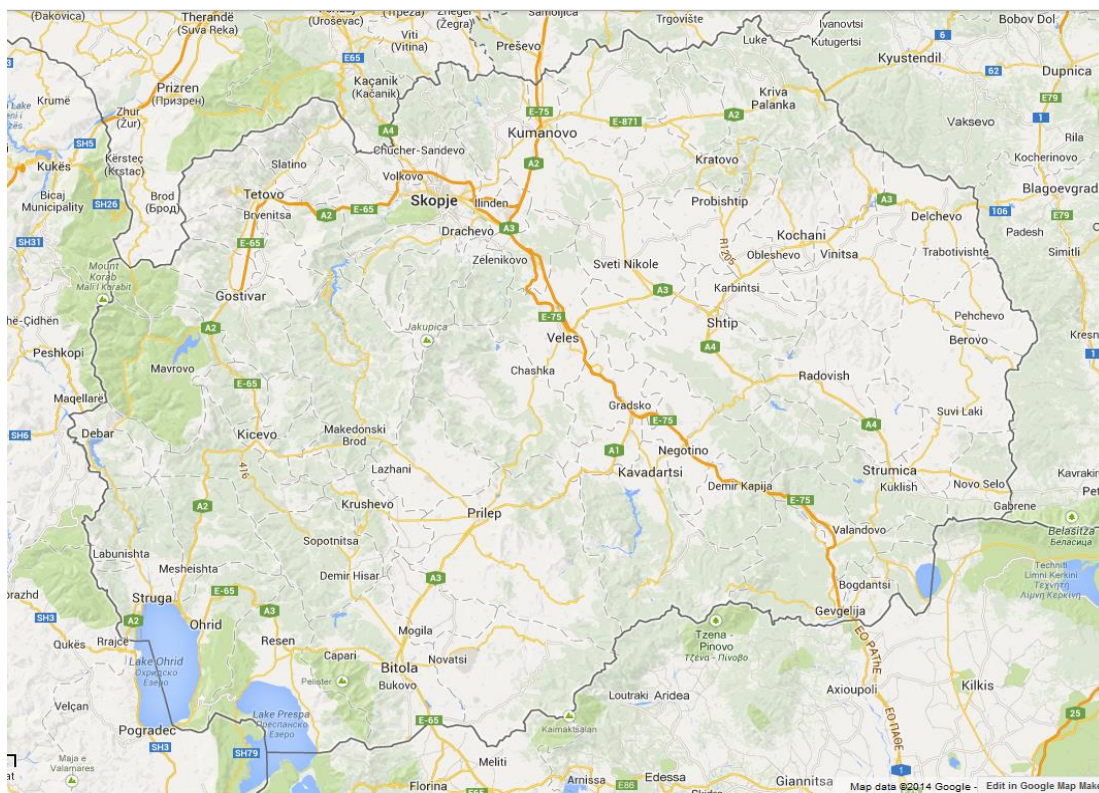
## 2. ОПШТИ ПОДАТОЦИ ЗА ПЕЛАГОНИСКАТА КОТЛИНА

Со овој магистерски труд ќе се изврши прелиминарна анализа и интерпретација на сегашниот степен на познавањето на географската, геолошката и хидрогеолошката градба на теренот на поширокото подрачје на Пелагониската котлина.

Врз основа на добиените сознанија ќе се испрограмираат и образложат неопходните контролни или дополнителни истражни постапки (кабинетски, теренски и лабораториски) што се потребни за изработка на овој труд.

### 2.1. Географска положба и сообраќајни комуникации

Пелагониската котлина се наоѓа во југозападниот дел на Р. Македонија ограничена на запад со планините Баба, Плакенска и Бушава Планина, север со Даутица а од источната страна планината Бабуна и Селечка Планина.



Слика 1. Географска положба и сообраќајна поврзаност на Пелагониската котлина  
Figure 1. The geographical position and transport connection of the Pelagonian valley.

На сликата бр. 1 прикажана е географската положба и сообраќајната поврзаност на Пелагониската Котлина со регионалната сообраќајна и комуникационата инфраструктура преземена од <https://maps.google.com/>,

## 2.2. Геолошко тектонски карактеристики на теренот

Поширокиот регион на истражуваниот простор во основа, е изграден од прекамбриски и палеозојски метаморфни карпи кои се развиени по ободните планински масиви, а средишниот дел на Пелагониската Котлина заполнет е со неогените езерски седименти (Прилог бр 1).

Прекамбриските карпи представуваат високометаморфни карпи представени најчесто со разноврсни гнајсеви, потоа со микашисти, мешана серија и серија на мермери, во овој комплекс на големо пространство се јавуваат и пробои од интрузивни магматски карпи претежно од гранодиоритски состав.

Палеозојските карпи претежно се застапени од западната страна на пелагониската котлина, во овој комплекс на палеозојски метаморфни карпи можат да се издвојат три серии кои јасно се разликуваат: серија на кварц-серицитски шкрилци и зелени шкрилци, филитоидна серија и кластично-карбонатна серија.

Во мезозојскиот комплекс се издвојуваат: тријаски седименти и дијабази, јурски магматски стени и горнокредни седименти.

Неогените езерски седименти со кои е заполнета Пелагониската Котлина до неодамна се сметаше дека се претставени исклучиво од плиоценски наслаги, но со најновите сознанија и истраги вршени од страна на проф. Никола Думурџанов и други се смета дека основата на неогените седименти во Пелагониската неогена депресија е изградена од горно миоценски наслаги.

Од профилите на порано изведени истражни дупнатини во Пелагонискиот неоген басен може да се види дека литолошката градба на неогените и квартарните седименти е доста хетерогена.

Од извршената детална анализа на литолошките столбови на повеќе дупнатини може да се констатира дека во целина неогените седименти се изградени од песокливи алеврити, песокливи глини и чисти алеврити и глини кои преовладуваат, додека во профилот помалку се застапени алевритски песоци и чакали и поретко чисти слоеви од песок и чакал.

Во рамките на неогените седименти во Битолскиот дел од басенот локално е издвоена и моќна јагленовита серија, како и моќна серија на дијагенизирани прадини т.н. “трепели”.

Најгорниот дел на езерската неогена седиментна формација е покриен со квартарни седименти.

На база на големиот број на изведени истражни дупнатини и доста голем обем на геофизички истражни работи границата помеѓу кварталните и неогените седименти е од 5 - 80 m, најчесто 20 - 40 m, а локално се и еродирани.

Кварталните седименти во рамничарскиот дел од теренот се претставени со алувијално-езерски седименти и кај нив повеќе преовладува покрупна песокливо чакалеста фракција и барски седименти. По ободите на басенот кварталните седименти се претставени со пролувијални и делувијални наслаги изградени од грубо кластичен нанос изграден од прашиноста глиновити песоци и чакали локално со појава на валутоци.

Реката Елешка, Шемница и Црна Река по своето течение формираат алувијални наслаги изградени од песокливо чакалести седименти.

Врз основа на усвоена тектонска реонизација на Македонија по М. Арсовски, поширокиот регион на Пелагониската Котлина припаѓа на Пелагонискиот хорст антиклинариум.

Истражуваниот простор представува составен дел на Пелагонискиот басен.

Пелагонискиот басен представува неотектонска грабенаста структура чие формирање по Н. Думурџанов и други започнало кон крајот на среден миоцен. Сместен е помеѓу неколку морфоструктури на издигање (хорстови).

Овие структури се движат главно по должината на стари преднеогени, реактивирани за време на неоген раседни структури. Покрај овие постојат и неотектонски раседни структури.

За време на неогенот Пелагонискиот басен представува неогено слатководно езеро во кое има интензивно таложее на териген материјал кој условува создавање на моќни езерски седименти. Дебелината на неогените езерски седименти во централниот дел на басенот се движи во границите од 200 до 400 m. во Прилепскиот дел на Пелагониската котлина, и 600 – 800 m во Битолскиот дел на Пелагониската Котлина, на поедини локации се претпоставува дека длабочината на басенот е и до 1000 m. Кон ободите длабочината се намалува.

Над езерските неогени седименти за време на Квартерот таложени се алувијални седименти поврзани со речните токови, како и пролувијални и делувијални седименти по ободите на басенот. Дебелината на кварталните седименти е до околу 40 m во Прилепскиот дел од басенот и до педесетина метри во Битолскиот дел од басенот, прилог 1.

Во современите тектонски услови депресијата се издига околу 2 mm/год, а околните планински масиви се издигаат 4-5 mm/год. Во целина се применува терминот дека депресијата релативно тоне 2-3 mm/годишно во однос на околните блоковски структури.

## 2.3. Хидро геолошки карактеристики на теренот

Пелагониската Котлина од морфолошки аспект е поделена на два дела, Битолско Поле и Прилепско Поле. Исто така и во геолошки и хидрогеолошки смисол Битолскиот и Прилепскиот дел од Пелагониската Котлина имаат доста сличности, но и свои специфичности според кои може да се рече дека се работи за два хидрогеолошки комплекси.

### 2.3.1. Хидрогеолошки карактеристики на Битолскиот дел од Пелагониската Котлина

На основа геолошката градба и *структурниот тип на порозност* во рамките на карпестите маси во поширокиот регион на Битолско Поле се издвојуваат следниве типови на издани: издан со интергрануларна порозност, издан со пукнатинска порозност и условно безводни терени.

Според *хидродинамичките карактеристики* кои владеат во рамките на водоносните средини се издвојуваат следните типови на издани: фраетски тип на издани (издани со слободно ниво на подземни води) и артески и субартески тип на издани (издани со ниво на подземни води под притисок).

Карпестите маси во Битолскиот дел од Пелагониската Котлина според нивната *хидрогеолошка функција* се сврстени како: хидрогеолошки колектори, хидрогеолошки спроводници, хидрогеолошки комплекси и хидрогеолошки изолатори.

Како хидрогеолошки колектори и спроводници се издвојуваат карпестите маси со интергрануларна (меѓузрнска) порозност.

Во групата на хидрогеолошки комплекси се издвоени неогените седименти, а во групата на хидрогеолошки изолатори издвоени се барските седименти, глините и алевритите во рамките на неогениот комплекс, како и цврстите слабо испуканите карпести маси.

#### 2.3.1.1. Издан со интергрануларен тип на порозност

Овој тип на издани во рамките на Битолскиот дел од Пелагониската котлина има големо распространување. Развиен е во рамките на (Q) кварталните (алувијално и пролувијалните) седименти, каде е формиран издан со слободно

ниво и во неогените езерски седименти каде е формиран комплексен тип на издан со субартерско и артерско ниво.

### ***Збиен тип издан формиран во кварталните седименти во Пелагонискиот неоген басен***

Како што е претходно спомнато неогените седименти во Пелагонискиот басен се покриени со квартални седименти. Дебелината на овие седименти е различна и истата најчесто се движи од 20 – 40 метри, ретко повеќе или помалку, а има и случаи кога наплно се еродирани. Границата со неогените седименти е нејасна и често пати истата неможе точно да се дефинира.

Кварталните седименти се изградени од неврзани седименти со застапеност на сите фракции, но генерално преовладува алевритско песоклива фракција, ретко со појава на чисти песокливо чакалести или глиновито алевритски слоеви. Честа е и појава на барски муљевити седименти.

Ваквите седименти се карактеризираат со слаби до средни филтрациони карактеристики ( $K_f$  најчесто во границите  $1 \times 10^{-4}$  –  $1 \times 10^{-7}$  m/sec,  $T$  најчесто во границите 5 – 50 m<sup>2</sup>/den), Водоносност слаба до средна, издашност на бунари 1 - 5 l/sec.

Во овие седименти е формиран издан со слободно ниво на подземна вода. Нивото на подземна вода најчесто се движи во границите од 1 - 4 m. Осцилациите се сезонски. Прихранувањето на изданот е за сметка на атмосферски врнежи.

### ***Збиена издан формирана во пролувијалните и делувијалните седименти по ободите на Пелагонискиот неоген басен***

Овој тип на издан има големо распространување на поширокиот регион во рамките на Пелагонискиот басен. Се простира во ободните делови на целата Пелагониската котлина.

Пролувијалните седименти изградени се од финозрни до прашиности пескови и чакали испомешани со кварцни самци и блокови од околните карпи. Дебелината на овие седименти е доста променлива, истата се движи од 5.0 - 10.0 m во ободните делови на теренот до околу 50.0 m кон централни делови.

Како водоносни средини во рамките на овој издан се чакалите и песокливите средини. Песковите како засебно издвоени водоносни средини воглавно се јавуваат во вид на сочива и како прослојци во рамките на глиновитата серија. Дебелината на песковите е променлива, истата се движи од неколку см па и до



2.0 - 3.0 m. Овие пескови се неврзани, растресити и како такви претставуваат поволна средина за акумулирање на подземни води. Нивната водоносност утврдена е со помош на копани бунари и дупнатини. Поединечната издашност на бунарите и дупнатините е од 1.0 - 5.0 l/s. Словите од чакал во рамките на делувијално-пролувијалните седименти се јавуваат во кровината и подината во глиновитите слоеви.

Подземните води од овој издан се со слободно ниво, истото најчесто се движи во граница од 2.0 - 5.0 m и е во зависност од конфигурацијата на теренот.

Прихранувањето на подземните води главно, е од атмосферските врнежи. Дренирањето на подземните води е преку копани бунари и дупнатини, а во еден помал дел со дренирање на овие води во подлабоките водоносни средини.

По западниот обод во подножјето на Баба Планина скоро на целото нејзино протегање развиени се флувиоглацијални наноси кои на некои места како лепезасти млазеви одат доста длабоко во Пелагонискиот басен, и до 2-3 km (пр. кон с. Логоварди). Дебелината им е и до стотина метри. Овие седименти се карактеризираат со содржина на доста самци и крупни блокови. Интергрануларниот простор е заполнет најчесто со алевритско глиновита фракција. Во хидрогеолошки поглед се слабоводопрпусни до безводни.

### ***Збиен тип издан формиран во алувион на Елешка и Црна Река***

Овој тип на издан формиран е во алувијалните седименти на Црна Река и Елешка Река. Изграден е од среднозрни до крупнозрни пескови и муљевити до заглинети пескови. Дебелината на овие седименти е доста променлива и, истата по течението на Црна Река се движи во граници од 20.0 m па и до 50.0 m во централните делови, до максимум 10 m по течението на Елешка река.

Филтрационите својства на овој тип на издан се доста добри и према нив истиот се издвојува како доброводоносна средина.

Коефициентот на филтрација во рамките на овој издан е доста променлив и се движи во граница од  $K = 1.0 \times 10^{-3}$  (m/s) до  $K = 1.0 \times 10^{-5}$  (m/s).

Подземните води се одликуваат со слободно ниво, истите се со ниво на подземни води од 2.0 m до 4.0 m под површината на теренот. Различните нивоа на подземните води се резултат на местоположбата и конфигурацијата на теренот, како и водостојот во речните корита на споменатите реки.

Прихранувањето на подземните води на овој издан е на сметка на дотокот на подземните води од ободот на теренот т.е. од другите средини кои се на хипсометриско повисоко ниво, од атмосферските врнежи, како и најголем дел од површинските водотеци на Црна Река и р. Елешка.

Поединечната издашност на изведени бунари во оваа издан е променлива, истата најчесто се движи од  $Q = 15.0$  l/s до  $Q = 50.0$  l/s во алувијалните седименти на Црна Река, и до 10 l/s по Елешка Река, и е во зависност од местоположбата на локациите. Карактеристична е нехомогеност на литолошкиот и хидрогеолошкиот профил по хоризонтала и вертикала.

### ***Комплексен тип на издан во неогените езерски седименти***

Овој тип на издани во рамките на Битолскиот дел од Пелагониската Котлина и воопшто во Пелагониската котлина има големо распространување. Развиен е во рамките на неогените седименти (песокливо чакалести слоеви, чисти или алевритско глиновити).

Постоењето на овој тип на издани потврдено е со голем број на изведените истражни и експлоатациони дупнатини и бунари во реоните на с. Логоварди, с. Рибарци, с. Оптичари с. Гнеотино, с. Средно Егри, с. Бач, с. Гермијан, с. Креница с. Миџитлија и други локалитети.

Водоносните хоризонти во рамките на комплексниот тип на издани се јавуваат на повеќе нивоа. Истите се одликуваат со променлива дебелина на водоносните хоризонти, т.е. поединечна дебелината на водоносните слоеви најчесто се движи во граница од 2.0 - 10.0 m, додека вкупната дебелина на сите водоносни слоеви во рамките на целиот неоген комплекс се движи во границите од 10 – 20%, од вкупниот депозит на неогените седименти.

Карактеристично за овој тип на издан е изразеното раслојување. Водоносните средини се јавуваат во вид на слоеви, прослојци и сочива. Кровината и подината на водоносните слоеви на овој тип на издани ја чинат глини, алеврити, трепели, јагленови глини и јагленови слоеви.

Коефициентот на филтрација во рамките на овој издан е доста променлив и се движи во граница од  $K_f = 1.0 \times 10^{-4}$  (m/s) до  $K = 1.0 \times 10^{-5}$  (m/s).

Подземните води од овие средини се одликуваат со ниво на подземни води под притисок (артеско и субартеско ниво). Издашноста на артеските дупнатини и бунари е променлива во зависност од местоположбата и конфигурацијата на

теренот. Истата најчесто се движи во граница од  $Q = 5 \text{ l/s}$  до околу  $Q = 30.0 \text{ l/s}$ , локлно и повеќе.

Карактеристично за овој тип на издан во споменатите региони е тоа што водата е минерална и со себе носи големи количини на гас  $\text{CO}_2$ . Механизмот на самоизлевање на вода од изведените дупнатини и бунари е условен од гасовите. За потеклото на гасот како и неговата појава и обновливост од страна на повеќе истражувачи постојат повеќе различни теории, а најверојатано е поврзано со длабоки тектонски структури.

Прихранувањето на подземните води на овој тип издан, главно, е на сметка на атмосферските врнежи, а истото се одвива на два начина и тоа директно прихранување по отворените делови на теренот и прихранување од површински води кои од ободните планински масиви дотекуваат во неогениот басен.

Дренањето на подземните води од овој издан, главно, е преку самоизливни (артески) дупнатини и бунари. На поширокиот регион на истражуваниот простор постојат голем број на изведени дупнатини и бунари од кои по пат на самоизлив непотребно и неконтролирано истекуваат големи количини на минерална вода и гас  $\text{CO}_2$ .

Подземните води кои постојат во оваа издан со оглед на проценетите резерви претставуваат интересен потенцијал од аспект на економски цели во смисла на користење на минералната вода и гасот и од аспект на водостопански и земјоделски цели како води за наводнување.

До денес сè уште не се спроведени детални наменски хидрогеолошки истражни работи за дефинирање на резервите на подземни води на оваа издан на ниво барем на В категорија, туку истите се дефинирани на ниво С и С<sub>1</sub> категорија како проценети резерви.

#### 2.3.1.2. Издан со пукнатинска порознос

Овој тип на издан во рамките на пошироката околина на Битолскиот дел од Пелагониската Котлина има големо распространување. Истиот развиен е во испуканите и тектонски оштетените цврсти карпести маси (прекамбриски гнајсеви и микашисти, палеозојски гранодиорити, амфиболити и др.).

Издани во споменатите карпести маси се од ограничени размери, формирани локално плитко под површината на теренот и скоро да немаат никакво економско и практично значење за било какви цели.

Изворите кои се јавуваат во поголем дел се некаптирани или примитивно каптирани и тоа во еден помал дел во атарите на селата.

Издашноста на изворите е променлива, истата најчесто се движи во граница од  $Q = 0.05$  (l/s) -  $Q = 0.5$  (l/s). Во поголем дел преку летото овие извори пресушуваат, што значи дека истите главно се од повремени карактер. Во некои делови на Баба Планина во испукани и тектонизирани карпести маси се јавуваат и постојани извори со издашност и до 5 l/s. Подземните води се одликуваат со слободно ниво. Прихранувањето на подземните води на овој тип на издан е од атмосферските врнежи. Дренажањето на водите од овој издан е со помош на изворите и со истекување на подземните води од овие средини во водоносните средини од збиениот и комплексниот тип на издани кои се наоѓаат на хипсометриски пониско ниво.

Режимот на подземните води на овој тип на издан е во зависност од големината на атмосферските врнежи и од дотокот на подземни води од водоносните средини кои залегнуваат над овие карпи.

#### 2.3.1.3. Условно безводни терени

Во рамките на овие карпести маси припаѓаат водонепропусните седименти во рамките на неогениот комплекс на езерски седименти (глини, алевроити, трепели), како и барските квартарни седименти. Споменатите литолошки членови се водонепропусни и во нив не е формиран издан, прилог 2.

#### 2.3.2. Хидрогеолошки карактеристики на Прилепскиот дел од Пелагониската Котлина

Прилепскиот неоген басен е изграден од квартарни и плиоценски седименти. Квартарните седименти целосно (освен на мал дел 5-6 km<sup>2</sup> СИ од Прилеп) ги покриваат плиоценските седименти.

Прилепскиот неоген басен од хидрогеолошки аспект може да се третира како една хидрогеолошка целина.

Периферните планински масиви се изградени од цврсти карпи: гнајсеви, микашести, гранити, разноврсни шкрилци, мермери и други карпи.

Врз основа на литолошкиот состав, стратиграфската припадност и хидрогеолошките карактеристики на застапените литолошки формации во Прилепскиот

неоген басен и околните блоковски структури, површински може да се издвојат два региони на водопрпусни литолошки формации и еден регион на водонепрпусни (претежно водонепрпусни) литолошки формации.

#### **Водопрпусни карпи**

- Водопрпусни неврзани кластични наслаги - *збиен тип на издани и*
- Водопрпусни карбонатни карпи *карстно-пукнатински тип на издани.*

#### **Водонепрпусни карпи**

- Претежно водонепрпусни интрузивни, метаморфни и други цврсти карпи и
- Водонепрпусни неврзани литолошки формации во рамките на неогените седименти.

### 2.3.2.1. Водопрпусни карпи

#### **Водопрпусни неврзани кластични наслаги - *збиен тип на издани***

Во оваа група припаѓаат делувијалните, пролувијалните, алувијалните и плиоценските седименти. Со овие седименти е покриен целиот неоген басен и дел од подножјата на ободните планински масиви.

Вкупната површина на литолошките формации (делувијални, пролувијални, Q-алувијални и плиоценски седименти на површината на теренот) кои припаѓаат на овој хидрогеолошки регион изнесува околу 585 km<sup>2</sup>. Во рамките на овој хидрогеолошки регион може да се издвојат четири хидрогеолошки реони:

**A.** - *Пролувијалните*, локално доста малку делувијалните седименти се развиени во подножјата на ободните планински масиви, но некаде навлегуваат и 2-3 km кон равничарскиот дел од теренот каде се мешаат со алувијалните седименти. Зафаќаат површина од околу 180 km<sup>2</sup>. Длабочината на овие седименти е до околу 30 m. некаде лежат директно на основна карпа, а некаде врз плиоценски седименти; Овие седименти се сврстени во класата на слабо водопрпусни и водоносни.

Издашноста на изведени бунари со длабочина 25-30 m во овие седименти се движи во границите до 5 l/s и истите не се перспективни како извориште за обезбедување на дополнителни количини на вода за водоснабдување на градот Прилеп.

**Б.** - *Квартер-алувијалните* седименти ги покриваат неогените седименти во равничарскиот дел од теренот. Зафаќаат површина од околу 375 km<sup>2</sup>. Дебелината на овие седименти врз база на изведени истражни дупчења и геофизички истражни работи е одредена 30 - 80 m. под нив лежат плиоценски седименти со d = 100 – 400 m; Овие седименти се сврстени во класата на средно водопрпусни и водоносни.

Издашноста на изведени бунари со длабочина 30-40 m во овие седименти се движи во границите од 5-20 l/s и истите делумно се перспективни како извориште за обезбедување на дополнителни количини на вода за водоснабдување на градот Прилеп. Во вакви седименти се изведени бунарите на локалитетот Кошарка. Вакви седименти со подобра водоносност се развиени на потегот од градот Прилеп кон с. Мало и Големо Коњари па до село Славеј, како и во реонот на село Новоселани Прилепско.

**В.** - *Алувијален нанос на Црна Река*, развиен е во појас по течението на Црна Река на околу 20 km југозападно од градот Прилеп. Прецизно просторната распространетост на овој појас е тешко да се одреди, но неговата широчина се цени на околу 3 km. Врз база на порано изведени геофизички истражувања широчината изнесува 3 km, а дебелината околу 50 m. Во Прилепскиот неоген басен (од с. Бучин до с. Тројкрсти) развиен е во должина од околу 9 km, зафаќа површина од околу 25 km<sup>2</sup>. Овие седименти се сврстени во класата на добро до многу добро водопрпусни и водоносни. Изградени се главно од песокливо чакалести литолошки формации. Во нив е формиран издан со слободно ниво на подземна вода, изданот најчесто е во директна хидрауличка врска со Црна река.

Издашноста на изведени бунари со длабочина 30 - 40 m во овие седименти се движи во границите од 30 - 50 l/s и истите се оценети како најперспективно извориште за обезбедување на дополнителни количини на вода за водоснабдување на градот Прилеп.

**Г.** - *Плиоценски седименти* СИ од Прилеп се јавуваат на површината на теренот на околу 5-6 km<sup>2</sup>. На останатиот дел од теренот развиени се целосно под Квартар - алувијалните седименти и на околу 1/2 под површината на пролувијалните седименти што претставува вкупна површина на нивно распространение од околу 500 km<sup>2</sup>. Од вкупниот нивен профил околу 70% е изграден од водопрпусни

литолошки членови, а останатиот дел водонепропусни. Во целина се сврстени во класата на слабо водопрпусни неврзани карпи.

Истите не се перспективни за обезбедување на дополнителни количини на вода за градот Прилеп поради скромниот капацитет и главно неповолниот хемизам на водите.

### **Водопрпусни цврсти карбонатни карпи**

#### **- карстно пукнатински тип на издани**

Развиени се на северозападниот обод на Прилепскиот неоген басен на потегот од с. Дебреште преку с. Зрзе до с. Маргари и се прошируваат на СЗ према с. Крапа.

На овој дел од теренот тонат под неогените седименти на Пелагонот.

Карбонатните карпи се изградени од различни типови на мермери кои се јако испукани и карстифицирани врз основа на што се сврстени во класата на добра водопрпусност. Во нив е формиран карстно-пукнатински тип на издан со доста големи размери.

На делот кон Прилепскиот неоген басен дренарањето односно празнењето на оваа издан се врши од два големи карстни извори, извор покрај патот во с. Дебреште и извор кај манастирот над с. Зрзе.

Двата извора се од контактено-гравитационо преливен тип. Кај изворот Дебреште бариери представуваат неогените седименти додека кај изворот Зрзе бариера се гнајсеви.

Во рамките на овие седименти во реонот на село Дебреште во периодот 1992-1993 год. вршени се хидрогеолошки истражни работи но резултатите од изведените истражни работи во поглед на водоносност беа негативни.

#### **2.3.2.2. Водонепропусни карпи**

Во рамките на водонепропусни карпи во Прилепскиот неоген басен и околните блоковски структури можат да се издвојат две групи.

- водонепропусни неврзани карпи и
- претежно водонепропусни цврсти интрузивни и метаморфни карпи.

#### **Водонепропусни неврзани карпи**

Во оваа група може да се сврстат дебелиите слоеви на глини и прашини во рамките на неогените седименти во басенот. На површината на теренот не се

јавуваат. Овие наполно водонепропусни слоеви го условуваат постоењето на водоносни хоризонти - издани со ниво под притисок - артерски хоризонти.

### **Претежно водонепропусни и цврсти интрузивни и метаморфни карпи**

Карпите кои се сврстени во оваа група се развиени по ободите на басенот како и во издигнатите блокови - греди во самиот неоген басен.

Представени се со различни врсти на гнајсеви и микашисти гранити и гранитоидни пробои и различни врсти на шкрилци.

Се карактеризираат со испуканост и водопрпусност само плитко под површината на теренот, а во длабочина се водонепропусни. Издани се формирани локално и со ограничено пространство. Изворите во оваа средина најчесто се со издашност  $< 0.1$  l/s, а ретки се извори со издашност до 1 l/s.

Модулот на подземно истекување е многу мал и изнесува околу  $0.12$  l/s/km<sup>2</sup> што одговара на 3.78 mm воден столб односно инфилтрација од 1% (податоците од толкувач на ОХГК, лист Крушево 1:100.000).

#### 2.3.2.3. Квалитет на водите

За дефинирање на квалитетот на водите во Прилепскиот регион во изминатиот период изработени се поголем број на физичко-хемиски анализи на подземните води. Врз основа на резултатите од тие анализи во понатамошниот текст ќе бидат изнесени основните податоци за квалитетот на водите во Прилепскиот регион.

**Квалитет на водите во алувијалните седименти на Црна Река.**- За квалитетот на водите од алувијалните седименти на Црна Река постојат податоци од изработени физичко-хемиски анализи на водата од повеќе бунари кои се користат за водоснабдување на населението со вода за пиење.

Бунар во алувијалните седименти на Црна Река во с. Бучин (3 km возводно од просторот предвиден за истражување), се користи за регионално водоснабдување на повеќе населени места: с. Бучин, с. Пресил, с. Милошево, с. Свето Митрани и с. Врбоец. Водата од овој бунар ги задоволува стандардите за физичко-хемиска исправност на водите за пиење. Ист е случајот и со водата од изведени бунари за водоснабдување на с. Единаковци, с. Бараково, градот Демир Хисар и др., како и најновите истражни бунари кај с.Чепигово кои ќе се користат за водоснабдување на градот Прилеп.

**Квалитет на водите во квартално-алувијалните седименти на Прилепскиот неоген басен (издан со слободно НПВ).**- За дефинирање на квалитетот на овие



води во изминатит период изработени се голем број на физичко-хемиски анализи на подземните води.

Скоро сите испитани води ги задоволуваат важечките стандарди за физичко-хемишка исправност на водата за пиење. Од изведени бунари во овие седименти во Прилепскиот неоген басен во моментов со вода за пиење се снабдуваат повеќе населени места и тоа: с. Мало Коњари, с. Големо Коњари, с. Славеј, с. Кривогаштани, с. Новоселани, с. Ропотово, с. Црнилиште, с. Галичани и други населени места во регионот.

**Квалитет на водите во плиоценските седименти (артерска издан).**- За дефинирање квалитетот на водите во овие седименти во изминатиот период, за различни цели изработени се повеќе физичко-хемиски анализи на водите. Скоро сите испитани примероци на вода покажуваат неповолен квалитет, истите имаат зголемена содржина на Fe и Mn во нив, според што не одговараат на стандардите за физичко-хемишка исправност на водите за пиење.

**Квалитет на водите од карстната издан.**- Карстната издан развиена северно и северозападно од с. Дебреште се празни преку изворот Дебреште и изворот Зрзе. Изработените физичко хемиски анализи на води од споменатите два извора според правилникот за физичко-хемишка исправност на водите одговараат на барањата како води за пиење.

Бактериолошката исправност кај сите подземни води во Прилепскиот регион е условена од нивната местоположба во однос на жариштата на загадување. Во населените места и во нивна близина подземните води од фреатската издан во најголем број случаи се изложени на интензивна опасност од загадување и истите најчесто покажуваат бактериолошка неисправност.

Во наредното поглавје се изнесени и анализирани опасностите од загадување на подземните води и мерките на нивна заштита.

#### **2.4. Климатски карактеристики на Пелагониската Котлина**

Од климатски аспект, врз база на досегашните статистички податоци може да се каже дека подрачјето има континентална клима, која се карактеризира со суви и топли лета и долги и студени зими, со ниски температури и обилни врнежи од снег. Снежниот покривач е присутен од декември до март со дебелина од неколку сантиметри до 60 cm. Средните годишни врнежи се движат од 500 до 600 mm.

Од податоците на поставените две дождемерни станици во Битолскиот регион:

- на платото на површинскиот коп „Суводол“ и
- покрај браната „Суводол“.

Се издвојуваат следниве карактеристични вредности за висините на врнежите за период од 1999-2003. година податоци се дадени во табелите 1 и 2 .

Другите климатски податоци не се регистрираат во дождемерните станици

Табела 1.Преглед на врнежите на платото на ПК, за период од 1999-2003 г.

Table 1. Review of rainfall on the plateau of the PV, for the period 1999-2003

Месец	Врнежи (mm)					Просек
	1999.	2000.	2001.	2002.	2003.	
јануари	85	38	26	16	67.5	46.5
февруари	59	55	21	13.5	27.5	35.2
март	55	46	3	82	14.5	40.1
април	25	24.5	96	73	27	49.1
мај	7	66.5	58	78	53	52.5
јуни	56	5	3	7	42	22.6
јули	85	8	45	86	0	44.8
август	36	13	60	41.5	31	36.3
септември	49	11	12	144	17	46.6
октомври	38	77	1	120	129	73
ноември	123	27	18	13	33	42.8
декември	64	10	60	139	38	62.2
вкупно	682	381	403	813	479.5	551.7

Табела 2. Преглед на врнежи кај браната Суводол за период од 1999-2003 г.

Table 2. Review of rainfall in dam Suvodol, period of 1999-2003

Месец	Врнежи (mm)					Просек
	1999.	2000.	2001.	2002.	2003.	
јануари	82	37	16	17	49	40.2
февруари	61.5	35	20	14	20	30.1
март	40.5	39	2	74	13	33.7
април	36.5	11	93	67	40.5	49.6
мај	9	67	60	87	73	59.2
јуни	50	13	,	26	68	32
јули	78	10	18	90	0	39.2
август	23	8	35	14	66	29.2
септември	33	16	12	146	14.5	44.3
октомври	38.5	78	1	100	125	68.5
ноември	108	28	18	13	34	40.2
декември	62	8	62	109	23	52.8
вкупно	622	350	340	757	526	519

- Годишните врнежи се движат од 340-813 mm;
- Најголеми месечни врнежи регистрирани се во септември 2002 година, 146 mm;
- Без врнежи бил месец јули 2003 година.

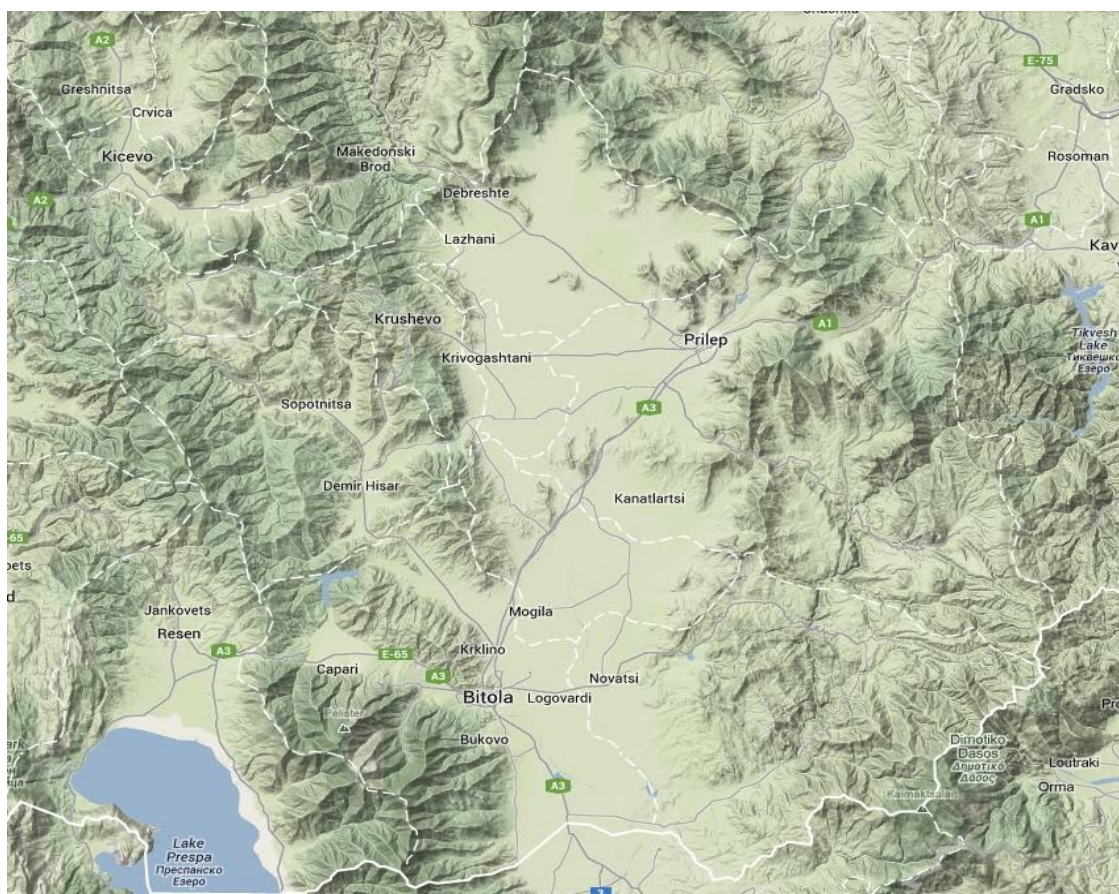
Во овој магистерски труд даден е приказ на резултатите од анализите на врнежи на метеоролошката станица во Битола врз основа на два документа:

- „Интензитет на врнежи во Република Македонија”, (Ж. Шоклевски и Б. Тодоровски, Скопје, 1993. год.);
- „Хидрогеолошки карактеристики и услови на одводнетост на лежиштето за јаглен – „Суводол” (Костадин Јованов, Белград, 2002.год. Магистерски труд).

Од овие документи ги издвојуваме следниве параметри:

- Веројатноста за појава на едnodневни врнежи за 50-годишен повратен период изнесува 84,56 mm, а за 100-годишен повратен период изнесува 95,06 mm;
- Веројатноста за појава на еднoчасовни врнежи за 50-годишен повратен период изнесува 47,92 mm.

Просечната годишна температура на воздухот за период од 1971-2004 година изнесува 11,3 °C, а екстремните температури се од -30,4 °C до +41,2 °C.



Слика 2. Пелагониската котлина

Figure 2. Pelagonian valley

### 3. ЗАКОНСКА РЕГУЛАТИВА ЗА ВОДИ

Управувањето со водите во полето на политиката за води се регулирани со Европското и Македонското законодавство.

Европската правна рамка е даден во два дела. Во првиот дадена е општата законска рамка за управување со водите.

Во вториот дел накратко се опишани главните специфични директиви за користење на водата, управувањето со површинските води и заштита на водата. Усогласувањето со ЕУ Директивите во Секторот за квалитет на водата (Рамковна Директива за вода 2000/60/ЕС) како рамковно законодавство и Директивата за третман на урбаните отпадни води (91/271/ЕС).

Одредбите на овој закон се однесуваат на изворските води, протечните води, неподвижните води и подземните води; одземена вода од бура(води од невреме); вода за пиење; отпадните води; речни корита и крајбрежја на водотеци и порои, езера и акумулации, како и термални и минерални води. Водите се дефинирани како добра од општ интерес и се сопственост на државата.

*Законот за водите* утврдува правна основа за донесување на релевантните подзаконски акти, со кои ќе се регулираат во детали различни услови, процедури, стандарди и мерки или врз основа на кои постојните ќе бидат ревидирани, со цел да се постигне согласност со новите цели, стандарди и мерки предвидени во релевантните Директиви на ЕУ, се применуваат акти на подзаконската легислатива [Уредба за категоризација на водотеци, езера, акумулации и подземни водни ресурси („Службен весник на РМ" бр. 18/99), Уредба за категоризација на водата („Службен весник на РМ" бр. 18/99)].

#### 3.1. Гранични вредност за класификација на водите

Согласно со Уредбата за класификација на водите од 23 март 1999 година, се врши класификација на површинските води (водотеците, езерата и акумулациите) и на подземните води.

Според намената и степенот на чистотата водите од оваа уредба се распоредуваат во 5 класи, и тоа:

КЛАСА 1 - многу чиста, олиготрофична вода, која во природна состојба со евентуална дезинфекција може да се употребува за пиење и за производство и преработка на прехранбени производи и представува подлога за мрестење и

одгледување на благородни видови на риби. Пуферниот капацитет на водата е многу добар. Постојано е заситена со кислород, со ниска содржина на нутритиенти и бактерии, содржи многу мало, случајно антропогено загадување со органски материји, но не и неоргански материји.

1. КЛАСА 2 - малку загадена, мезотрофична вода, кој во природна состојба може да се употребува за капење и рекреација, за спортови на вода, одгледување на други видови на риби или кој со вообичаени методи на обработка- кондиционирање (коагулација, филтрирање и дезинфекција и слично) може да се употребува за пиење и за производство и преработка на прехранбени производи. Пуферниот капацитет и заситеноста на водата со кислород може да доведе до незначително зголемување на примарната продуктивност.

2. КЛАСА 3 - умерено еутрофична вода, која во природна состојба може да се користи за наводнување, а по вообичаените методи на обработка- кондиционирање и во индустрии на кои не им е потребна вода со квалитет за пиење. Пуферниот капацитет е слаб, но ја задржува киселоста на водата на нивоа кои сеуште се погодни за повеќето риби. Повремено може да се појави недостиг на кислород. Нивоото на примарна продукција е значајно, и може да се забележат некои промени во структурата на заедницата, вклучувајќи ги и видовите на риби. Евидентно е оптоварување од штетни супстанции и микробиолошко загадување. Концентрацијата на штетните супстанции варира од природни нивоа до нивоа на хронична токсичност за водениот живот.

3. КЛАСА 4 - силно еутрофична, загадена вода, која во природна состојба може да се употребува за други намени само после одредена обработка. Пуферниот капацитет е пречекорен, што доведува до поголеми нивоа на киселост, а што се одразува на развојот на подмладокот. Се јавува презаситеност со кислород и незаситеност. Присутно е цветање на алги. Зголеменото разложување на органски материји истовремено со стратификацијата на водата, може да повлече анаеробни услови и убивање на рибите. Масовни седишта на толерантни видови, популации на риби и бентосни организми, може да бидат погодени. Микробиолошкото загадување не дозволува оваа вода да се користи за рекреација, а штетните супстанции испуштени или ослободени од талогот (седимент-наслагите) може да влијае на квалитетот на водениот живот. Концентрацијата на штетните супстанции може да варира од нивоа на хронична до акутна токсичност за водениот живот.

4. КЛАСА 5- многу загадена, хипертрофична вода која во природна состојба не може да се употребува за ни една намена. Водата е без пуферен капацитет и нејзината киселост е штетна за многу видови на риби. Големи проблеми се јавуваат во кислородниот режим, презаситеност со кислород во горни слоеви и сиромашност со кислород во долни слоеви, што доведува до анаеробни услови. Разложувачите се доминантно застапени во однос на произведувачите. Риби или бентосни видови не се јавуваат постојано. Концентрацијата на штетните супстанции ги надминува акутните нивоа на токсичност за водениот живот.

1. **прва класа** многу чиста, олиготрофична вода,
2. **втора класа** малку загадена, мезотрофична вода
3. **трета класа** умерено еутрофична вода,
4. **четврта класа** силно еутрофична, загадена вода,
5. **петта класа** многу загадена, хипертрофична вода, која во природна состојба не може да се употребува за ни една намена

Показателите за класификација на водите во класи, според член 2 на оваа уредба се:

- органолептички показатели: видливи отпадни материји, видлива боја, забележлива миризба, вистинска боја, матност и провидност;
- показатели на киселост: рН вредност и алкалитет;
- показатели на кислороден режим: растворен кислород, заситеност со кислород, петдневна биохемиска потрошувачка на кислородот при температура од 20°C (БПК5), хемиска потрошувачка на кислород од калиев перманганат, вкупен органски јагленород;
- показатели на минерализација: суспендирани материји, вкупен сув остаток од филтрирана вода (вкупни растворени материји);
- показатели на еутрофикација: вкупен фосфор, вкупен азот, хлорофил „а“, примарна продукција, степен на сапробност, индекс на сапробност и степен на биолошка продуктивност;
- показатели на микробиолошко загадување: најверојатен број на термотолерантни колиформни бактерии;
- радиоактивност: Вкупната активност на течните радиоактивни отпадни материји кои во текот на една година можат да се излеваат во површинските води-водотеци, се пресметува според посебен образец;

- штетни и опасни материји: метали и нивни соединенија, останати неоргански параметри, феноли, јагленоводороди, халогени јагленоводороди, нитрирани јагленоводороди, пестициди, останати органски соединенија и уредбата за класификација на водите од 23 март 1999 година каде се дефинирани Граничните вредности на показателите оваа уредба се утврдуваат на максимално дозволени вредности или концентрации на штетни материји, табела 3 .

Табела 3. МДК на штетни и опасни материји

Table 3. Maximum permissible concentrations of harmful and dangerous substances

Гранични вредности и концентрации за соодветна класа				
Показатели	Единица	Класа I-II	Класа III-IV	Класа V
Al	µg /l	1500	1500	>1500
Sb	µg /l	30	50	>50
As	µg /l	30	50	>50
Cu	µg /l	10	50	>50
Ba	µg /l	1000	4000	>4000
Be	µg /l	0.2	1	>1
Bi	µg /l	50	50	>50
Zn	µg /l	100	200	>200
Cd	µg /l	0.1	10	>10
Co	µg /l	100	2000	>2000
Cr vk	µg /l	50	100	>100
Cr 6+	µg /l	10	50	>50
Mn	µg /l	50	1000	>1000
Mo	µg /l	500	500	>500
Ni	µg /l	50	100	>100
Pb	µg /l	10	30	>30
Pd	µg /l	2	20	>20
Ag	µg /l	2	20	>20
Tl	µg /l	3	30	>30
Ti	µg /l	100	100	>100
V	µg /l	100	200	>200
Fe	µg /l	300	1000	>1000
Hg vk	µg /l	0.2	1	>1
Вкупни органо Hg соединенија	µg /l	0.02	0.1	>0.1
NH <sub>3</sub>	µg /l	20	500	>500
NH <sub>4</sub>	µg /l	1000	10000	>10000
NO <sub>3</sub>	µg /l	10000	15000	>15000
NO <sub>2</sub>	µg /l	10	500	>500
B	µg /l	200	750	>750
F	µg /l	300	1500	>1500
Cl	µg /l	2	10	>10
Se	µg /l	10	10	>10
S <sup>2-</sup>	µg /l	2	50	>50

### **3.2. Гранични вредност - максимално дозволени вредности или концентрации во води за пиење**

За безбедна вода за пиење се смета вода која не содржи микроорганизми, паразити и нивни развојни форми во број кој претставува опасност по здравјето на луѓето и не содржи супстанции во концентрации кои сами или заедно со други супстанции претставуваат опасност по здравјето на луѓето [Правилникот за безбедност на водата („Сл. Весник на РМ“ бр. 46 од 07. 04. 2008 година)].

При изборот на водата за пиење секогаш има предност водата на која не ѝ е потребна претходна обработка, на водата за пиење не треба да и се додаваат никакви материји, освен ако не бара постапка на преработка или дезинфекција.

Врз основа на член 57, став (8) од Законот за безбедност на храната („Службен весник на Република Македонија” бр. 157/10, 53/11 и 1/12). Одредбите на овој правилник се однесуваат на сите природни минерални води кои се експлоатираат на територија на Република Македонија или се увезени и кои се во согласност со карактеристиките на природната минерална вода

Природна минерална вода“ е микробиолошки исправна вода, која потекнува од подземна водна маса или слој и се појавува на површината на извор каптиран во една или повеќе природни или издупчени точки на излегување на површината. Природната минерална вода јасно се разграничува од обичната вода за пиење според нејзината природа, која се карактеризира со содржинатана минерали, микроелементи или други состојки кои поволно влијаат на организмот и според нејзината чистота.

Карактеристиките на природната минерална вода се сочувани поради подземното потекло на таа вода, која е заштитена од сите ризици на загадување;

Природно газирани природна минерална вода е вода чија содржина на јаглерод диоксид при извирање останува иста и по реализирање на декантацијата и по амбалажирањето.

Во табела 4 и табела 5, за споредба ќе ги наведеме и *Максимално дозволени граници* - Правилник за безбедност на водата за пиење, Министерство за здравство („СВ на РМ“ бр. 46/08)



Табела 4. Гранични вредности/ максимално дозволени вредности или концентрации во води за пиење

Table 4. Maximum permissible concentrations for drinking water

Показатели	Единица		Индикаторски задолжителни параметри	
Al	µg /l	200	Al/ µg /l	200
Sb	µg /l	5	NH <sub>3</sub> / mg/l	0,5
As	µg /l	10	Боја mg/l Pt/Co скала	20
Cu	µg /l	2000	EC/ µScm-1	1000-2000
Ba	µg /l	700	Cl/ mg/l	250
Be	µg /l		pH	6,5-9,5
Bi	µg /l		Матност/NTU	1,5
Zn	µg /l	3000	Na/ mg/l	200
Cd	µg /l	5	Потрошувачка на KMnO <sub>4</sub> / mg O <sub>2</sub> /l	8,0
Co	µg /l		Оксидабилност/ mg O <sub>2</sub> /l	5
Cr vk	µg /l	50	SO <sub>4</sub> <sup>2-</sup> / mg/l	250
Cr 6+	µg /l		Алкалност/ mg/l	>30
Mn	µg /l	50	Вкупен азот по келдал	1 mg/l
Mo	µg /l		P/ µg /l	300
Ni	µg /l	20	K/ mg/l	12
Pb	µg /l	10	Резидуален хлор/ mg/l	0,5
Pd	µg /l		Силикати/ mg/l	20
Ag	µg /l	10	Сув остаток/ mg/l на 105 <sup>0</sup> C	<1000
Tl	µg /l		Суспендирани честички/ mg/l на 105 <sup>0</sup> C	10
Ti	µg /l		Вкупна тврдина/ mg CaCO <sub>3</sub> /l	<60
V	µg /l	5	Флуорид/ µg /l	1,5
Fe	µg /l	200		
Hg vk	µg /l	1		
Вкупни органични Hg соединенија	µg /l			
NH <sub>3</sub>	µg /l	50		
NH <sub>4</sub>	µg /l			
NO <sub>3</sub>	µg /l	50000		
B	µg /l	1000		
F	µg /l			
Cl	µg /l			
Se	µg /l	10		
S <sup>2-</sup>	µg /l	0		

Во табелата 5, за споредба ќе ги наведеме и Максимално дозволени граници - Правилник за безбедност на водата за пиење, Министерство за здравство („СВ на РМ“ бр. 46/08) и („Службен весник на Република Македонија“ бр. 157/10, 53/11 и 1/12)

Табелата 5. Гранични вредности/ максимално дозволени вредности или концентрации во води за пиење

Table 5. Maximum permissible concentrations for drinking water

МДК за проби од вода од бунари	Единица	МДК
<b>Катјони</b>		
Ca <sup>2+</sup>	mg/l	150
Mg <sup>2+</sup>	mg/l	50
Na <sup>+</sup>	mg/l	200
K <sup>+</sup>	mg/l	12
<b>Анјони</b>		
Cl <sup>-</sup>	mg/l	250
HCO <sub>3</sub> <sup>-</sup>	mg/l	>30
SO <sub>4</sub> <sup>2-</sup>	mg/l	250
NO <sub>3</sub> <sup>-</sup>	mg/l	50
NO <sub>2</sub> <sup>-</sup>	mg/l	0.1
NH <sup>4+</sup>	mg/l	0.5
NH <sub>3</sub>	mg/l	0.5
PO <sub>4</sub> <sup>3-</sup>	mg/l	0.3
<b>Микрокомпоненти</b>		
P	(µg/l)	300
Sr	(µg/l)	
Co	(µg/l)	
Mo	(µg/l)	
Sn	(µg/l)	
U	(µg/l)	
Li	(µg/l)	
Be	(µg/l)	
Ag	(µg/l)	10
Sb	(µg/l)	5
Cs	(µg/l)	
Tl	(µg/l)	
Bi	<0,5	
Th (µg/l)	<0,5	

## **4. ПРИМЕНЕТИ МЕТОДИ ВО ИСТРАЖУВАЊАТА ЗА ОПРЕДЕЛУВАЊЕ НА ТЕШКИ И ТОКСИЧНИ МЕТАЛИ АЕС-ИСП**

При определувањето на застапеноста на тешките и токсичните метали ќе се применуваат техниките на ICP-AES и ICP-MS (Атомска емисиона спектрометрија со индуктивно спрегната плазма и Атомска емисиона спектрометрија со спрегната плазма и масена спектрометрија).

Методите на истражувањето ќе вклучуваат прелиминарна анализа и интерпретација на сегашниот степен на анализирање и на лабораториските испитувања кои ќе бидат направени во рамките на научните лаборатории кои постојат на УГД (природно-математички, биотехнички и технолошко-технички науки).

### **4.1. Атомска емисиона спектрометрија со индуктивна спрегната плазма**

Атомска емисиона спектрометрија со индуктивно спрегната плазма денес е една од најчесто користените техники на елементарната анализа. АЕС-ИСП била развиена како експериментална техника за време на шеесетите години од XX век, додека комерцијално достапни инструменти се појавиле дури во седумдесетите години од XX век, а дури во осумдесетите се развиени методи за примена во различни полина на истражувањата.

Првите почетоци за примена на методата, направени се во 1974 година, по што следи брз и динамичен напредок во наредните години. Благодарение на достапноста на комерцијалната опрема за АЕС-ИСП, денес оваа инструментална метода е една од најчесто применуваните методи за аналитичко хемиски испитувања. АЕС-ИСП во комбинација со автоматски семплер и адекватен софтвер, е многу ефикасна метода за изведување на брзи и прецизни анализи. Брзото добивање на резултатите за кратко време според Isaac Johnson (1982), укажува за значењето на оваа аналитичка метода. Само примената на оваа метода ги дава истите резултати за кој порано требало да се применат четири аналитички техники. Покрај големите предности, сепак и оваа метода има свои недостатоци, специфични услови за работа и природата на добиени спектри.

Индуктивно спрегната плазма првобитно била развиена како медиум за раст на кристалите при високи температури, но нејзиниот потенцијал како извор на емисиона спектрохемија набрзо бил откриен. Извонредниот потенцијал на ИСП како извор на елементарни анализи бил очигледен уште во првите денови на

нејзиното создавање. Посебно многу високата температура на плазмата била ценета бидејќи можат да бидат создадени многу спектрални линии за елементите, како и атомски и јонски линии за поголем број на рефракторни елементи.

Хемиските врски не можат да опстанат при анализирање со ИСП затоа традиционалните хемиски интерференции (какви што постојат при атомската апсорпциона спектрохемија) се елементарни. Исто така уште при самите почетоци на оваа техника било утврдено дека базниот сигнал(background) е многу низок, што од своја страна пак овозможува ниски детекциони граници. Втората карактеристична одлика на ИСП како спектроскопски извор е можноста да продуцира линеарни калибрациони линии на неколку нивоа на интензитет.

Линеарноста на калибрационите линии е основна карактеристика за рутински анализи кои дозволуваат симултни мерења на главните компоненти и компонентите во траги.

Како што сугерира и нејзиното име, АЕС-ИСП го мери атомскиот спектар на елементите кои се одредуваат.

Првите комерцијални ИСП инструменти, кои користат факели за добивање и ИСП при релативно ниски моќности се појавуваат во 1974 година. Од тогаш оваа техника доживува брз развој. Денес АЕС-ИСП методата е прифатена и од многу светски научни институции како што е Агенцијата за животна средина на САД (USEPA), како референтна метода за определување на разни елементи во најразлични обрасци од витално значење за мониторинг на животната средина (Soltanpour, Jonson, 2001).

## 4.2. Апаратура за АЕС-ИСП

Основните принципи на кои што работат инструментите за АЕС - ИСП, во принцип се состојат од:

- воведување на образецот во плазмата, атомизирање и ексцитирање;
- детекција на оптичкиот сигнал, мерење на неговиот интензитет и доведување во врска со квантитативниот состав на испитуваниот образец;

Инструментите за емисиона анализа на елементите со плазмена атомизација најчесто работат во областа 180 - 900 nm, поради што со нив не може да се одредуваат неметали како N, C и S (нивните најинтензивни атомски линии лежат на бранови должини од 180 nm).

Според начинот на функционирање АЕС - ИСП инструменти разликуваме два типа секвентни и симултани или мултиканални.

Симултаните или мутиканални АЕС - ИСП се способни да детектираат и мерат интензитет на емисионо зрачење на повеќе бранови должини т.е да регистрираат повеќе линии истовремено. Овој тип на инструменти можат да одредуваат 50-60 елементи истовремено.

Секвентните инструменти се помали и поефтни од симултаните, но имаат извесна предност поради слободата на избор на работни атомски линии за секој елемент. Принципот на работа со овој вид инструменти се состои во мерење на интензитетот на соодветните селектирани линии една по една.

Од горе споменатите причини во инструментите за АЕС - ИСП слика бр.4, разликуваме две основни целини со помош на кои се исполнуваат поставените барања, а тоа се:

- Атомизер со индуктивно спрегната плазма и
- Оптички спектрометар.

#### 4.2.1. Атомизер со индуктивно спрегната плазма

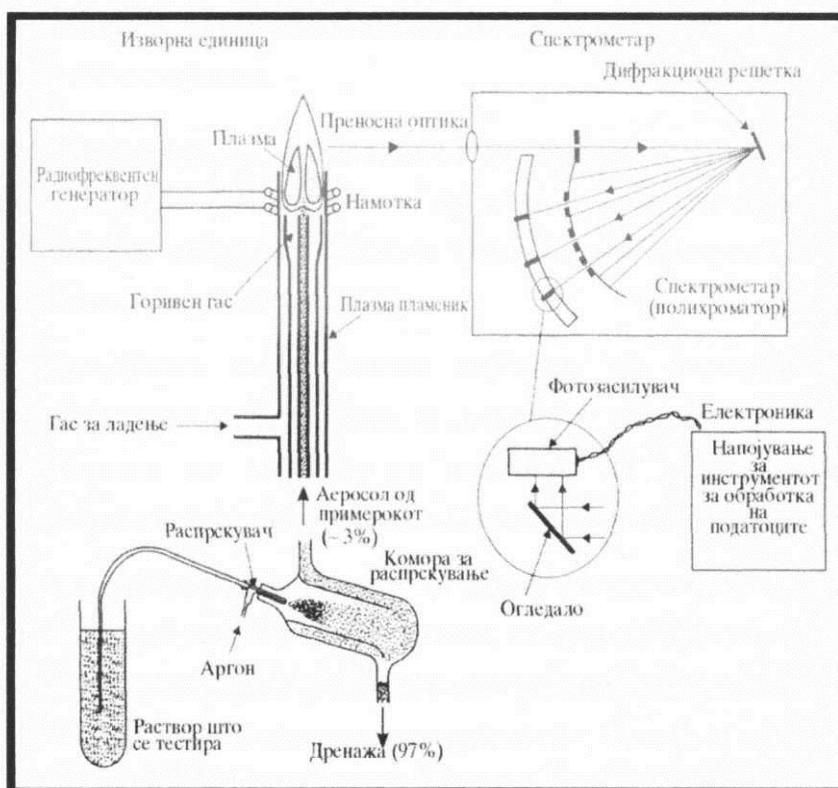
Атомизерот на база на ИСП се состои од следниве компоненти:

- систем за воведување на образецот;
- факел или горилник за формирање на плазмата асоцирана со систем за воведување и контрола на гасот аргон и
- радио фреквентен генератор за добивање и одржување на плазмата.

Функцијата на системот за воведување на образецот е да го внесе образецот во плазмата во форма на аеросол, со помош на распрскувач, распрскувачка комора и пумпа. Постојат различни комбинации на распрскувач и распрскувачки комори, а одлучувачки фактор која комбинација ќе се примени зависи од типот на образецот. Плазмата се добива со јонизирање на тангенцијално воведен аргон во факелот сместен меѓу намотки на бакарен индуктор, кога во намотката се индуцира јако осцилаторно магнетно поле од радио-фреквентниот генератор.

Добиените електрони и аргонски катјони продуцирани на овој начин го забрзуваат дејството на силното магнетно поле. Притоа електроните се забрзуваат многу повеќе и тие почнуваат насочено да се движат и да формираат вртложни струи (Fassel, Kniseley, 1974). Понатамошното одржување на плазмата се постигнува со интеракција на јонизираниот аргон со јакото магнетно поле.

Трансферот на енергија од радио-фреквентниот генератор во плазмата е всушност резултат на карактеристичните вртложни струи. Во делот на намотката каде што доаѓа до формирање на плазмата, средината се спротиставува на тоа насочено движење на електроните со јак омски отпор што се манифестира со високи температури, околу 10.000 K (Fassel, Kniseley, 1974). Како што расте висината во плазмата над намотката, концентрацијата на слободните електрони опаѓа. Со тоа се намалува и струјата, која тие ја предизвикуваат, а се намалува и омскиот отпор. Како краен ефект на сите овие процеси е пад на температурата во плазмата и добивањето на нејзината карактеристична форма на капка. Внесениот аеросол од образецот со помош на аргонот во централната јама формира аксијален канал низ плазмата. Во основата на плазмата температурата е најголема и изнесува 10 000 K (слика бр.8). На висина од 10-30 mm над намотката температурата рапидно опаѓа на 6 000 - 6 500 K, но таа се уште е доволно висока за ефикасно изведување на атомизацијата.



Слика 4. Компоненти на АЕС - ИСП

Figure 4. Components of the AES - ICP

Индуктивно спрегната плазма добиена на начин кој е опишан погоре има исклучителни физички својства: висока температура, хемиска инертност на гасот од кој се добива (аргонот) и слаба сопствена емисија на електромагнетно

зрачење. Овие исклучителни својства ја прават плазмата да биде одличен извор за испарување, атомизирање, јонизирање и ексцитирање на елементите кои се испитуваат.

По дефиниција плазмата претставува јонизиран гас способен да спроведува електричество како резултат на значителното присуство на катјони и слободни електрони добиени со јонизација на инертниот гас (аргон), бројот на катјоните и бројот на електроните е таков што сумарниот полнеж на плазмата е нула, односно таа е електронеутрална. Типичната плазма е многу интензивно и нетранспарентно јадро, кое емитура континуирано електромагнетно зрачење. Во областа од 10-30 nm над јадрото плазмата е оптички транспарентна. Во таа област таа не емитура континуирано електромагнетно зрачење, но не се исклучени некои аргонски атомски линии во спектарот, што се манифестира со зеленкаста боја на плазмата.

*Распрскувач* - е уред за внесување на примерокот во плазмата и има за функција да произведе фина аеросол од течниот систем кој што треба да се анализира. Постојат следните главни типа на распрскувачи: пнеуматски и ултразвучни (Thompson, Walsh, 1983).

Во комерцијални инструменти најчесто се користат пнеуматскиот стаклено концентричен распрскувач и „v-groove“ распрскувач. Инертниот „v-groove“ распрскувач се користи за анализа на раствори што содржат флуороводородна киселина или високи концентрации на растворени соли.

Секој тип на образец во форма на течен систем кој треба да се испитува има различни физички својства, вискозност, површински напон и густина. За да се добие повисока транспортна ефикасност потребна за ефикасна анализа со постигнување на висока аналитичка прецизност, битен е правилен избор на типот на распрскувач, како и видот на распрскувачката комора.

Ефикасноста на распрскувачот е важен фактор за постигнување на добра чувствителност и прецизност. Чувствителноста е одредена со количество на образецот што се внесува во плазмата, а прецизноста зависи од стабилноста при продукцијата на фината аеросол. Дури и малите промени во брзината на протокот на аргонот резултираат со промени на количеството на испитуваните аналити, што доаѓаат во плазмата. Тоа влијае и ги менува плазмените ексцитациони услови.

*Распрскувачка комора* - типот и квалитетот на распрскувачката комора се исто така важни фактори за постигнување на резултати со висока чувствителност и

прецизност. Главната функција на оваа комора е да ги отстрани честиците со поголем дијаметар од честиците на аеросолта. За повеќето системи распрскувач/комора само 2% во просек од аспирираниот образец се внесува во плазмата. Најчесто користена распрскувачка комора е „Struman-Masters“, изработена од инертен материјал, која дозволува користење за секаков тип на примерок.

*Факел или горилник* - е делот од атомизерот каде се формира плазмата и низ која се спроведуваат потребните аргонски протоци (*слика бр.5*). Тој се состои од три концентрични цевки изработени од топен кварц со различен дијаметар. Надворешниот дијаметар на овој комплет концентрични цевки е околу 2.5 см. Помеѓу овие цевки струи аргон со различна брзина и со различна функција.

Меѓу надворешната и средишната цевка, тангенцијално се воведува аргон, кој служи за формирање на плазмата, и ја дава нејзината карактеристична форма на капка со канал во средината. Овој аргон има за цел и да го заштити факелот од прегревање. Аргонот што струи помеѓу средишната и внатрешната цевка е дополнителен разладувач на плазмата. Низ внатрешната цевка од факелот се внесува аеросол со проток од аргон и се нарекува инјекторска цевка.

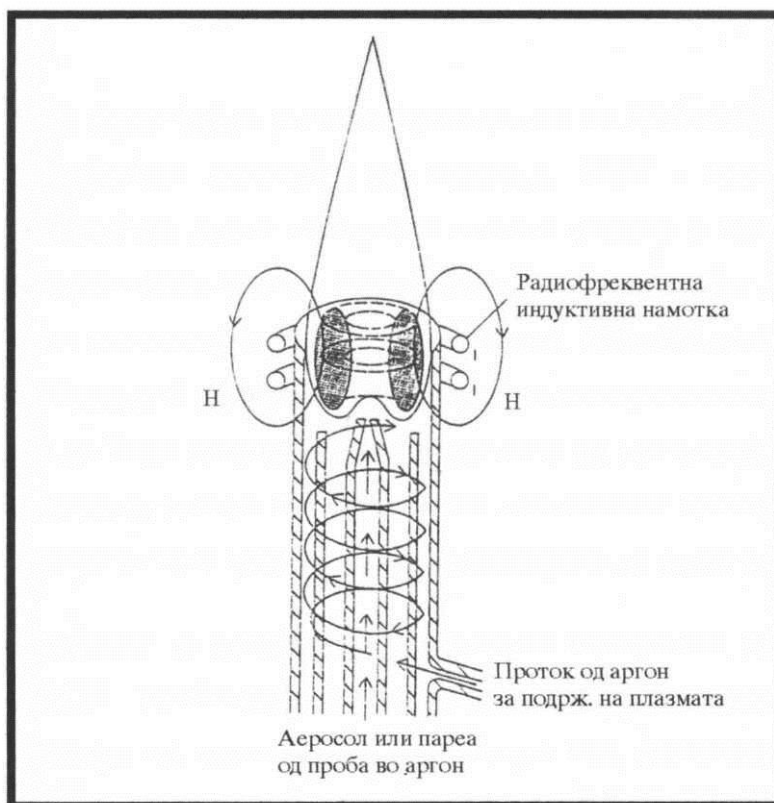
Гасот носач на образецот кој ги носи анализите поминува низ централниот дел на плазмата прави тунел, така што испитуваните елементи принудени поминуваат само низ тој дел во плазмата, а не низ целиот нејзин волумен. На овој начин се добива висока емисија на единица волумен од плазмата, што се манифестира со пониска граница на детекција и значителна чувствителност. Дијаметарот на инјекторската цевка го одредува времето на престој на примерокот во плазмата, како и дисперзијата на истиов во плазмата.

Инјекторски цевки со поголем дијаметар се користат за анализа на течни системи кои содржат растворени соли со повисока концентрација. Инјекторски цевки со помал дијаметар се попогодни при анализа на раствори на аналити во органски растворувачи. Конструкцијата на факелот мора да биде таква за да се обезбеди високи температури, постигање на ниски граници на детекција, како и добивање на линеарни калибрациони криви за широко концентрационо подрачје од 5 - 6 реда на величини и голема аналитичка зона.

*Радио фреквентен генератор* - основна функција на овој генератор е да ја даде потребната енергија за добивање и стабилно одржување на аргонската плазма.



Тој претставува контролен осцилатор со кој се постигнува добивање на магнетно поле со фреквенција од 27,12 MHz и енергетска моќност до 2,7 kW. Интензитетот на сигналот директно зависи од моќноста што ја добива плазмата од генераторот.



Слика 5. Типичен извор на индуктивно спрегната плазма.

Figure 5. Typical source of inductively coupled plasma.

#### 4.2.2. Оптички спектрометар за АЕС – ИСП

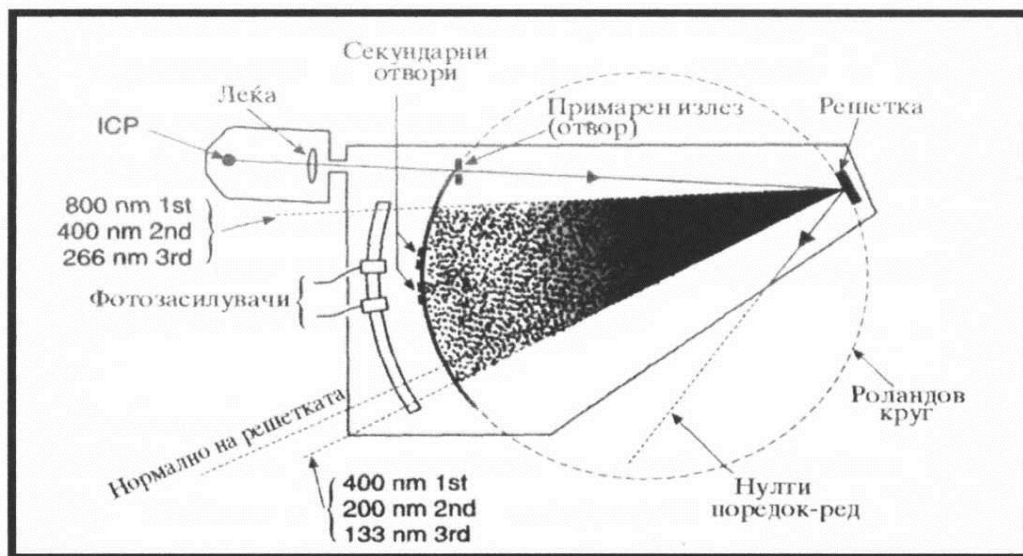
Улогата на делот кој го внесува примерокот во АЕС-ИСП системот е да го претвори растворениот примерок во аеросол. ИСП - пламеникот прво го претвора аеросолот во цврст материјал (откако водата е испарена), потоа во атомска форма (во некои случаи јонска форма), за на крајот да го предизвика атомот или јонот да емитува енергетски фотони. Улогата на спектрометарот е да ја одвои емитуваната радијација во дискретни спектрални линии, од кои секрја поодделно може да биде доследна на присуството на некој присутен елемент. Со мерењето на интензитетите на одбраните спектрални линии спектрометарот обезбедува квантитативна мерка за концентрацијата на секој аналит.

Спектрометарот ја раздвојува светлината емитувана во горниот дел од пламенот од ИСП. Вообичаено се забележува 4 милиметарски прозорец на

емитувана светлина на некои 14-18 милиметри над намотката. На слика бр.6 шематски е прикажано поврзувањето на ИСП со спектрометарот.

Преносната оптика ја упатува светлината емитувана од ИСП во дифракционата решетка на спектрометарот и обезбедува секој рефлектиран зрак да биде со фокус соодветен со излезниот отвор. Прецизното дотерување и максималната механичка стабилност се основни за постигнување на добри аналитички лимити или нивоа на детекција и репродуктивност.

Постојат две категории на мултиелементни спектрометри кои можат да одговорат на потребите на различни примени: симултани (полихроматор) и секвенционални (монохроматор) спектрометри. Полихроматорот нуди 20-30 фиксирани детекторски канали кои ги мерат различните бранови должини симултано или во исто време. Монохроматорот детектира само една бранова должина, но е многу погоден за скенирање на делови од спектарот. И двата вида на спектрометри користат дифракционен дел за дисперзија на влезната радијација во одделни бранови должини.



Слика 6. Конструкција на спектрометарот (дизајн „Paschen-Runge“)

Figure 6. Construction of the spectrometer (Paschen-Runge design)

### 4.3. Детектори

Како фотометриски детектори во инструментите АЕС - ИСП, најчесто се користат универзални фотомултипликаторски цевки. Тие имаат екстремно високо фотометриска чувствителност, со истовремено многу ниска т.н. темна струја. За детекција на зрачење со бранова должина под 300 nm во спектар од втор ред или

повисок решеткин ред се користат т.н. солар блинд фотомулти-пликатори, затоа што се елиминира можноста од интерференции на зрачењето со поголеми бранови должини во спектарот од прв ред.

#### **4.4. Компјутер**

Друг дел на секој АЕС-ИСП е компјутерот поврзан со електронски интерфејс со опремата. Најголем дел од системите се контролирани од компјутер, кои поради подобрувањата во последно време и падот на цените даваат придонес во подобрувањето на ИСП анализите. Денес финансиските издатоци за компјутерот приклучен на ИСП системот се најмалиот издатак во планирањето на буџетот за инсталирање на ИСП систем. Интерфејсот помеѓу компјутерот и спектрометарот е со една единствена функција - да го претвори напонот произведен од фотозасилувачите во дигитален сигнал кој може да биде обработен од компјутерот. Интерфејсот содржи конвертер на аналоген во дигитален сигнал (AC/DC или ADC) и дел за снабдување со електрична енергија. Електрониката е многу сложена и најчесто е производ на производителот на спектрометарот. Неговата поправка или замена може да биде најскапа ставка во одржувањето на ИСП системот. Исто така важно е да се напомене и тоа дека засилувачите и ADCs имаат доволен динамички опсег за да го покријат опсегот на концентрации мерени од модерните ИСП системи најмалку

#### **4.5. Аналитички перформанси**

АЕС-ИСП денес е востановена и зрела аналитичка техника во геохемијата. Модерните АЕС-ИСП инструменти се многу прецизни, а симултаните системи можат да продуцираат 20-30 елементи и анализи за приготвен примерок за приближно 1 минута, со можност за анализирање на повеќе од 200 примероци за еден работен ден. Оваа техника, исто така има поволен однос на цените и е соодветна за проекти кои се поврзани со анализирање на голем број на примероци. Во денешно време постои огромна литература за начините на подготовка на примерокот за анализа во АЕС-ИСП инструмент. Техниките на подготовка на примерокот при користење на цврст материјал се категоризирани во неколку категории и тоа: (а) екстракција на елементот аналит без комплетно растворање на примерокот, (б) растворање на примерокот со користење на

флуороводородна или друга минерална киселина, (в) топење на примерокот во соодветен тек и растворање на стопената мешавина. Секоја техника на подготовка си има свои правила и начинот на одбирање на најсоодветна техника ќе зависи од информацијата што се бара од анализата.

Опсегот на елементи кои можат да бидат одредени во геолошките примероци со АЕС-ИСП е значителен (Слика 7). Сите 10 главни елементи кои обично се анализираат (Si, Al, Fe, Ca, Mg, Na, K, Ti, P и Mn) можат да бидат одредени, како и повеќето од најчестите елементи во траги. Елементите на ретките земји вообичасно се анализираат со користење на катјонска сепарација и постапка на претконцентрација. Секако постојат и ограничувања во однос на елементите кои можат да се анализираат со АЕС-ИСП. Халогените елементи, инертните гасови, O, N и C не можат да бидат одредени со задоволителна сигурност. Тешко е да се измерат и некои елементи во траги кои се јавуваат во многу ниски концентрации (помалку од 1  $\mu\text{g/g}$ ) во геолошките примероци, но исто така возможна е одредба на некои од нив ако се применат техниките на сепарација и претконцентрација. АЕС-ИСП не е соодветен за одредбите на тешките алкални метали (Rb и Cs) при содржини во траги, веќе јонизирани при високите температури на плазмата и единствено атомските линии можат да се користат за анализа. U, Th, W и Ta вообичаено се под нивото на детекција за АЕС-ИСП.

Калибрација на инструментите може да се направи со природни или синтетички стандарди. Синтетичките стандарди се релативно едноставни за подготовка ако опсегот на елементи што треба да се одредуваат е мал, но ако е потребно да се одреди поголем опсег на главни елементи и елементи во траги, природните стандарди се по неповолна опција. Главното ограничување со природните стандарди е нивната достапност до одредени опсези на елементи кои треба да се анализираат како и точноста на вредностите за стандардните примероци. Ефектот на матрицата е релативно мал проблем во ИСП, но пожелно е да се направи приближно изедначување на примероците и стандардите. Ова е полесно да се постигне со природни стандарди отколку со синтетички стандарди.

Интерференцијата на спектралните линии е многу посериозен проблем. ИСП е ефикасен метод за генерирање на голем број на спектрални линии за поголем број од елементите од периодниот систем. Во растворот кој содржи растворен примерок од карпа, комплексната мешавина на елементи најверојатно ќе создаде комплексен емисионен спектар, со емисија на линии од елементи кои се



#### 4.6. Примена на АЕС-ИСП

АЕС - ИСП наоѓа примена за елементарни анализи во различни типови на образци од земјоделството, екологијата, геологијата, металургијата, нафтената индустрија итн. Поради одличната осетливост, мултиелементноста, можноста за истовремено определување на повеќе елементи, можноста за определување на елементи застапени во високи и ниски концентрации, тешки метали, елементи во траги, прецизност и брзина.

Најзначајна е сепак примената на оваа метода за елементарни анализи во геологијата кога пред аналитичарот се поставува задача за определување на поголем број на елементи во различни концентрации, во различни типови на примероци, со поголема точност и прецизност.

За мене особено е важно можноста за анализа на вода и одредување на застапеноста на тешките и токсичните метали во водата.

*Анализа на вода со АЕС-ИСП* - Еден од најзастапените и најчесто анализирани примероци на околната средина е водата. Рутината на елементарни анализи на водата денес е главната примена на АЕС-ИСП. Повеќето организации и државни служби засегнати со проблемот на експлоатација на водата поседуваат барем еден АЕС-ИСП инструмент како дел во рамките на процесот на проценка.

Бидејќи АЕС-ИСП во основа е метода на анализирање на течни медиуми, соодветен е за одредба на широк дијпазон на главни елементи и елементи во траги (симултано), што од своја страна е пожелно при анализите на примероците на вода. Вообичаено, единствено предtretирање на примерокот е филтрирањето на водата (да се отстранат цврстите честици) како и закиселувањето (стабилизирање на металите присутни во растворот). Аналитичкиот протокол за анализирање на водата базиран на филтрирањето на примерокот низ филтер со пори од 0.45  $\mu\text{m}$  и закиселување со 1 % раствор од азотна киселина би требало да биде вообичаена рутина во нормалната практика. Најголем дел од АЕС-ИСП лабораториите се опремени за изведување на овие постапки.

АЕС-ИСП има и неколку ограничувања кога природните нивоа на многу елементи во траги се ниски. Некои напори се прават за подобрување на нивото на детекција (со користење на ултразвучни распрскувачи, хидридни генерации за соодветни елементи, претконцентрација со јонска измена и сл.), но некои од ограничувањата на АЕС-ИСП остануваат и затоа во предвид треба да се земаат други аналитички техники како што е МС-ИСП - масена спектроскопија со индуктивно спрегната плазма.

Општо земено, границите на детекција на АЕС - ИСП се во границите од  $10^{-1}$  –  $10^{-4}$   $\text{mg}\cdot\text{L}^{-1}$ , и се дадени во табелата бр.6 за одредени елементи значајни за нашето истражување во (ppb).

Табела 6. Осетливост во ppb за различни елементи

Table 6. Sensitivity in ppb for different elements

Елемент	Бранова должина/nm	Граници на детекција/ppb	Елемент	Бранова должина/nm	Граници на детекција/ppb
Ag	328,068	0.5	Mg	279.55	0.05
Al	396,152	0.9	Mg	279.8	1.5
As	188.98	3	Mn	257.61	0.1
As	193.696	4	Mo	202.03	0.5
Ba	455.403	0.03	Na	589.59	0.2
Ba	233.527	0.1	Ni	231.6	0.7
Be	313.107	0.05	P	177.43	4
Ca	396.847	0.01	Pb	220.34	1.5
Ca	317.933	0.8	Rb	780.03	0.01
Cd	214.439	0.2	Zn	213.86	0.2
Co	238.892	0.4	Se	196.03	4
Cr	267.716	0.5	Sn	189.93	2
Cu	327.395	0.9	Sr	407.77	0.02
Fe	238.204	0.3	Ti	336.12	0.5
K	766.491	0.3	Tl	190.79	2
Li	670.783	0.06	V	292.4	0.7

АЕС - ИСП е метода која се одликува со одлична прецизност и стабилност, пред се поради стабилните услови на атомизација во аргонската плазма, стабилни и високи температури, контролирани со протоците на Аг и енергијата на РФ генератор.



## 5. МЕТОД И НАЧИН НА ЗЕМАЊЕ НА ПРОБИ ОД ПОДЗЕМНИТЕ ВОДИ НА ИСТРЖНОТО ПОДРАЧЈЕ-ПЕЛАГОНИСКА КОТЛИНА

Зголемувањето на побарувачката на вода го следеше генералниот тренд на пораст на населението и брзиот развој на земјата. Тоа доведе до зголемени количини на отпадни води, што доведе до зголемено водно загадување, пред сè поради негрижата на луѓето кон природните ресурси и отсуството на соодветни механизми за управување и третман на отпадните води на локално и на национално ниво.

Со оглед на фактот дека отпадните води од индустријата претставуваат еден од најголемите загадувачи на површинските и подземните води, индустриските субјекти во нашата држава немаат изградено пречистителни станици, или е присутна стара и неефикасна производна технологија со ниско производно ниво и не постои адекватна опрема за третирање на отпадните води, кои се и главни причини за загадување на водите од страна на индустријата.

Во повеќето фирми е присутна стара и неефикасна производна технологија со ниско производно ниво, и не постои адекватна опрема за третирање на отпадните води. Каде што би ја пречистувале својата отпадна вода пред да ја испуштаат во реципиентот, кои се и главни причини за загадување на водите. Тоа е особено случај со металуршката и хемиската индустрија, рударскиот сектор и отпадоците од привремените депонии кои претставуваат особена опасност за загадување на подземните води и реките., а токму ваквите води се и главните обезбедувачи на вода за пиење, со соодветна преработка.

Водата е хемиско соединеие на водородот и кислородот меѓутоа, водата има многу посложен состав и нејзината природа до денес не е до крај испитана.

Хемиските состојки во природните води условно се поделени во пет групи:

- растворени гасови,
- главни јони (макрокомпоненти),
- преодни компоненти,
- органски супстанции и
- микроелементи (микрокомпоненти)

Сепак, водата има одредени својства што ја прави водата да биде питка или не и затоа овде би ги спомнале микроелементите, чија концентрација е битен услов за квалитетот на водата за пиење.

Микроелементи или микрокомпоненти се нарекуваат оние елементи чија содржина во водата е помала од 10 mg/l. Во одредни случаи содржината на овие елементи е значително поголема од овие концентрации. Во оваа група на микрокомпоненти спаѓаат: бром, јод, флуор, литум, рубидиум, стронциум, бариум, арсен, молибден, бакар, кобалт, никел, злато, радиоактивни елементи и др. кои всушност повеќето од нив се и предмет на нашето истражување.

## 5.1. Методологија на работа

Правилното земање на проба представува важен стадиум од анализата на води за натаму со анализата да се добијат вистински (точни резултати).

Во зависност од целите на анализата, примероците од води може да се земаат:

- еднократно и
- сериски

Грешката која се пројавува во крајните резултати како последица од неправилно земање на примероци вода, не може да се коригира понатаму.

Условите кои треба да се запазат при земањето на примероци вода се многубројни, па затоа треба да се наведат барем главните моменти при земањето на примероци вода, а кои зависат од типот на водата и од целите на анализата (кои параметри ќе треба да се одредат).

Главни принципи кои треба да се испочитуваат при земањето на примероци вода се:

1. Примерокот вода - земен за анализа треба да го одразува средниот состав на испитуваниот објект (река, езеро, извор итн.) т.е. земените примероци вода треба да се репрезентативни;
2. Земањето на примероци вода, чувањето, транспортот до лабораторијата треба да се изведе на таков начин за да се обезбедат услови за не менување на составот на примерокот до моментот на анализа и
3. Волуменот на земениот примерок треба да е доволен за понатамошната анализа на водите т.е. да соодветствува на применетите методи за анализа на пооделни параметри на примероците вода.

Местото за земање на примероци води се избира во согласност со однапред одредените цели на анализата на води и претходно направените основни истражувања на месноста, при што треба да се испочитуваат сите фактори кои би можеле да покажат влијание на составот на земениот примерок.

## 5.2. Локација на земените проби

За определување на тешки и токсични метали во водата од Пелагониската Котлина направена е одредена шема на земање на пробите, со цел да бидат опфатени водите од бунарите, низ целата котлина. Земањето на пробите е еднократно во временски континуитет од еден ден 27. VIII 2013 година вода се земаше од триесет и еден пункт, односно мерни точки така да вкупниот број на земени проби за анализа е 31 проба. Како мерни точки се земени следните локации:

Во табелата бр 7 дадени се местата од каде што се земени примероците на подземна вода, исто така на истата табела дадени се и координати по x и y на сите места на земени проби. Локацијата на земените проби дадена е на топографска карта на Пелагониска котлина прилог број 3.

Табела 7. Координати на локациите од земени проби во Пелагонија

Table 7. Coordinates of locations from trials taken from Pelagonia

Примерок	Локација	у	х
П-1	Битолската болница	7 527 315	4 542 328
П-2	с.Новаци	7 538 800	4 544 375
П-3	с.Рибарци	7 539 890	4 540 806
П-4	с.Агларци	7 540 040	4 549 928
П-5	с.Дедебалци	7 541 440	4 552 550
П-6	с.Ношпал	7 538 162	4 560 188
П-7	с.Алинци	7 539 777	4 569 375
П-8	фабрика Крин	7 542 680	4 572 205
П-9	могилата Прилеп	7 546 777	4 576 877
П-10	парк опш. Прилеп	7 546 683	4 578 218
П-11	Комуналец Прилеп	7 545 752	4 577 241
П-12	с.Коњари Прилепско	7 539 189	4 577 097
П-13	с.Славеј Прилепско	7 534 529	4 576 702
П-14	с. Кривогаштани	7 528 325	4 576 955
П-15	с. Крушеани	7 529 668	4 574 248
П-16	с. Обршани	7 530 676	4 570 751
П-17	с. Боротино	7 533 939	4 571 751
П-18	с.Кадино село	7 538 903	4 573 747
П-19	с.Радобор	7 537 606	4 553 034
П-20	с.Могила	7 531 577	4 551 402
П-21	с.Гермијан	7 543 012	4 530 524
П-22	с. Бач	7 545 262	4 533 125
П-23	с. Кременица	7 539 213	4 531 294
П-24	с.Меџитлија	7 536 633	4 531 630
П-25	с.Егри 1	7 539 206	4 535 297
П-26	с.Егри 2	7 538 344	4 535 479
П-27	с.Кравари	7 532 087	4 538 456
П-28	с.Трн	7 535 136	4 548 150
П-29	с.Оризари Битола	7 529 441	4 545 530
П-30	РЕК 1 Б-19	7 544 739	4 545 344
П-31	РЕК 2 Б-14	7 544 210	4 545 168

### 5.3. Опис на локациите на земените проби

Во натамошниот текст даден е краток опис на локациите од каде што се земени примероци на подземна вода.

- П-1** Битолска градска болница.- Дупчен бунар со длабочина од 80 m вградени пластични цевки ф140 mm. Се користи за технички потреби за наводнување на тревните површини капацитет 1,3 l/s. Изведувач Хидроинженеринг - Битола.
- П-2** с. Новаци Битолско сидан бунар со длабочина 8 m се користи за технички потреби од месното население, капацитет 0.5 l/s.
- П-3** с. Рибарци, Битолско *дупчен бунар* со длабочина од 50 m вградени пластични цевки ф160 mm. Се користи за технички потреби од страна на фирмата Вазар Битола, капацитет 5 l/s. Изведувач Хидроинженеринг Битола.
- П-4** с. Агларци Битолско.- Дупчен бунар со длабочина од 70 m вградени пластични цевки ф140 mm. Се користи за технички потреби за наводнување на земјоделски површини капацитет 3.0 l/s. Изведувач Хидроинженеринг Битола.
- П-5** с. Дедебалци Битолско.- Бушен бунар со длабочина од 85 m вградени пластични цевки ф140 mm. Се користи за техничка вода за домашни потреби и за наводнување на тревните површини капацитет 3.5 l/s. Изведувач Хидроинженеринг Битола.
- П-6** с. Ношпал Битолско.- Сидан бунар со длабочина 7 m се користи за технички потреби од месното население, капацитет 0.5 l/s.
- П-7** с. Алинци Прилепско дупчен бунар со длабочина од 45 m вградени пластични цевки ф140 mm. Се користи за техничка вода за водосанабдување на с. Алинци, капацитет 4.5 l/s самоизлив 1l/s. Изведувач Хидроинженеринг Битола.
- П-8** Крин фабрика за преработка на мермер и гранит.- Дупчен бунар со длабочина од 55 m вградени пластични цевки ф140 mm. Се користи за техничка вода за фабриката капацитет 3.0 l/s. Изведувач Хидроинженеринг Битола.
- П-9** Парк Могилата Прилеп.- Дупчен бунар со длабочина од 85 m вградени пластични цевки ф140 mm. Се користи за техничка вода за наводнување на тревните површини капацитет 3.5 l/s. Изведувач *Хидроинженеринг Битола*.

- П-10** Парк во центарот на Прилеп.- Дупчен бунар со длабочина од 65 m вградени пластични цевки ф140 mm. Се користи за техничка вода за наводнување на тревните површини капацитет 4.5 l/s. Изведувач Хидроинженеринг Битола.
- П-11** Во стопанскиот круг на комуналец Прилеп, Дупчен бунар со длабочина од 65 m вградени пластични цевки ф140 mm. Се користи за техничка вода за потребите на фирмата, капацитет 4,0 l/s. Изведувач *Хидроинженеринг Битола*.
- П-12** с. Коњари Прилепско - дупчен бунар со длабочина од 85 m вградени пластични цевки ф140 mm. Се користи за техничка вода за водоснабдување на селото, капацитет 3.5 l/s. Изведувач Геолошки завод Скопје.
- П-13** с. Славеј Прилепско,- дупчен бунар со длабочина од 135 m вградени пластични цевки ф110 mm. Се користи за техничка вода како поила за стока капацитет самоизлив 0,5 l/s. Изведувач Геолошки завод Скопје.
- П-14** с. Кривогаштани,- сидан бунар со длабочина 8 m се користи за технички потреби од месното население, капацитет 0.5 l/s.
- П-15** с. Крушеани Прилепско,- дупчен бунар со длабочина од 70 m вградени пластични цевки ф140 mm. Се користи како селска чешма на селото и околното месно население, водата е минерална, капацитет 3.5 l/s. Изведувач Хидроинженеринг Битола.
- П-16** с. Обршани Прилепско, - дупчен бунар со длабочина од 35 m вградени пластични цевки ф140 mm. Се користи за технички потреби и за наводнување на земјоделски површини капацитет 2.0 l/s. Изведувач Хидроинженеринг Битола.
- П-17** с.Боротино Прилепско,- сидан бунар со длабочина 9 m се користи за технички потреби од месното население, капацитет 0.5 l/s.
- П-18** с. Кадино Село Прилепско,- дупчен бунар со длабочина од 90 m вградени пластични цевки ф110 mm. Се користи за технички потреби за месното население, капацитет самоизлив 0,3 l/s. Изведувач Геобиро Битола.
- П-19** с. Радобор Битолско,- дупчен бунар со длабочина од 30 m вградени пластични цевки ф140 mm. Се користи за технички потреби за наводнување на земјоделски површини капацитет 3.5 l/s. Изведувач Хидроинженеринг Битола.
- П-20** с. Могила Битолско, - дупчен бунар со длабочина од 30 m вградени пластични цевки ф140 mm. Се користи за технички потреби за наводнување

- на земјоделски површини капацитет 3.0 l/s. Изведувач Хидроинженеринг Битола.
- П-21** с. Гермијан Битолско, фабрика за CO<sub>2</sub> Визар, дупчен бунар со длабочина од 120 m вградени пластични цевки ф160 mm. Се користи за производство на CO<sub>2</sub>, капацитет 20.0 l/s. Изведувач Хидроинженеринг Битола.
- П-22** с. Бач Битолско, фабрика за CO<sub>2</sub> Бусемак, дупчен бунар со длабочина од 300 m вградени инокс цевки ф168 mm. Се користи за производство на CO<sub>2</sub>, капацитет 50.0 l/s.
- П-23** с. Креница Битолско, фабрика за минерална вода, дупчен бунар со длабочина од 120 m вградени пластични цевки ф110 mm. капацитет 5.0 l/s. Изведувач Битоласил Битола.
- П-24** с. Меџитлија Битолско, фабрика за минерална вода Пелистерка, дупчен бунар со длабочина од 120 m вградени пластични цевки ф110 mm, капацитет 4.0 l/s. Изведувач Геобиро Битола.
- П-25** с. Егри Битолско, селска чешма со минерална вода, дупчен бунар со длабочина од 120 m вградени пластични цевки ф110 m, капацитет 5.0 l/s. Изведувач Геобиро Битола.
- П-26** с. Егри Битолско, фабрика за CO<sub>2</sub> Техносол, дупчен бунар со длабочина од 300 m вградени инокс цевки ф168 mm. Се користи за производство на CO<sub>2</sub>, капацитет 80.0 l/s.
- П-27** с. Кравари Битолско, дупчен бунар со длабочина од 45 m вградени пластични цевки ф140 mm. Се користи за технички потреби за наводнување на земјоделски површини капацитет 4.5 l/s. Изведувач Хидроинженеринг Битола.
- П-28** с.Трн Битолско, фабрика за CO<sub>2</sub> Геогас, дупчен бунар со длабочина од 300 m вградени инокс цевки ф168 mm. Фабрика во изградба за производство на CO<sub>2</sub>, капацитет 50.0 l/s.
- П-29** с. Оризари Битолско,- Сидан бунар со длабочина 9,5 m се користи за технички потреби од месното население, капацитет 0.3 l/s.
- П-30** РЕК Битола, Б-19,- дупчен бунар со длабочина од 66 m, вградени пластични цевки ф 280 mm, се користи за одводнување на површинскиот коп.
- П-31** РЕК Битола, Б-14 дупчен бунар со длабочина од 125 m, вградени пластични цевки ф 280 mm, се користи за одводнување на површинскиот коп.

#### 5.4. Метод и начин на земање на пробите

Како прибор за земање на пробите се користени шишиња изработени од исклучително хемиски инертен полиетилен, т.е. пластични шишиња, од стандардизирана пластика чиј состав нема да влијае на составот на водата за анализа, со волумен од 2 литри. За определување на квалитетот на подземните води земени од испитуваниот терен (Прилог 3), земани се еднократни примероци на претходно определените пунктови во текот на месец август 2013 год, така да вкупниот број на земени проби за анализа е 31. Земените проби од подземни води се од копани или бушени бунари.

Сите примероци се земани во шишиња изработени од хемиски инертен материјал, чиј состав не влијае на составот на водата за анализа, со волумен од 2 литра, претходно промиени со азотна киселина (1:1), водоводна и дејонизирана вода (3). Пред земање на примероците, шишињата се промиваат три пати со по 1/3 од водата која треба да се примеркува и анализира. Земените примероци вода се транспортираат до лабораторијата во најкраток временски рок, но не подолго од 12 часа од земањето на примероците.

После ова земените примероци за анализа се носат во лабораторијата каде следува нивно филтрирање и конзервирање. Со цел да се зачува оригиналниот состав на испитуваните примероци колку што е можно поверодостојно и зачува соодносот помеѓу одделни компоненти во кој се застапени истиве во состојба во која се наоѓаат во испитуваниот објект во моментот на земање на примерок, примероците се конзервираат со додавање на концентрирана азотна киселина,  $c(\text{HNO}_3) = 15.8 \text{ mol/l}$  до pH 2 (2mL на 2L примерок) за потребите на одредување на катјонскиот состав.

Инструментот на кој се вршеа анализите е Libery model 110 од фирмата Varian со стаклено-концентричен распрскувач. За одредување на потребните елементи се користени Multy elemental standard solution V and IV и Multy elemental standard solution Ultra Scientific.

Земениот примерок треба правилно да биде обележан. Самото шише се обележува со алкохолен фломастер или налепница и треба да ги содржи следниве информации:

- број на примерок,
- име на воден пункт и
- дата на земање на примерок.



## 5.5. Конзервирањето на примероците

Конзервирањето на примероците е направено со  $\text{HNO}_3$ , p.a., Fluka, и  $\text{H}_2\text{SO}_4$ , p.a., Fluka.

За инструментална калибрација и квантитативно одредување на секој од таргетираните елементи се користеа мултиелементни стандардни раствори, (Multy elemental standard solution V и IV, едноелементни стандардни раствори за P, Ca, Mg, Fluka;  $\text{NO}_3^-$ ,  $\text{NO}_2^-$ ,  $\text{NH}_4^+$ ,  $\text{SO}_4^{2-}$  ).

## 6. АНАЛИЗА НА ДОБИЕНИТЕ ПОДАТОЦИ ОД ИСТРАЖУВАЊАТА ПО МЕТОДАТА НА ICP-AES

На земените 31 примерока вода од Пелагониската котлина направени се Физичко- хемиски анализи на следните елементи Ca, Mg, Na, K, Sr, Ba, B, Mn, Fe, Zn, Pb, Cr, Cu, Co, Cd, Al, As, Ni, Ag и Ti, добиените резултати изразени се во mg/l, исто така одредени се и pH, вкупно растворени соли (TDS) од филтрирани примероци, вкупна тврдина, алкалност, катјонски состав ( $\text{NH}_4^+$ ), и анјонски состав:  $\text{HCO}_3^-$ ,  $\text{Cl}^-$ ,  $\text{SO}_4^{2-}$ ,  $\text{PO}_4^{3-}$ ,  $\text{NO}_3^-$ ,  $\text{NO}_2^-$ .

За одредување на анјонскиот квалитет на подземните води се користени стандарни методи EPA (гравиметриска- TDS, волуметриска-  $\text{Cl}^-$ , спектрофотометриски-  $\text{NO}_3^-$ ,  $\text{NO}_2^-$ ,  $\text{NH}_4^+$  и турбидиметриска- $\text{SO}_4^{2-}$  со спектрофотометар 6715 UV/VIS, Jenway)).

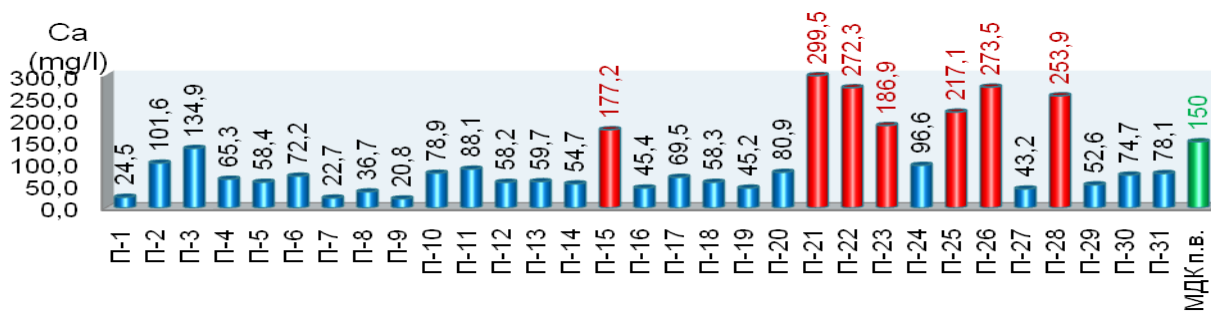
Подоцна вредностите на испитуваните параметри се споредени со стандарди за квалитет на водите за пиење и стандарди за класи на води .

### 6.1. Интерпретација на добиените резултати

Методите на истражувањето вклучуваат прелиминарна анализа и интерпретација на сегашниот степен на анализирање и на лабораториските испитувања и се направени во рамките на научните лаборатории кои постојат на УГД (природно-математички, биотехнички и технолошко-технички науки).

Добиените резултати се споредувани со податоците за МДК на питка и сирова вода [Максимално дозволени граници - Правилник за безбедност на водата за пиење, Министерство за здравство (СВ на РМ бр. 46/08)] од поглавје 3.0 ,табели 3,4 и 5.

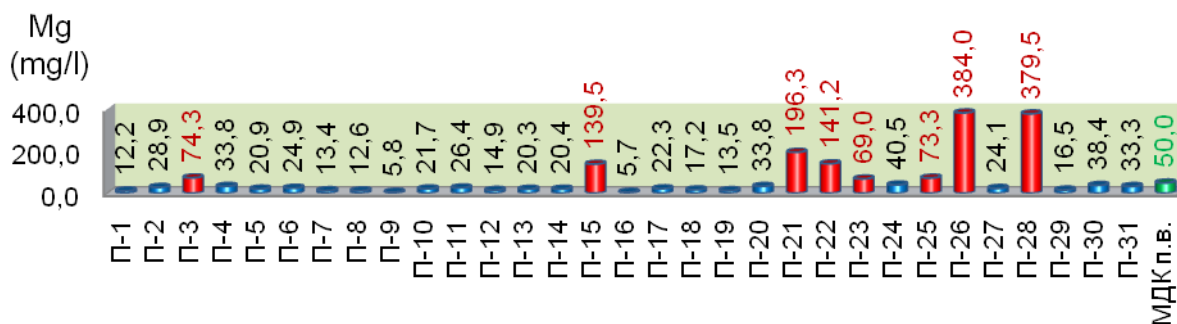
Во натамошното излагање следат дијаграми каде се дадени вредностите за добиените резултати од измерените концентрации изразени во mg/l, за Ca, Mg, Na, K, Sr, Ba, B, Mn, Fe, Zn, Pb, Cr, Cu, Co, Cd, Al, As, Ni, Ag и Ti, катјонски состав ( $\text{NH}_4^+$ ), и анјонски состав:  $\text{HCO}_3^-$ ,  $\text{Cl}^-$ ,  $\text{SO}_4^{2-}$ ,  $\text{PO}_4^{3-}$ ,  $\text{NO}_3^-$ ,  $\text{NO}_2^-$  , pH, вкупно растворени соли (TDS), од слика 8 до слика 39.



Слика 8. Графички приказ на концентрацијата на Ca

Figure 8. Graphical representation of the concentration of Ca

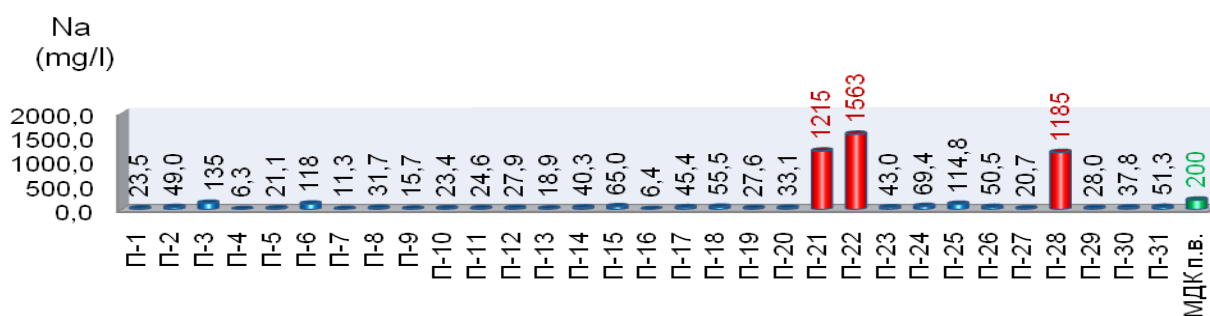
Содржината на Ca во водата од вкупно 31 примерок во 7 бунари ја надминува МДК за питка вода односно во проба П-15, П-21, П-22, П-23, П-25, П-26 и П-28, минимална вредност за содржина на Ca е најдена во 20.8 mg/l во примерок П-9 а максимална во П-21 299.5 mg/l.



Слика 9. Графички приказ на концентрацијата на Mg

Figure 9. Graphical representation of the concentration of Mg

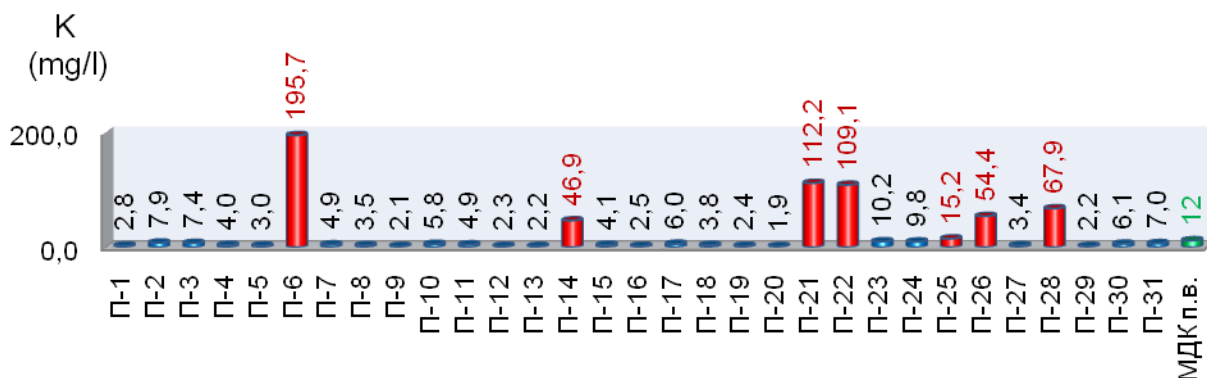
Од испитуваните примероци за содржина на Mg во подземните води на Пелагониската котлина мин вредност е 5.7 mg/l во примерокот П-16 додека мах вредност изнесува 384 mg/l во примерокот П-26, МДК за питки води е надмината во 8 проби.



Слика 10. Графички приказ на концентрацијата на Na

Figure 10. Graphical representation of the concentration of Na

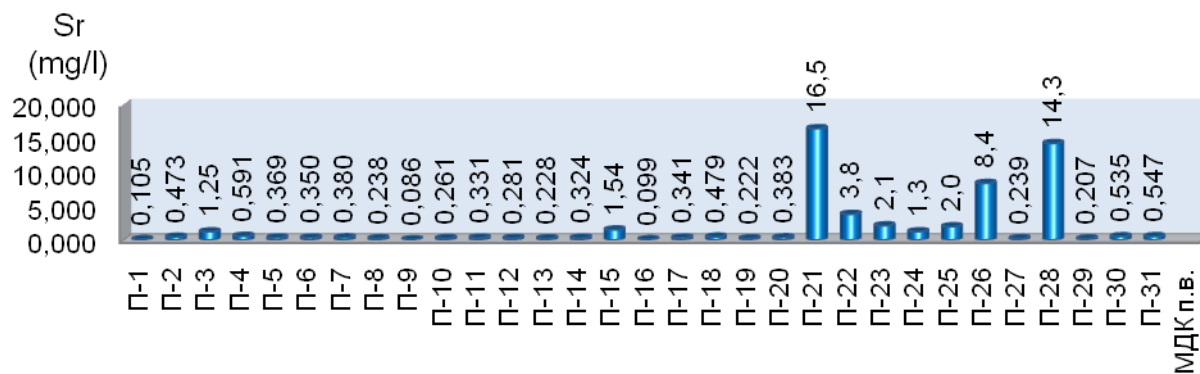
Содржината на Na во водата од испитуваните вкупно 31 примерок во 3 бунари ја надминува МДК за питка вода односно во проба П-21, П-22 и П-28, минимална вредност за содржина на Na е најдена во 6.3 mg/l во примерок П-4 а максимална во П-22 1563 mg/l.



Слика 11 .Графички приказ на концентрацијата на K

Figure 11. Graphical represehtation of the concentration of K

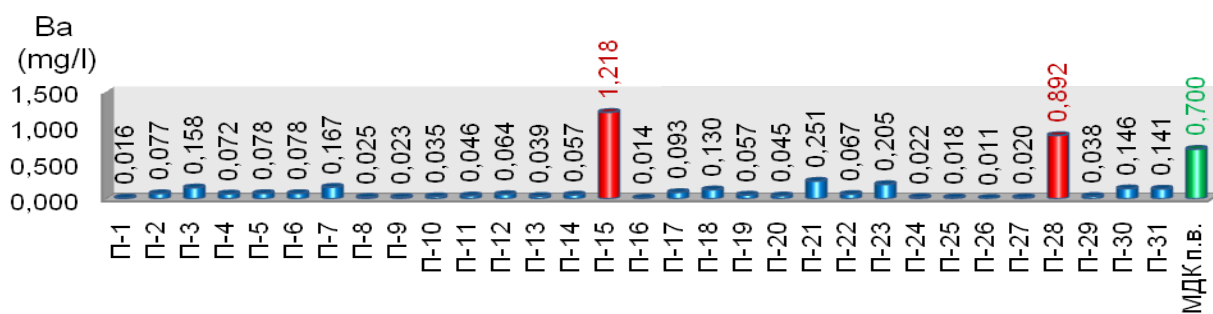
Од испитуваните примероци за содржина на K 7(седум) проби се над дозволената граница за питки води минимална вредност е добиена во примерок П-20 1.9 mg/l, а максимална во подземната вода од проба П-6 со содржина на калиум од 195.7 mg/l.



Слика 12. Графички приказ на концентрацијата на Sr

Figure 12. Graphical represehtation of the concentration of Sr

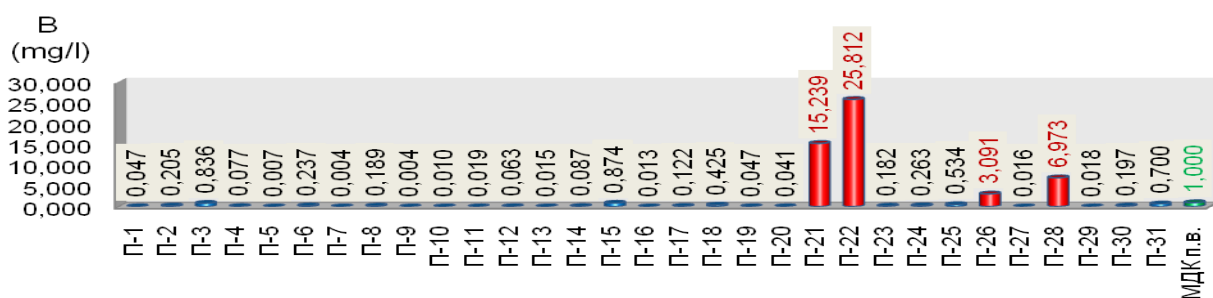
Од испитуваните примероци за содржина на Sr во подземните води на Пелагониската котлина мин вредност е 0.086 mg/l во примерокот П-9 додека мах вредност изнесува 16.5 mg/l во примерокот П-21, МДК за питки води од бунарски примероци не е дефинирана со С.В.



Слика 13. Графички приказ на концентрацијата на Ва

Figure 13. Graphical representation of the concentration of Ba

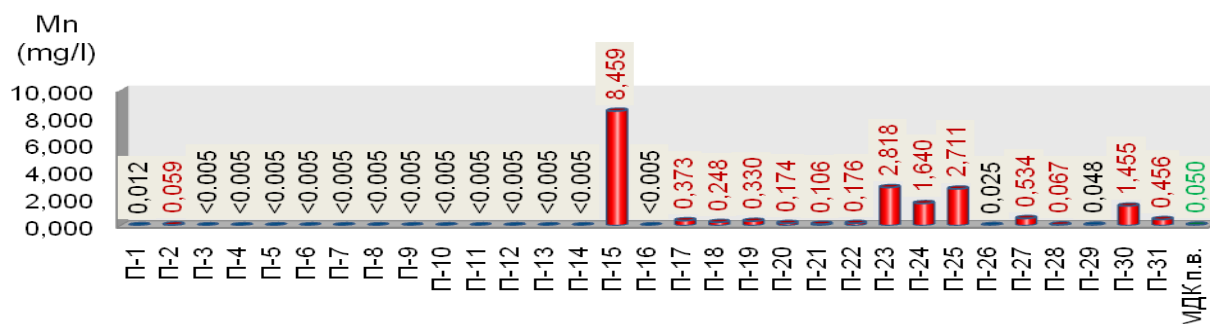
Максимално дозволената вредност за питки води на содржината на Ва е надмината во два примерока, проба П-28 и проба П-15 со максимална вредност од 1.218 mg/l и минимална вредност од 0.011 mg/l во примерок П-26.



Слика 14. Графички приказ на концентрацијата на В

Figure 14. Graphical representation of the concentration of B

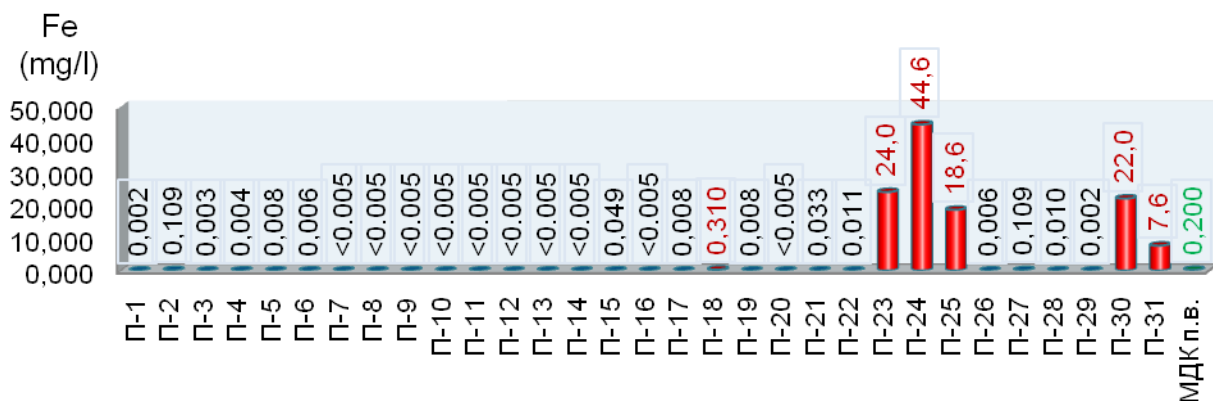
Содржината на В во примероците од водата од испитуваните вкупно 31 проба во 4 бунари ја надминува МДК за питка вода односно во проба П-21, П-22, П-26 и П-28, минимална вредност за содржина на В е најдена во примерок П-4 со 0.004 mg/l, и максимална во П-22 со содржин од 25.812 mg/l.



Слика 15. Графички приказ на концентрацијата на Mn

Figure 15. Graphical representation of the concentration of Mn

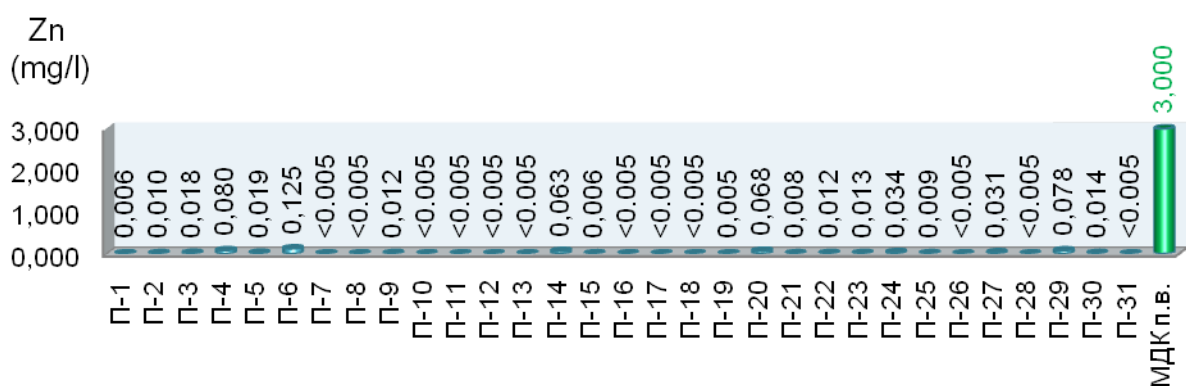
Од вкупно испитуваните проби, 15 ја надминуваат МДК на Mn за питки води со максимална содржина од 8.459 mg/l во П-15, и минимална вредност на Mn е под 0.005 mg/l во 13 проби.



Слика 16. Графички приказ на концентрацијата на Fe

Figure 16. Graphical representation of the concentration of Fe

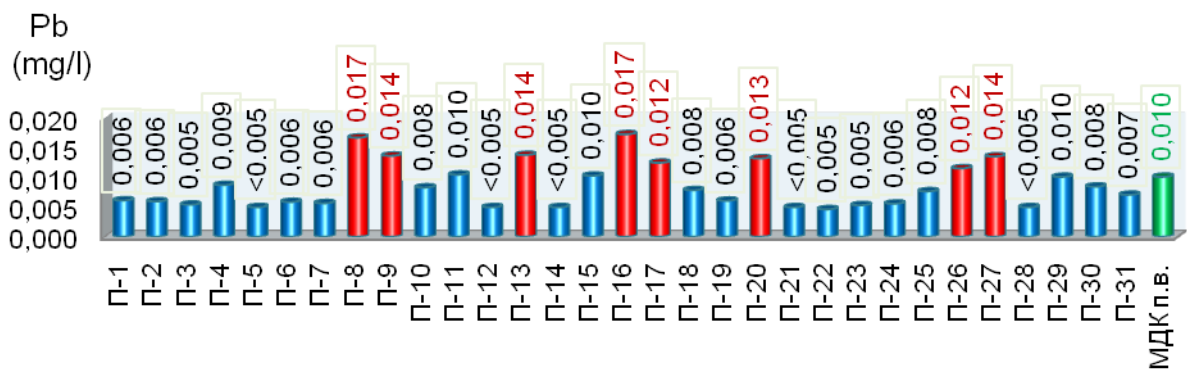
Содржината на Fe во 6 од испитуваните примерока ја преминува МДК на питки и сирови води, мах. содржина е најдена во П-24, 44.6 mg/l, два примерока од испитуваните не одговараат према стандардите за МДК на питки води, додека останатите се во дозволените граници, минимална вредност е измерена во 10 проби, и е помала од 0.005 mg/l, слика 16.



Слика 17. Графички приказ на концентрацијата на Zn

Figure 17. Graphical representation of the concentration of Zn

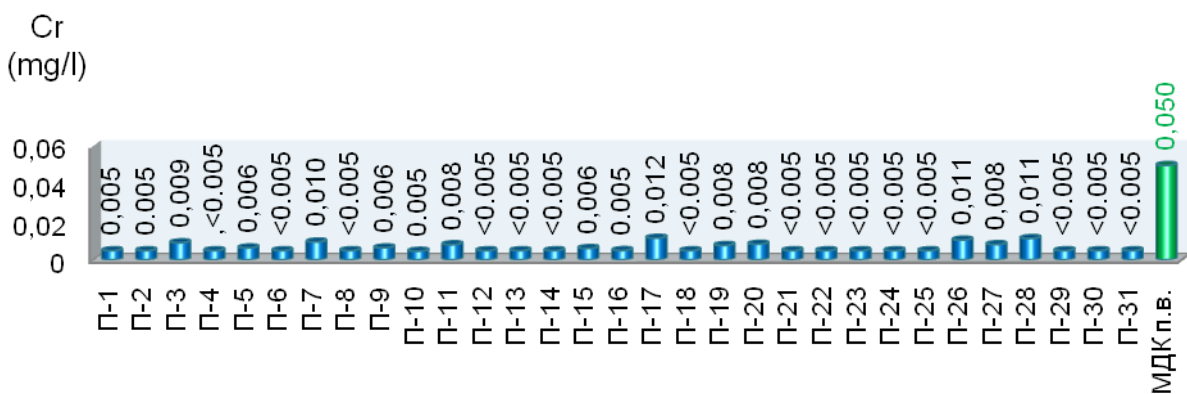
Од вкупно 31 испитуван примерок, границата за МДК на питки води на Zn не е премината, минимална вредност изнесува под 0.005 mg/l во 12 примерока максимална содржина од 0.125 mg/l во П-6.



Слика 18. Графички приказ на концентрацијата на Pb

Figure 18. Graphical representation of the concentration of Pb

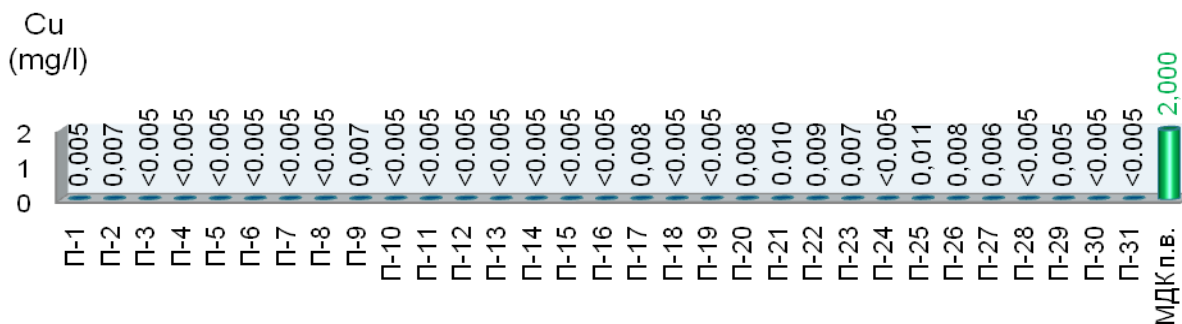
Од испитуваните примероци за содржина на Pb во подземните води на Пелагониската котлина мин. вредност е помала од 0.005 mg/l во пет примерока додека мах. вредност изнесува 0.017 mg/l во примерокот П-8 и П-16, МДК за питки води е надмината во 8 проби но истите тие не ја поминуваат МДК за сирови води.



Слика 19. Графички приказ на концентрацијата на Cr

Figure 19. Graphical representation of the concentration of Cr

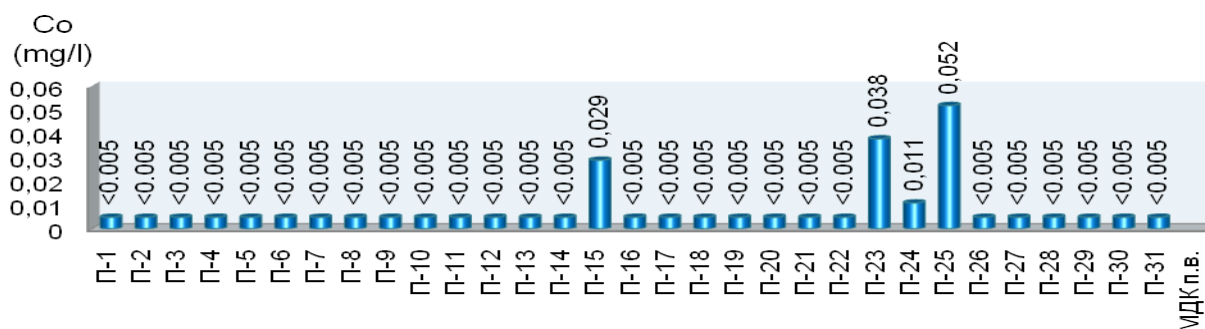
Содржината на Cr во подземните води на Пелагониската котлина е под максималната дозволената граница МДК за питки води со максимално регистрирана содржина на Cr од 0.012 mg/l во П-17 и минимална помала од 0.005 mg/l во 15 проби слика 19.



Слика 20. Графички приказ на концентрацијата на Cu

Figure 20. Graphical representation of the concentration of Cu

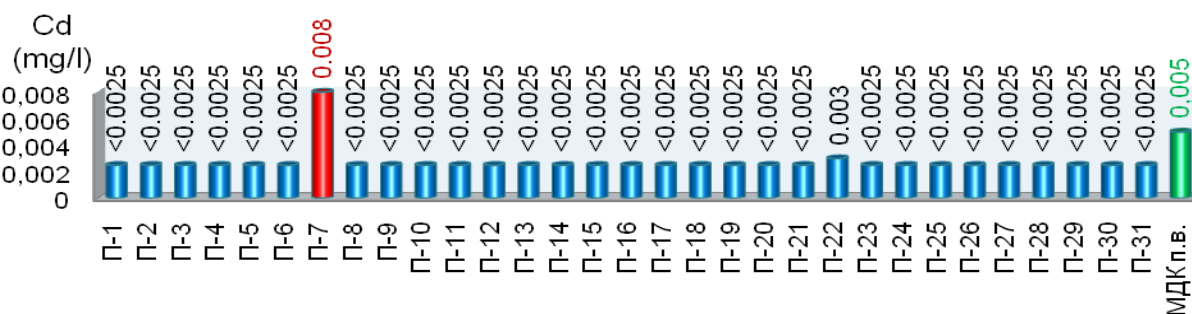
Од графичкиот приказ се гледа дека МДК (максимално дозволените концентрации) на Cu за питка вода не се преминати во ниту еден примерок, П-25 е со максимална содржина од 0.011mg/l и минимална вредност под 0.005 mg/l во 12 проби.



Слика 21. Графички приказ на концентрацијата на Co

Figure 21. Graphical representation of the concentration of Co

Co е со максимална содржина во П-25 од 0.052 mg/l и минимална содржина од помала од 0.005 mg/l во 28 примерока од вкупно 31 примерок. МДК за питки води од бунарски примероци не е дефинирана со С.В.

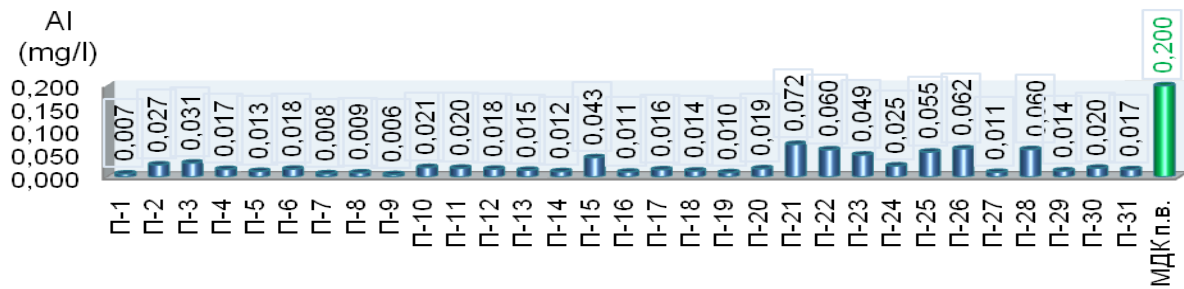


Слика 22. Графички приказ на концентрацијата на Cd

Figure 22. Graphical representation of the concentration of Cd



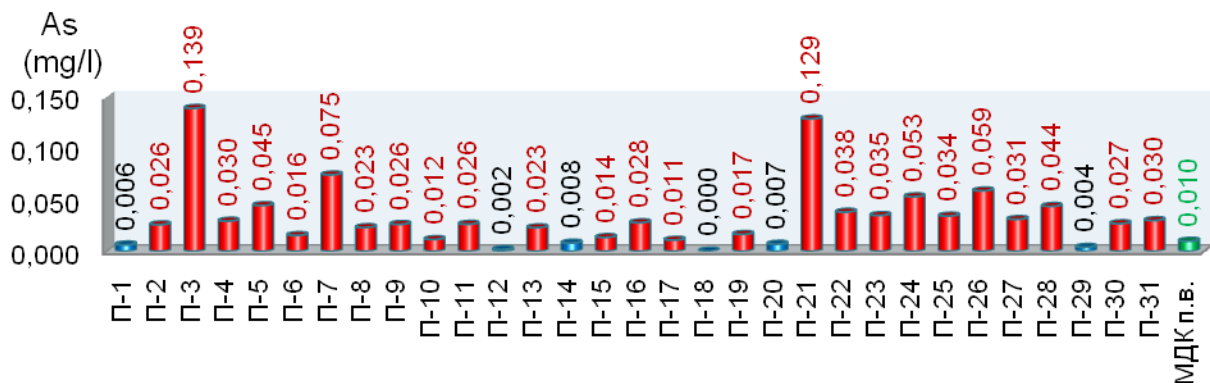
Содржината на кадмиум во подземните води на Пелагониската котлина е во максималната дозволената граница за питки води со исклучок на П-14 со содржина на Cd од 0.008 mg/l.



Слика 23. Графички приказ на концентрацијата на Al

Figure 23. Graphical representation of the concentration of Al

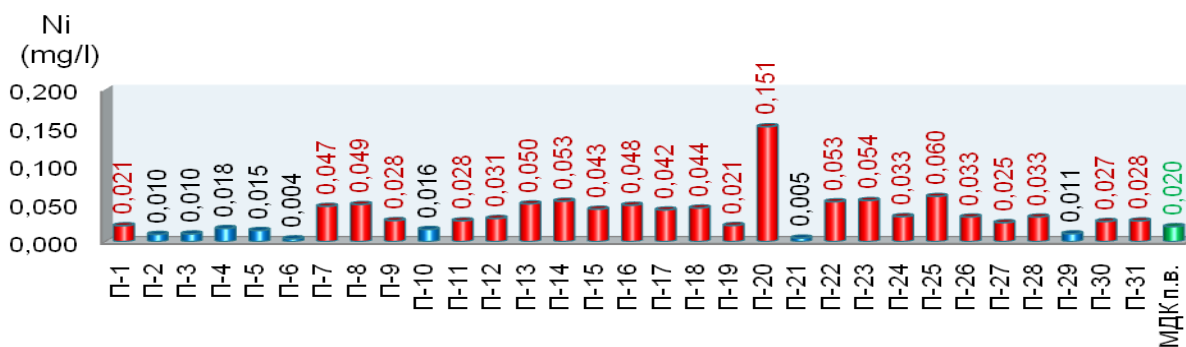
Од вкупно 31 испитуван примерок, границата за МДК на питки води на Al не е премината, минимална вредност изнесува 0.006 mg/l во примерок П-9 и максимална 0.072 mg/l во П-21.



Слика 24. Графички приказ на концентрацијата на As

Figure 24. Graphical representation of the concentration of As

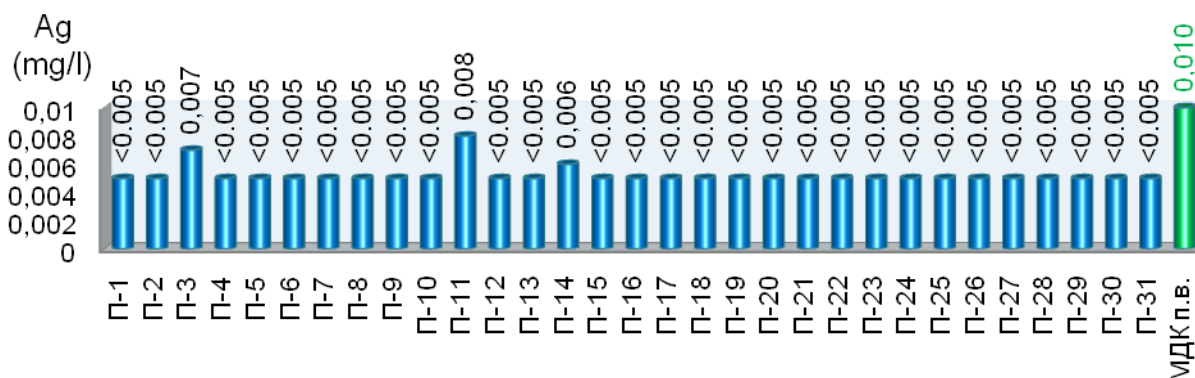
Од испитуваните примероци за содржина на As во подземните води на Пелагониската котлина мин вредност е 0.000 mg/l во примерокот П-18 додека мах вредност изнесува 0.139 mg/l во примерокот П-3, МДК на As за питки води е надмината во 25 проби, од кои 11 од нив е преминуваат МДК на As за сирови води.



Слика 25. Графички приказ на концентрацијата на Ni

Figure 25. Graphical representation of the concentration of Ni

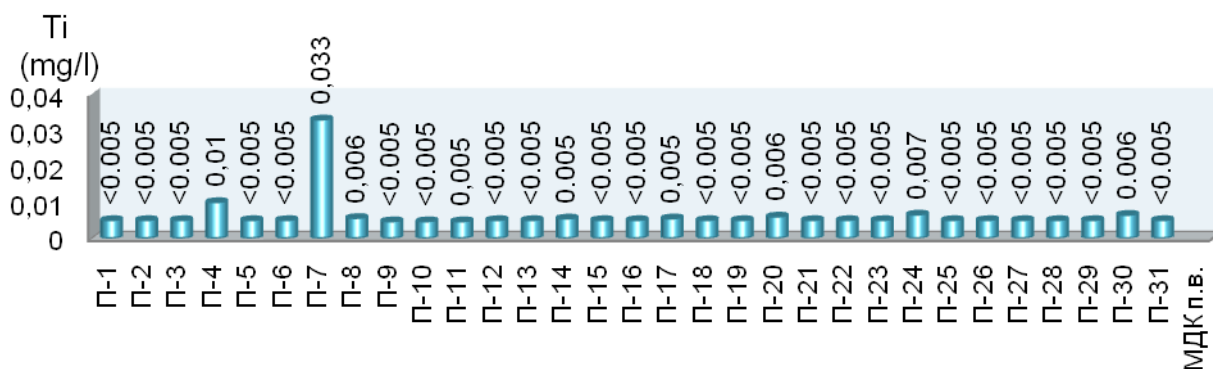
Од вкупно 31 испитан примерок, МДК на Ni за питки води е надмината во 23 проби, од нив МДК на Ni за сирови води е премината кај 6 примерока, мин. вредност е 0.004 mg/l во примерокот П-6 додека мах. вредност изнесува 0.151mg/l во примерокот П-20.



Слика 26. Графички приказ на концентрацијата на Ag

Figure 26. Graphical representation of the concentration of Ag

Од вкупно 31 испитуван примерок, границата за МДК на среброто за питки води не е премината, минимална вредност изнесува пониска од 0.005 mg/l во 27 од испитуваните примерока, и максимална 0.008 mg/l во П-11.



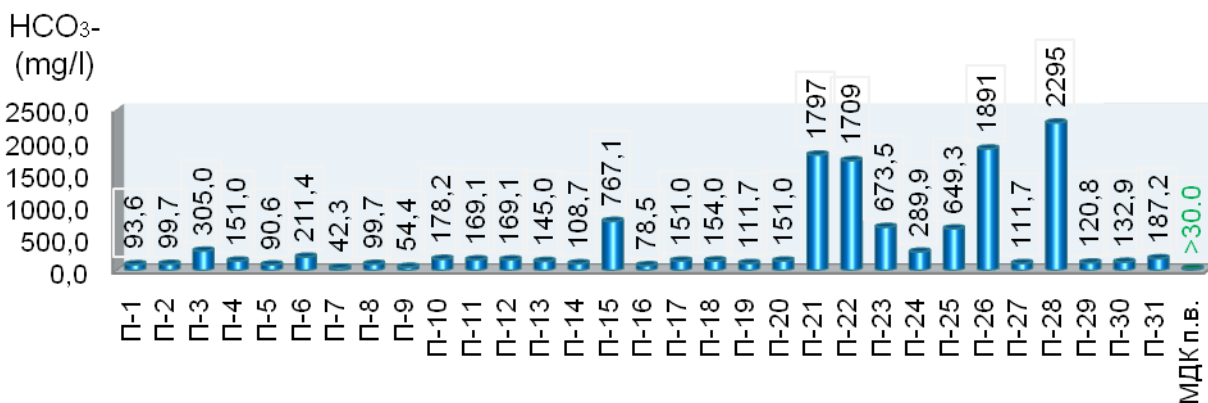
Слика 27. Графички приказ на концентрацијата на Ti.

Figure 27. Graphical representation of the concentration of Ti.

MДК (максимално дозволените концентрации) на Ti за питки води од бунарски примероци не е дефинирана со С.В.

Во понатамошното излагање следат дијаграми каде се дадени вредностите за измерените концентрации за анјонски состав на водата ( $\text{HCO}_3^-$ ,  $\text{Cl}^-$ ,  $\text{SO}_4^{2-}$ ,  $\text{PO}_4^{3-}$ ,  $\text{NO}_3^-$ ,  $\text{NO}_2^-$ ) и катјонски состав ( $\text{NH}_4^+$ ), изразени во mg/l.

Во понатамошното излагање следат дијаграми каде се дадени вредностите за измерените концентрации за анјонски состав на водата ( $\text{HCO}_3^-$ ,  $\text{Cl}^-$ ,  $\text{SO}_4^{2-}$ ,  $\text{PO}_4^{3-}$ ,  $\text{NO}_3^-$ ,  $\text{NO}_2^-$ ) и катјонски состав ( $\text{NH}_4^+$ ), изразени во mg/l.



Слика 28. Графички приказ на концентрацијата на  $\text{HCO}_3^-$ .

Figure 28. Graphical representation of the concentration of  $\text{HCO}_3^-$ .

$\text{HCO}_3^-/\text{mgL}^{-1}$ - Вредностите за концентрациите за алкалноста изразена како водороден карбонатните анјони одредена на водите укажува на природата на солите присутни во водата. Причините за алкалноста на водите е растварањето на минералите од почвите во водите. Различни јони имаат удел во алкалноста,

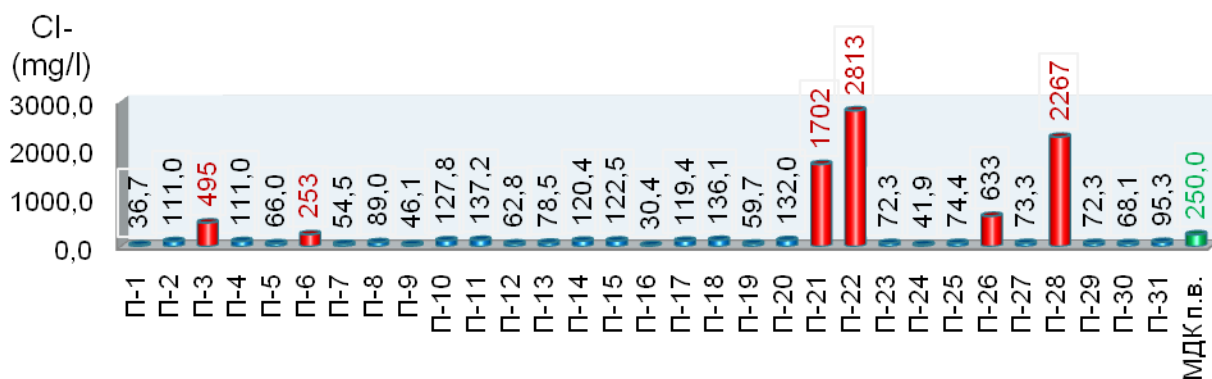
како на пример, водороден карбонат, хидроксида, фосфати, борати и органски киселини. Овие фактори се карактеристики на изворите на вода и природните процеси кои се случуваат (Sharma, 2004).

Концентрацијата на бикарбонатите главно се рефлектира преку одредените вредности за алкалноста (Sarapata, 1994). Тие дејствуваат како пуфери наспроти киселите ефекти Dawodu and Ipeaiyeda, 2008).

Опсегот од одредени концентрации на водороден карбонатите, одредени како алкалност е од минимална вредност 42,3mg/L во П-7, до максимална 2295mg/L во П-28. Според соржината на водороден карбонатите, во 6 примероци се надминува МДК .

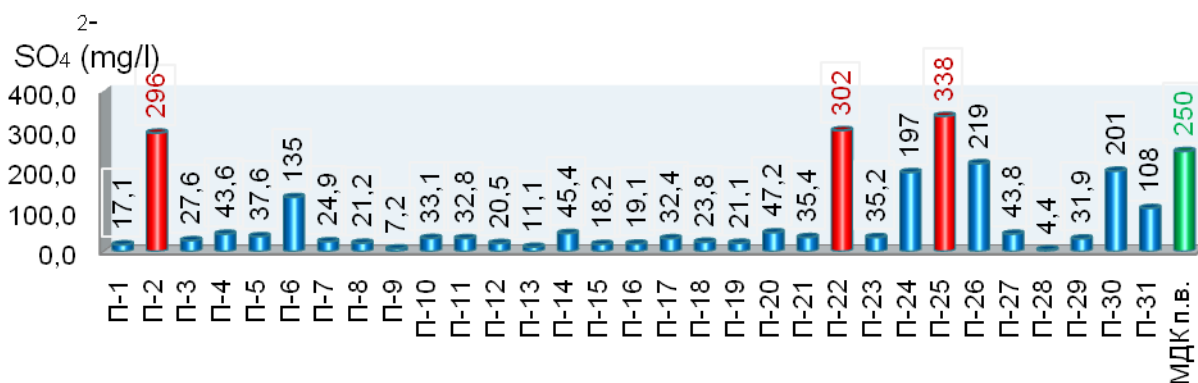
**Хлориди, Cl<sup>-</sup>** - Хлоридите вообичаено се сретнуваат како NaCl, CaCl<sub>2</sub> и MgCl<sub>2</sub> во голем опсег на концентрации во природните води. Може да бидат и контаминанти на подземните води, чиј извор се канализациони води и комунален отпад (Shaikh and Mandre, 2009).

Хлоридите се одредени во концентрационен опсег од минимална 30,4 mg/L П-16, до максимална 2813 mg/L во П-22. Максимално дозволени концентрации за хлориди во води за пиење според правилник за безбедност на води за пиење на Р.Македонија, е 250 mg/L. Постојат литературни информации за толерантност на хлориди во концентрации од 200-1000 mg/L. Според соржината на определените хлориди, во 6 примероци се надминува МДК .



Слика 29. Графички приказ на концентрацијата на Cl<sup>-</sup>

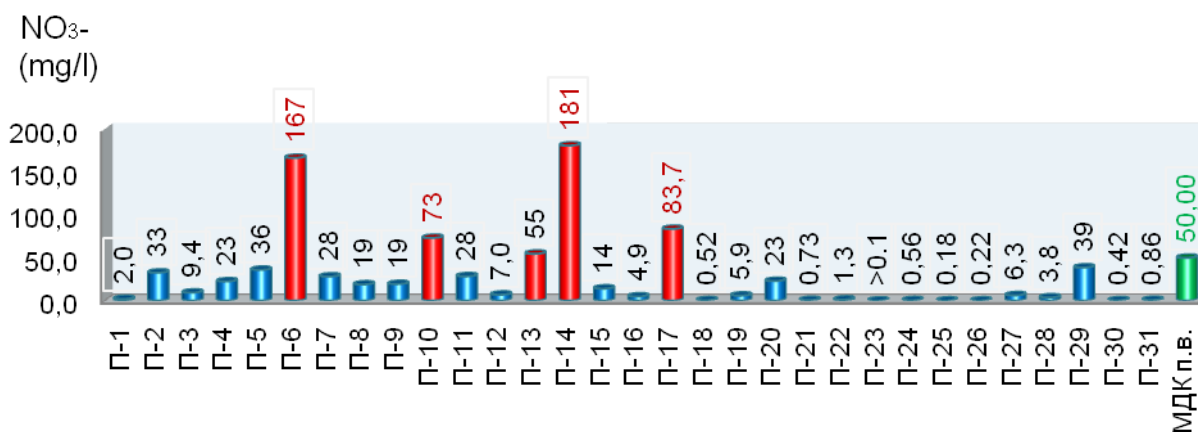
Figure 29. Graphical representation of the concentration of Cl<sup>-</sup>



Слика 30. Графички приказ на концентрацијата на  $SO_4^{2-}$

Figure 30. Graphical representation of the concentration of  $SO_4^{2-}$

**Сулфати,  $SO_4^{2-}$** -Натриум сулфат и магнезиум сулфат имаат лаксативно дејство на луѓето, а исто така и се поврзуваат со некои респираторни заболувања. Затоа препорачани дозволени концентрации за сулфати во води за пиење е 250 mg/L. Во средина сиромашна со кислород и во присуство на органски материи и растворен органски јаглерод, сулфатите може да се редуцираат до сулфиди, кои се токсични. Концентрацијата на сулфатните анјони одредени во вода од 3 примероци ја надминуваат МДК за води за пиење, па затоа таа вода е непогодна за пиење.



Слика 31. Графички приказ на концентрацијата на  $NO_3^-$

Figure 31. Graphical representation of the concentration of  $NO_3^-$

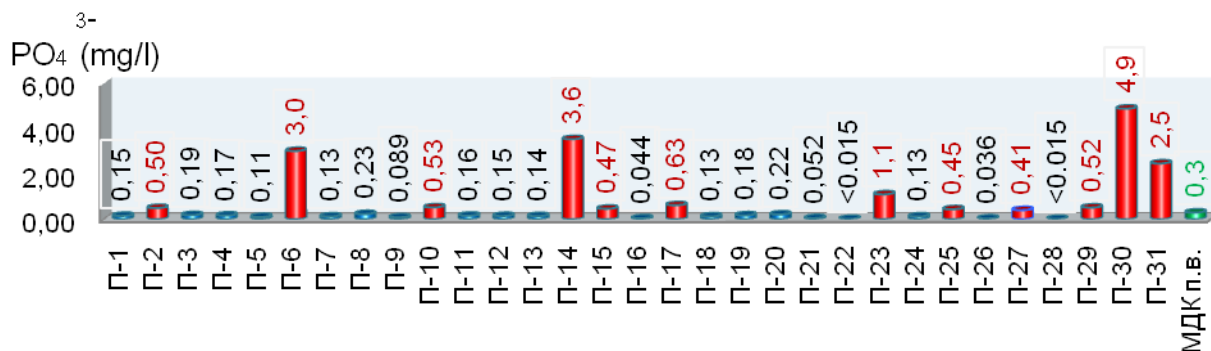
**Нитрати,  $NO_3^-$** -Нитратните анјони се еден од главните конституенти во живите организми заедно со јаглеродот и водородот кај аминокиселините, протеините и други органски соединенија во подземните води.

Концентрацијата на нитратите во водата индицираат биолошко контаминирање на водите. Опсегот од одредени концентрации за нитратните анјони е од

минимална вредност 0,18 mg/L во П-25 до максимална 181 mg/L во П-14. Во 5 испитувани води измерените вредности за нитратните анјони ја надминуваат дозволената вредност 50mg/L според правилникот за безбедност на води за пиење. Во овие 5 бунара добиените вредности во испитуваните води укажуваат на поголемо оптоварување на подземните води со органски материи. Испуштањето на загадени отпадни води (со органски и неоргански загадувачи) или загадени ефлуенти во почвите во еден пролонгиран период влијае на квалитетот на подземните води .

Во почвите, бактериите ги преведуваат различните форми на азот до нитрати и нитрити, и во врнежливи сезони или при прекумерно наводнување, нитратите може да достигнат до длабочини во почвите под зоната на кореновиот систем од каде да ги контаминираат подземните води.

Конзумирањето на води кои содржат нитрати во високи концентрации представува здравствен ризик, поради можната трансформација на нитратите во нитрити во дигестивниот систем.

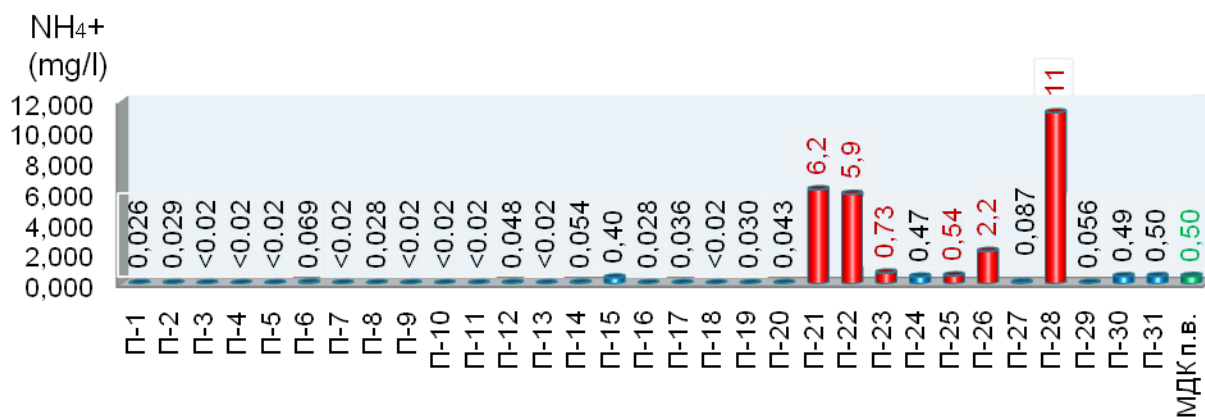


Слика 32. Графички приказ на концентрацијата на  $PO_4^{3-}$

Figure 32. Graphical representation of the concentration of  $PO_4^{3-}$

$PO_4^{3-}$ -Добиените резултати од мерењата на концентрациите на растворениот фосфор (изразен во форма на фосфати) во 31 испитувани примероци, се движат од минимални 0,00 mg/L во П-22 до екстремно висока вредност 4,9 mg/L во П-30. Во 12 примероци од испитаните 31 ја надминуваат МДК вредноста.

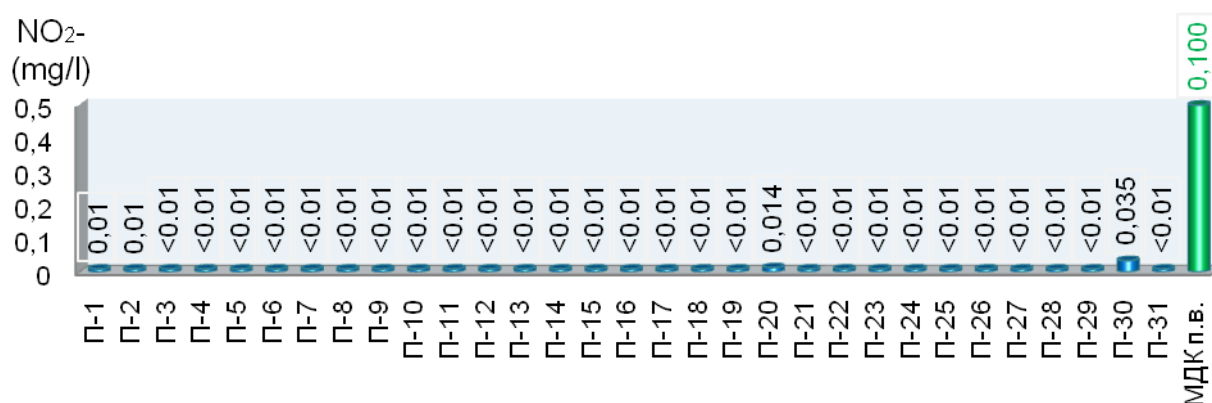
Повисоките вредности, кои се невообичаени за природно присуство на фосфати во природни води, укажуваат на можна контаминираност на водите со вештачки ѓубрива и пестициди во испитуваната област, на што укажува и статистички значајната корелација на фосфатните анјони со калиум и магнезиум.



Слика 33. Графички приказ на концентрацијата на  $\text{NH}_4^+$

Figure 33. Graphical representation of the concentration of  $\text{NH}_4^+$

$\text{NH}_4^+$ -Амониум јоните се индикатор за динамиката на самопочистувањето (романско) на контаминираните води. Регистрирани се повисоки концентрации на овие јони во близината на мали фарми и/или септички јами. Амониум јоните со повисока концентрација од МДК се детектирани во 6 (шест) испитувани примероци, во П-21, П-22, П-23, П-25, П-26 и П-28.



Слика 34. Графички приказ на концентрацијата на  $\text{NO}_2^-$

Figure 34. Graphical representation of the concentration of  $\text{NO}_2^-$

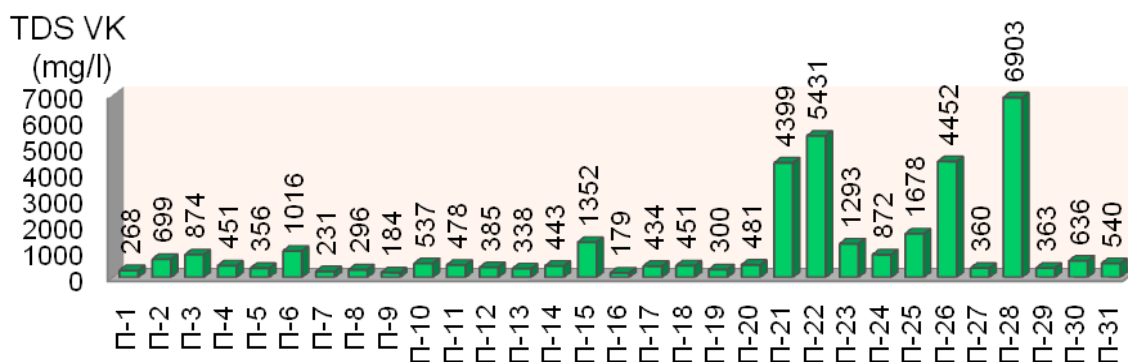
**Нитрити,**  $\text{NO}_2^-$ -Конзумирањето на води кои содржат нитрати во високи концентрации представува здравствен ризик, поради можната трансформација на нитратите во нитрити во дигестивниот систем.

Нитритите го оксидираат железото во хемоглобинот во црвените крвни клетки до метаксимаглобин, што истовремено доведува до намалување на способноста на хемаглобинот да го транспортира потребниот кислород до клетките во организмот.

Нитритните јони од 31 испитувани примероци на води, се во максимално дозволени граници во водите за пиење.

Нитритите се интермедиерен продукт при континуираната трансформација на азотот во почвите: денитрификација (анаеробна) - нитрификација (аеробен). Поради слабата стабилност во услови на кисели почви, нитритите може да бидат важни компоненти во процесите на губење на азот од почвите. Почвените органски супстанци и неоргански фази имаа стимулирачки ефект на разложувањето на нитритите во кисели услови (Van Cleemput, 1984)романско). Исто така, во процесите на трансформација на азотот во почвите е многу важно присуството на актинобактеријата за чија оптимална биолошка активност средината треба да има рН 6-7,5 (Smith, 1990). Од ова точка на разгледување, само во 14 примерока измерени рН вредности кои се надвор од биолошки оптимум.

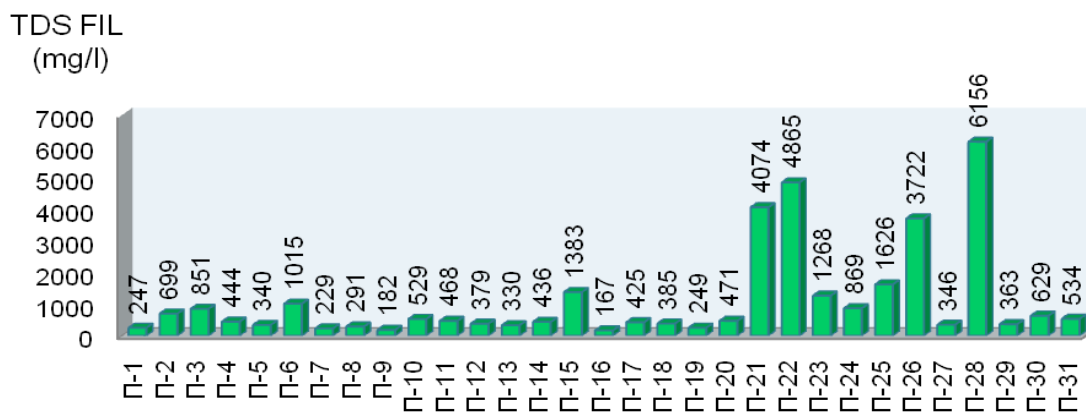
Концентрациите на азотните форми многу варира за време на врнежливите сезони поради интензивното промивање на почвите, а ниските температури го блокираат дејствувањето на нитрификационите бактерии.



Слика 35. Графички приказ на концентрацијата на TDS VK

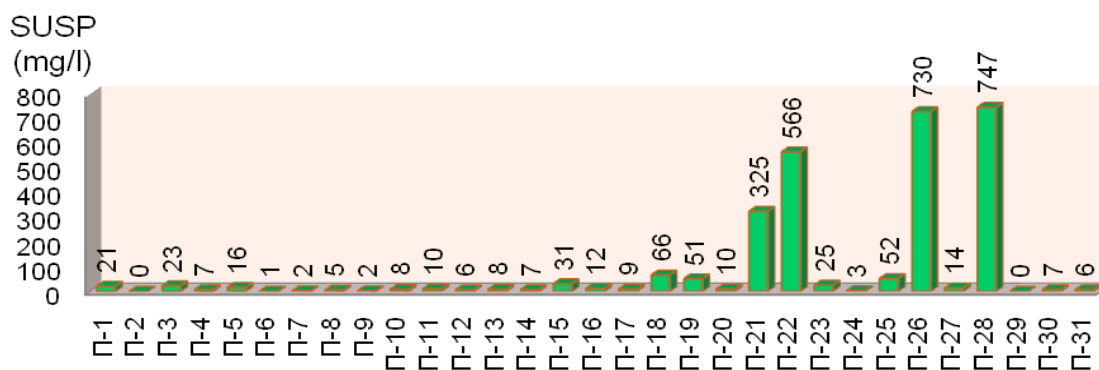
Figure 35. Graphical representation of the concentration of TDS VK





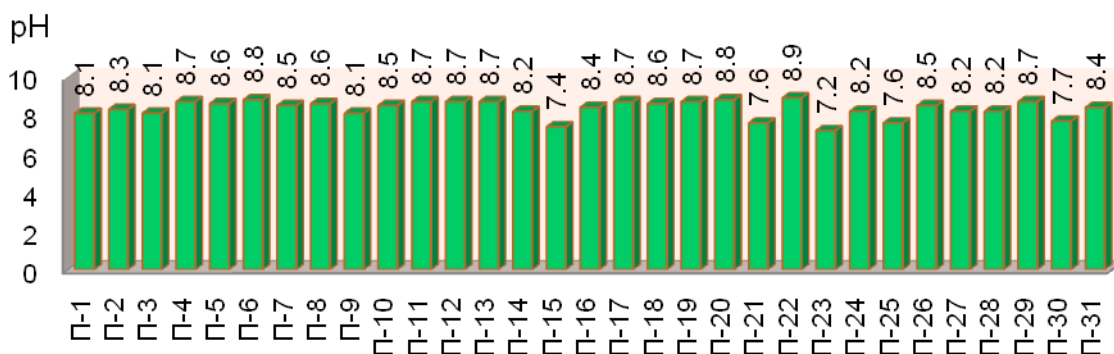
Слика 36. Графички приказ на концентрацијата на TDS FIL

Figure 36. Graphical representation of the concentration of TDS FIL



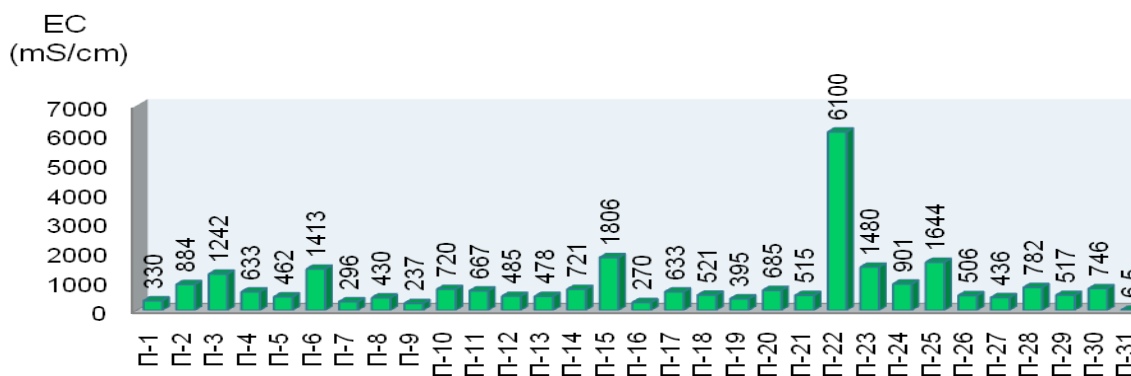
Слика 37. Графички приказ на концентрацијата на SUSP

Figure 37. Graphical representation of the concentration of SUSP



Слика 38. Графички приказ на концентрацијата на pH

Figure 38. Graphical representation of the concentration of pH



Слика 39. Графички приказ на концентрацијата на EC

Figure 39. Graphical representation of the concentration of EC

Генерално, подземните води може да растворат повеќе минерални материи на повисоки температури. Промени од само од 5<sup>0</sup>C може да предизвика промени во TDS. Влијанието на температурата на составот на подземните води зависи од длабочината на која се наоѓаат водите. За подземни води од поголеми длабочини, сезонските промени во температурата се помали и не предизвикуваат значителни промени во составот на подземните води. Кај водите од помала длабочина, сезонските варијации во температурата се одразуваат со поголеми промени во температурата на самите води, што пак има за последица и можни промени во составот на водите.

**pH** е важен еколошки фактор кој дава информации за многу типови на геохемики рамнотежи (Shyamala et al., 2008). pH влијае не само на реакциите со CO<sub>2</sub>, туку исто така и на растворливоста на органските и неорганските супстанции во водите. Секоја промена на pH во водите е проследена со промени во другите физичко- хемиски параметри (18). Нормален опсег од вредности за површински и подземни води е 6,5-8,5.

Води со пониски вредности за pH од 6,5 имаат слаб кисел карактер и во принцип се меки, и корозивни. Таквите води може да имаат и метален или киселкаст вкус и карактеристична “сино-зелена” обоеност, затоа што таквите води може да содржат и зголемени концентрации на метали, како на пример, Fe, Mn, Cu, Pb, Zn, Pb.

Измерените вредности за pH на испитуваните подземни води се во границите на МДК за подземни води за пиење ( 6,5-9,5).

**TDS** -вредноста за TDS укажува на вкупната содржина на соли во водите- соленост и се во директна врска со содржината на вкупно растворени јонски

супстанции (Harilal et al., 2004). Служи за проценка на вкупно растворените соли во водата (Pugandara et al., 2003), а кои може да влијаат на вкусот и погодноста за примена на водите за различни цели. Вкупно растворените соли во водите, се карбонатни, хидрогенкарбонатни, хлоридни, сулфатни, нитратни и фосфатни соли на калциум, магнезиум, натриум, калиум, железо, алуминиум и други елементи. Високата содржина на растворените соли ја зголемува густината на водата и влијае на регулацијата на осмозата кај живите организми чиј биотоп се водите.

**TDS -препорачаната МДК за води за пиење, 2000 mg/L.** Високите вредности за TDS укажуваат на високи концентрациите на катјоните на калциум, магнезиум, натриум, калиум и анјоните хидроген карбонати, хлориди, сулфати, нитрати и фосфати (10, 10-11), на што укажуваат и корелационите коефициент во табела бр.1. TDS покажува статистички значајни позитивни корелациони коефициент со  $\text{Ca}^{2+}$ ,  $\text{Mg}^{2+}$ ,  $\text{Na}^+$ ,  $\text{NO}_3^-$ ,  $\text{Cl}^-$ ,  $\text{HCO}_3^-$ ,  $\text{OdH}$ . Зголемените концентрации за вкупно растворени јонски супстанции се последица од геологијата на теренот но и укажуваат и на можни контаминации со комунални отпадни води.

Според WHO 500 mg/L се дозволени вредности за TDS (вкупно растворени соли) Води кои содржат повеќе од 500mg/L TDS не се препорачливи за пиење може да доведат до некои болести поради вишокот на растворени соли (индиск 10) заболувања. (EPA, 2002; Ballester and Sunyer, 2000).

**Тврдина на води-** тврдината е важен параметар за намалување на токсичните ефекти на некои од елементите.

Тврдината на водите е едно од најважните информации на подземните води за подоцнежна одлука за примена на водите за различни намени. Калциумовите и магнезиумовите јони во водите предизвикуваат создавање на наслаги во водоводните системи и апаратите во домаќинствата. Понекогаш, при подолготрајно консумирање на тврди води, може да се јават и здравствени проблеми, како на пример опаѓање на косата, проблеми со кожата, пореметување на функцијата на бубрезите и др..Високите вредности за вкупната тврдина на испитуваните води воглавно се должи на растварањата од магматски карпи и карбонатни карпи (доломит, калцит и варовник). Генерално подземни води со голема тврдина се сретнуваат во области со тенок слој на површинските почви и видливи варовнички формации .

## 7. ЗАШТИТА НА ПОДЗЕМНИТЕ ВОДИ ОД ЗАГАДУВАЊЕ

Денешните услови на перманентен прираст на населението и забрзан индустриски развој, условуваат брз пораст на потрошувачката на вода. Денес, подземните води претставуваат суровина од посебен општествен значај, чиј квалитет е од особено значење за здравјето на луѓето. Самото тоа го наметнува проблемот на заштита на подземните води, кој во денешни услови се јавува како составен дел на севкупната проблематика на заштитата и зачувувањето на животната средина.

Процесите и појавите кои доведуваат до загрозување на квалитетот на подземните води по својата природа и начинот на манифестација можат да бидат најразлични. Доволно е да се споменат само оние најсекојдневни и лесно впечатливи како што се: непречистени отпадни води од населението и индустријата, загадени речни токови кои лесно се инфилтрираат и ги загадуваат подземните води, особено во алувионите, води кои се дренираат од комунални и индустриски депонии, примена на вештачки ѓубрива во земјодеието, пестициди, хербициди и слични средства. Сите овие претставуваат вештачки загадувачи чиј главен причинител е човекот.

Сите хидрогеолошки формации кои се јавуваат во Прилепскиот неоген басен врз основа на нивните хидрогеолошки карактеристики (водопропустливост, водоносност), покриеност или откриеност на површината на теренот, меѓусебната просторна поставеност и други фактори припаѓаат на класата на загрозени издани од загадување.

Ова значи дека евентуално присуство на загадени материји на просторот на Прилепскиот неоген басен представува голема опасност од загадување на подземните води, што значи дека евентуални загадувачи на површината на теренот лесно би се инфилтрирале и би ги загадиле подземните води.

Пелагониската равница, односно Битолското и Прилепско поле, претставуваат обработливо земјиште на кое се одвиваат интензивни земјоделски активности. Вештачките ѓубрива, пестициди, хербициди и др. средства кои се користат во земјодеието исто така вршат загадување на подземните води. На овој дел од теренот треба што поскоро да се превземат мерки на заштита, затоа што има симптоми, односно анализи на вода кои покажуваат лош квалитет, обично зголемена содржина на нитрати, амонијак и скоро редовно присуство на недозволен број и тип на бактерии, посебно во близина на населените места.

Олеснителна околност претставува постоењето на делумно или целосно водонепропусни прослојци кои вршат изолација на подлабоките водоносни хоризонти (испод десетина метри), кои најчесто се со добар квалитет на водите од поплитките водоносни хоризонти (до десетина метри), кои обично се со лош квалитет. Ова треба да се има во предвид при изведба на водозафатни објекти - бунари, при што редовно треба да се врши изолација на површинските плитки води до десетина метри. Ваквата појава на изолациони слоеви е доста честа, но не треба да се сфати како правило, има и чести исклучоци.

Имајќи го предвид доброто осознавање на хидрогеолошките прилики на теренот, состојбата со режимот на подземните води и нивниот квалитет, мерките на заштита на подземните води можат да се спроведат низ две основни акции:

- првата акција претставува превземање на превентивна заштита и
- втората акција претставува превземање на мерки на локализација и ликвидација на постоечките жаришта на загадување.

Со оглед на општо оценетиот добар квалитет на водите на просторот на Прилепскиот неоген басен и евидентираните потенцијални загадувачи, овие мерки треба навреме да се превземат. Во контекст на двете споменати акции, како и благовремена и квалитетна заштита на подземните води на просторот на Прилепскиот неоген басен, треба да се спроведат следниве активности:

- решавање на проблемот со отпадните води од градот Прилеп и поголемите населени места,
- решавање на проблемот со отпадните води од индустриските капацитети во регионот.
- решавање на проблемот со отпадните води од сточарските и живинарските фарми во регионот.
- решавање на проблемот со цврстиот комунален и индустриски смет од градот Прилеп и поголемите населени места во регионот,
- дефинирање на заштитни зони на објектите од кои што се врши водоснабдување на населението (бунари, каптажи и др.),
- увид во употребата на вештачки ѓубрива, пестициди, хербициди и други хемиски препарати во земјоделието,
- изготвување на детален катастар на загадувачи,
- воведување и применување на законска регулатива,

- идната изградба на индустриски објекти, канализациони системи за отпадни води, депонии и други објекти кои претставуваат потенцијални загадувачи да биде под контрола на законодавецот. Надлежните институции да ја имаат во предвид изработената карта на загрозеност на подземните води од загадување и да консултираат стручни лица и
- организирано пратење (мониторинг) на квалитетот на подземните и површинските води.

Во интерес на заштитата на подземните води од загадување треба да се изврши дислокација на сите потенцијални загадувачи, пред сè депонии кои се лоцирани во терени со висок степен на загрозеност (загрозени и многу загрозени) и да се ограничат оние потенцијални жаришта на загадување што не можат да се отстранат.

## 8. РЕЗУЛТАТИ И ДИСКУСИЈА

Познавањето на карактеристиките на режимот на загаденост на подземните води со тешки и токсични метали на потегот во Пелагониската Котлина е од посебно значење, бидејќи овие извори и бунари се користат од страна на жителите како вода за пиење и за наводнување.

На потегот Пелагониска Котлина од бунари земени се, и испитани 31 примерок. Теренските работи се состојат од земање на примероци за анализа од репрезентативно избрани пунктови. Лабораториските работи се состојат од подготовка на примероците со примена на стандардните ISO - постапки, и нивна анализа со примена на методата на ICP-AES. Податоците добиени со оваа метода дадени се на прилог бр.4.

Од испитуваните 31 примерока земени од Пелагониската котлина добиени се следните мин и мах вредности за тешките токсични елементи, табела 8.

Табела 8. Минимални и максимални вредности за тешките токсични елементи

Table 8. Minimum and maximum values for heavy toxic elements

Елемент	Min mg/l	Max mg/l	Број на примероци над МДК mg/l
Ca	20.8	299.5	7
Mg	5.7	384	8
Na	6.3	1563	3
K	1.9	195.7	7
Sr	0.0086	16.5	
Ba	0.011	1.218	2
B	0.004	25.812	4
Mn	<0.005	8.459	15
Fe	<0.005	44.6	6
Zn	<0.005	0.125	0
Pb	<0.005	0.017	8
Cr	<0.005	0.012	0
Cu	<0.005	0.011	0
Co	<0.005	0.052	
Cd	<0.0025	0.025	1
Al	0.006	0.072	0
As	0.000	0.139	25
Ni	0.004	0.151	23
Ag	0.005	0.008	0
Ti	<0.005	0.033	
соединение			
HCO <sub>3</sub> <sup>-</sup>	42.3	2295	0
Cl <sup>-</sup>	30.4	2813	6
SO <sub>4</sub> <sup>2-</sup>	4.4	338	3
NO <sub>3</sub> <sup>-</sup>	0.18	181	5
PO <sub>4</sub> <sup>3-</sup>	<0.015	4.9	12
NO <sub>2</sub> <sup>-</sup>	<0.01	0.035	0
NH <sub>4</sub> <sup>+</sup>	<0.002	6.2	6

## 9. ЗАКЛУЧОК

Од добиените податоци на лабораториските испитувања кои беа направени во рамките на научните лаборатории кои постојат на УГД (природно-математички, биотехнички и технолошко-технички науки) може да се каже следното:

Елементите на Ca, Mg, Na, K, Mn, B, Fe и Al се повеќе застапени во јужниот дел од Пелагониската котлина и тоа кај бунарите со поголеми длабочини од 100-300 m, тоа се бунари кои се со минерална вода и претежно се користат за флаширање на минерална вода или за производство на гас CO<sub>2</sub>, исто така присуството на (NH<sub>4</sub><sup>+</sup>), HCO<sub>3</sub><sup>-</sup>, Cl<sup>-</sup>, SO<sub>4</sub><sup>2-</sup>, PO<sub>4</sub><sup>3-</sup>, NO<sub>3</sub><sup>-</sup>, NO<sub>2</sub><sup>-</sup> е поголемо кај овие бунари во однос на примероците земени од северниот дел од оваа котлина.

Во Прилепската котлина поголем број на примероци се во дозволената граница со исклучок на Pb во неколку бушотини.

Елементите на Zn, Cr, Co, Al, Ag и Ti, се во дозволената концентрација и не ја преминуваат вредноста во ниту еден примерок.

Опсегот од одредени концентрации на хидроген карбонатите, е од минимална вредност 42,3 mg/L во П-7, до максимална 2295 mg/L во П-28. Според соржината на хидроген карбонатите, во 6 примероци се надминува МДК.

Хлориди, Cl<sup>-</sup> - Хлоридите се одредени во концентрационен опсег од минимална 30,4 mg/L П-16, до максимална 2813 mg/L во П-22. Максимално дозволени концентрации за хлориди во води за пиење според правилник за безбедност на води за пиење на Р. Македонија, е 250 mg/L. Постојат литературни информации за толерантност на хлориди во концентрации од 200-1000 mg/L. Според соржината на определените хлориди, во 6 примероци се надминува МДК и тоа пак во јужниот дел од Пелагонија т.е. во бунарите со минерална вода.

Сулфати, SO<sub>4</sub><sup>2-</sup>-Натриум сулфат и магнезиум сулфат имаат лаксативно дејство на луѓето, а исто така и се поврзуваат со некои респираторни заболувања (40). Затоа препорачани, дозволени концентрации за сулфати во води за пиење е 250 mg/L (40). Концентрацијата на сулфатните анјони одредени во вода од 3 примероци ја надминуваат МДК за води за пиење, па затоа таа вода е непогодна за пиење, тоа се бунарите со минерална вода во јужниот дел од Пелагонија.

Нитрати, NO<sub>3</sub><sup>-</sup> - Опсегот од одредени концентрации за нитратните анјони е од минимална вредност 0,18 mg/L во П-25 до максимална 181 mg/L во П-14. Во 5 испитувани води измерените вредности за нитратните анјони ја надминуваат дозволената вредност 50 mg/L според правилникот за безбедност на води за



пиене. Во овие 5 бунара добиените вредности во испитуваните води укажуваат на поголемо оптоварување на подземните води со органски материи. Тоа се сидани бунари со длабочини од 7-10 м.

$\text{PO}_4^{3-}$ -Добиените резултати од мерењата на концентрациите на растворениот фосфор (изразен во форма на фосфати) во 31 испитувани примероци, се движат од минимални 0,00 mg/L во П-22 до екстремно висока вредност 4,9 mg/L во П-30. Во 12 примероци од испитаните 31 ја надминуваат МДК вредноста.

$\text{NH}_4^+$ - Амониум јоните со повисока концентрација од МДК (вредноста за во води за пиене 0,1 mg/L) се детектирани во 10 испитувани примероци, во П-21, П-22, П-23, П-24, П-25, П-26, П-28, П-30 и П-31. Тоа се бунарите со минерална вода во јужниот дел од Пелагонија.

Нитрити,  $\text{NO}_2^-$ - Нитритните јони од 31 испитувани примероци на води, се детектирани во 2 примерка П-20 и П-30, се повисоки од горната граница за максимално дозволени концентрации за води за пиене.

Измерените вредности за рН на испитуваните подземни води се во границите од 7,2 (П-23) до 8,9 (П-22). Од 31 испитувани примероци измерените вредности на 12 од нив ја надминува дозволената вредност, останатите проби се во границите на дозволените вредности според правилникот за води за пиене (6,5-8,5).

TDS - вредноста за TDS укажува на вкупната содржина на соли во водите според WHO 500 mg/L се дозволени вредности за TDS (вкупно растворени соли) Води кои содржат повеќе од 500 mg/L TDS не се препорачливи за пиене .

Тврдината на водите е едно од најважните информации на подземните води за подоцнежна одлука за примена на водите за различни намени. Калциумовите и магнезиумовите јони во водите предизвикуваат создавање на наслаги во водоводните системи и апаратите во домаќинствата. Тврдината е и важен параметар за намалување на токсичните ефекти на некои од елементите.

## ЛИТЕРАТУРА

1. A. Zander, (1986). Inductively coupled plasmas in analytical atomic spectrometry, NewYork, VCH Publishers, inc.,Charter 6.
2. Б.Боев, С. Лепиткова (2002), Геохемија на средината, Рударско-геолошки факултет - Штип.
3. В. Мирчовски, Д. Мајер (2011). Заштита на подземни води, ФПТН-Штип.
4. Hamilton P.A. and Helsel D.K., (1995) Ground Water.
5. G.W.Dickinson,V.A.Fassel. (1969). Anal. Chem.,41.1021.
6. Broun E., Skovgstd M.W. and Fishman M.J., (1974) Method for Collection and Analysis of water Samples for Dissplved Minerals and Gases.
7. Hutchinson G.E., (1957) A treatise on limnology, Geography,physics and chemistry, Chapman & Hall, London , Wiley,New York , 1, 1015.
8. Wetzel R.G., Limology, W.B., Saunders Co., (1975) Philadelphia, USA, 743.
9. Patil S.G., Chonde S.G., Jadhav A.S. and Raut P.D., (2012) Impact of Physico-Chemical Characteristics of Shivaji University lakes on Phytoplankton Communities, Kolhapur, India, Research Journal of Recent Sciences,1(2), 56-60.
10. Obi, C.N. and Okocha, C.O. 2007. J. of Engg and App. Sci. 2(5):920-929.
11. Hemija vode I mikrobiologija-N.F.Voznaja (prev.mr.lazar Ilic-dipl.ing.tehnologie) – Tuzla.
12. B. Dalmacija (2008). Kvalitet voda za pice (problem I resenja). Novi Sad.
13. M.Thompson, J.N.Walsh, (1983). A Handbook of Inductively Coupled Plasma Spectrometry, Blackie, London.
14. Официјална страна на <https://maps.google.com/> превземена на 06.03.2014г. во 09 ч. Пелагониската котлина со регионалната сообраќајна и комуникационата инфраструктура.
15. Официјална страна на <https://maps.google.com/> превземена на 06.03.2014г. во 10 ч. Пелагониската котлина.
17. Весна Зајкова Панева (2003). Определување на елементи во траги во различни минерали со примена на атомско емисиона спектрометрија со индуктивно спрегната плазма – магистерска работа. Природно математички факултет, Институт за хемија, Скопје.
18. Н. Домурџанов, Г. Петров (2005). Геолошко картирање Универзитет Св. Кирил Методиј – Скопје, Рударско-геолошки факултет - Штип.

19. M.Thomson, J.N.Walsh, (1983) A Handbook of Inductively Coupled Plasma Spectrometry, Blackie, London.
20. N. P. Soltanpour, W. G. Jonson, (2001). Test Methodes for the Examination of Compositing and Compost, 14.
21. Правилник за безбедност на водата за пиење (Сл. Весник на Р. Македонија бр 57 од 2004 година).
22. R. A. Isaacs, W.C. Johnson, (1982). Spektrochim. Akta, 38, 277.
23. Rajkovic, M.B.(2007). Uvod u analiticku hemiju – klasicne osnove, Pergament, Beograd.
24. Rajkovic, M.B. Novakovic, I.D. ( 2005). Praktikum iz analiticke hemije- klasicne metode, Poljoprivredni fakultet, Zemun.
25. Rajkovic, M. B. (2003), Neke neorganske supstance koje se mogu naci u void zap ice I posledice po zdravlje ljudi, Hemiska industrija, 57(1)s. 24-34.
26. Rajkovic, M.B. Stojanovic, I. Peric, L.(2001): Determinatcion of Inorganic Compounds in Drinking Water on the Basis Boiler Fur, Ekologija, 36(1) p. 71-85.
27. R.H. Wend, V. A. Fassel, (1985),Anal. Chem.37,920.
28. S. Greenfield, I.L. Jones (1964) C.T. Bery, Analyst, 89,713.
29. S.R. Koirtjohann, J.S. Jones, D.A. Yates, (1980).Anal. Chem, 52,1965.
30. T.B.Reed,.J.Appl.Phis.32,821(1961).
31. T.B.Reed,.J.Appl.Phis.32, 2534(1961).
32. T. Hasegawa, H. Haraguchi, (1992). Fundamental Properties of Inductively Coupled Plasmas, Inductively Coupled Plasmas in Analytical Atomic Spectrometry, A.Montaser and D.W.Golightly, Eds., 2<sup>nd</sup> Edition, VCH Publishers, New York.
33. Уредба за класификација на водите (Сл. Весник на Р. Македонија бр.18-стр.1165 од 1999 година).
34. Zajkova V, P., Stafilov, T., Cundeva, K., Boev, B, (2003) :Flotatsion separation of Cd,Co,Cr, Cu, Ni,and Ti from Calcium minerals and Their determinatcion by inductively coupled plazma-aromik emission spectrometry 2<sup>nd</sup> Bleck Cea Basin Conference on Analytical Chemistry.
35. Zajkova-Paneva, V., Stefilov, T., Boev, B, (2003): Flotacion separation of Cd,Co,Cr, Cu, Ni,and Ti from Calcium minerals and Their determinatcion by inductively coupled plazma-aromik emission spectrometry, Geologika Macedonica. Vol.17,87-93 p.

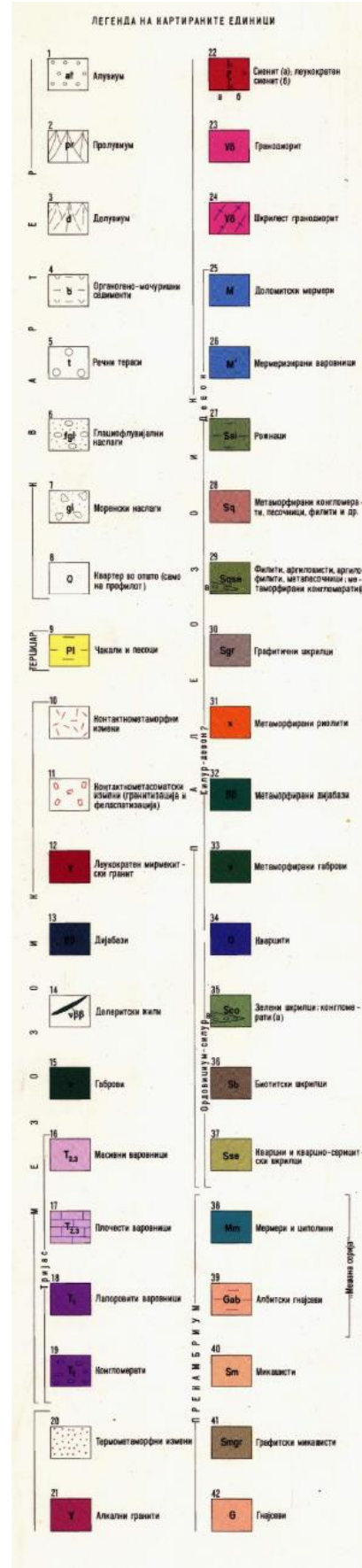
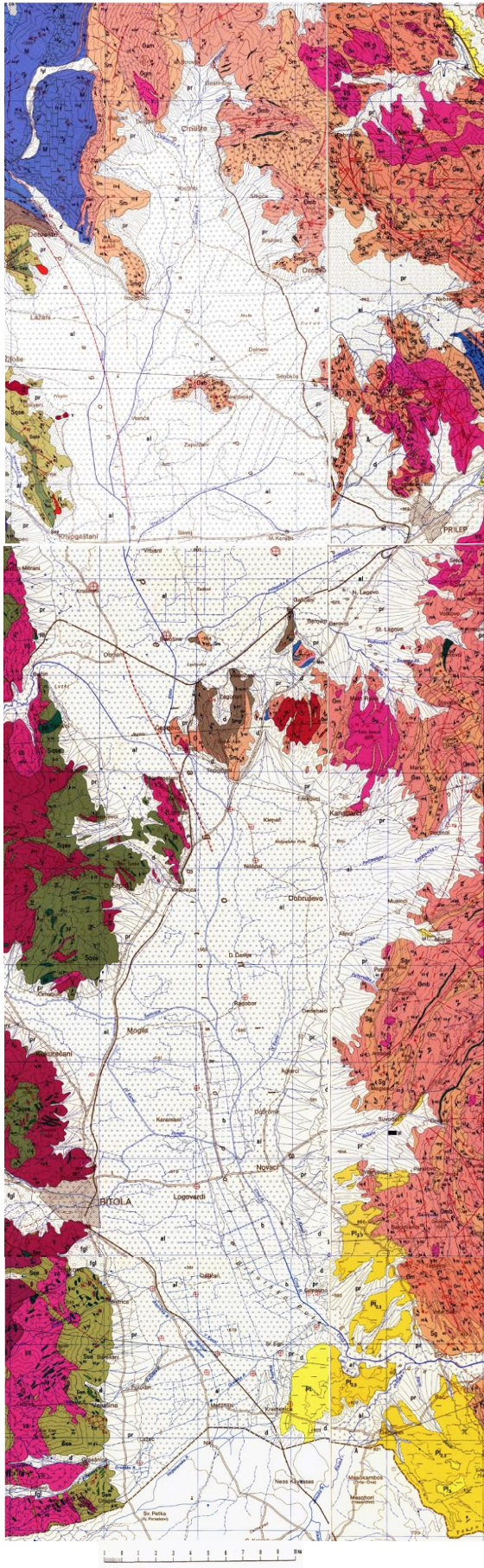
## **ПРИЛОЗИ**

1. ГЕОЛОШКА КАРТА НА ПОШИРОКАТА ОКОЛИНА НА ПЕЛАГОНИЈА -  
GEOLOGICAL MAP OF WIDE REGION OF PELAGONIA,
2. ХИДРОГЕОЛОШКА КАРТА НА ПОШИРОКАТА ОКОЛИНА НА ПЕЛАГОНИЈА -  
HYDROGEOLOGICAL MAP OF WIDE REGION OF PELAGONIA,
3. ТОПОГРАФСКА КАРТА НА ЛОКАЦИИ НА ЗЕМЕНИ ПРОБИ ВО ПЕЛАГОНИЈА -  
TOPOGRAPHIC MAP OF THE LOCATIONS OF THE TAKEN SAMPLES IN  
PELAGONIJA,
4. ПОДАТОЦИ ОД ЛАБОРАТОРИСКИ ИСПИТУВАЊА НА ПРОБИ НА ПОДЗЕМНИ  
ВОДИ ВО ПЕЛАГОНИЈА - LABORATORY TESTS DATA OF THE UNDERGROUND  
WATER SAMPLES IN PELAGONIJA.

# 1. ГЕОЛОШКА КАРТА НА ПОШИРОКАТА ОКОЛИНА НА ПЕЛАГОНИЈА

Исечок од лист ОГК Битола-Лерин, Прилеп, Витолиште-Кајмакчалан, Крушево

## GEOLOGICAL MAP OF WIDE REGION OF PELAGONIA

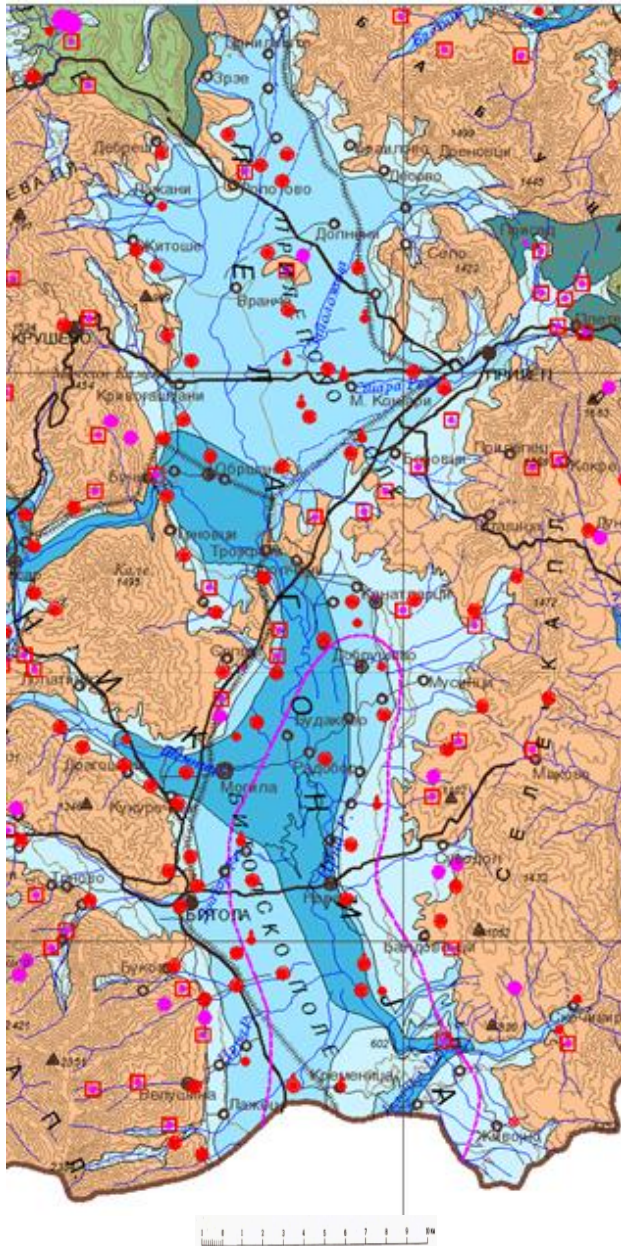


## 2. ХИДРОГЕОЛОШКА КАРТА НА ПОШИРОКАТА ОКОЛИНА НА ПЕЛАГОНИЈА

Исечок од ОХГК на Република Македонија

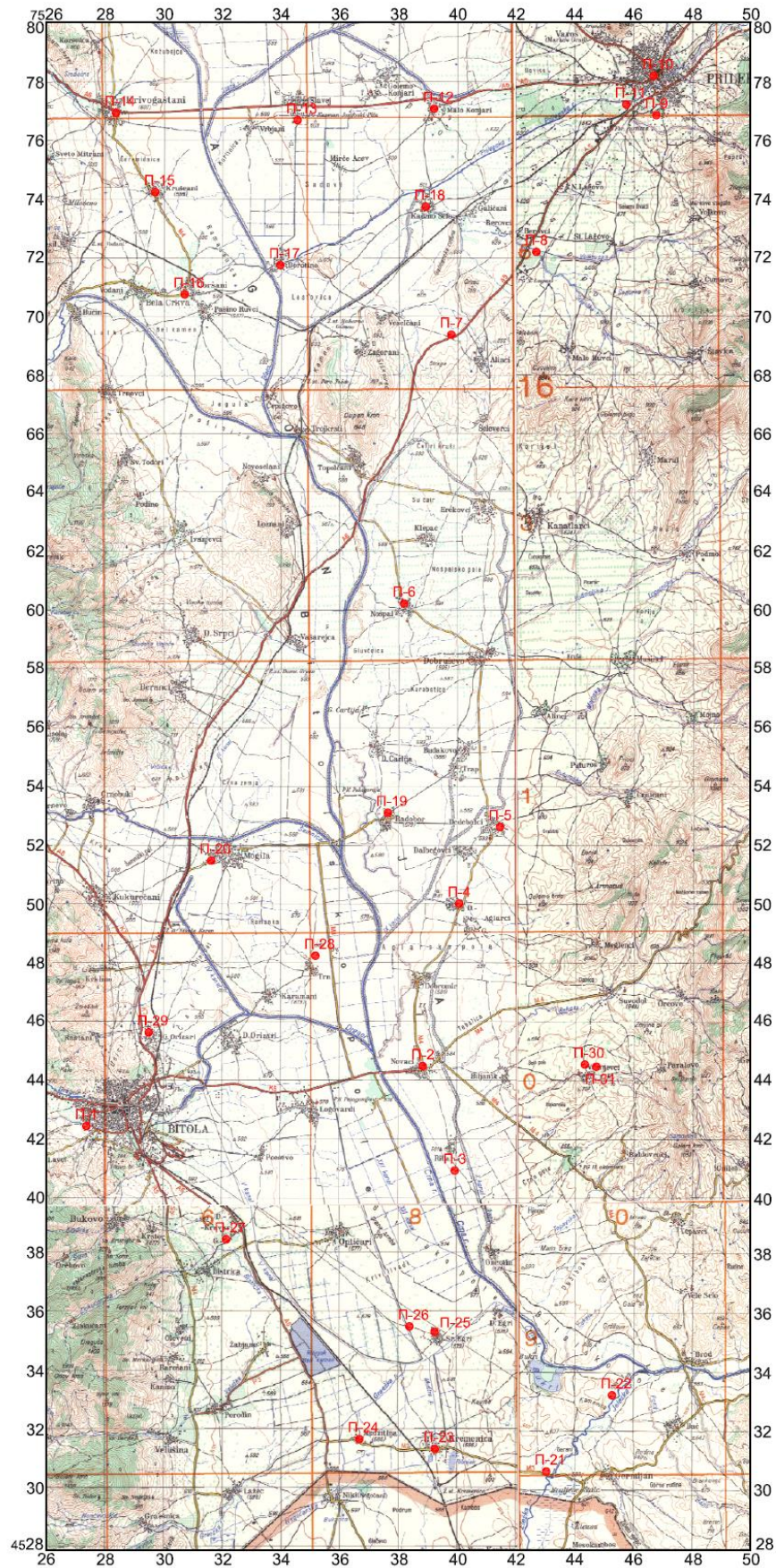
### HYDROGEOLOGICAL MAP OF WIDE REGION OF PELAGONIA

#### Л Е Г Е Н Д А :



I КЛАСА НА ВОДОПРОПУСНОСТ			
11	Терени изградени од неврзани карпи со ниска водопропусност (делувиум, пролувиум-песковита прашина, прашиест песок и чакал) $K_f = 0.086-0.86 \text{ m/den}$ ; $T = 15-50 \text{ m}^2/\text{den}$ ; $Q_{\text{доб}}=0.5-2 \text{ l/s}$		
12	Терени изградени од неврзани карпи со средна водопропусност (алувиум - песок, чакал, прашиест песок и др.) $K_f = 0.86-8.6 \text{ m/den}$ ; $T = 50-300 \text{ m}^2/\text{den}$ ; $Q_{\text{доб}}=2-10 \text{ l/s}$		
13	Терени изградени од неврзани карпи со висока водопропусност (алувиум - песоци, чакал) $K_f = 8.6-86.4 \text{ m/den}$ ; $T = 300-1500 \text{ m}^2/\text{den}$ ; $Q_{\text{доб}}=10-50 \text{ l/s}$		
14	Терени изградени од неврзани карпи со многу висока водопропусност (крупнозрнести чакали) $K_f > 86.4 \text{ m/den}$ ; $T > 1500 \text{ m}^2/\text{den}$ ; $Q_{\text{доб}} > 50 \text{ l/s}$		
31,32,33	Терени изградени од карбонатни карпи со висока до многу висока водопропусност, карстно пунатински тип на издани 10 карстни појави/к $m^2$ ; $Q_i > 10.0 - 1000 \text{ l/s}$ ; локално $> 1000 \text{ l/s}$ ; $q_{\text{sp}} \approx 10 \text{ l/s/km}^2$		
41,42	Терени изградени од ефузивни и други цврсти карпи со средна водопропусност $Q_{\text{доб}} = 2 - 10 \text{ l/s}$ ; $Q_i = 2 - 10 \text{ l/s}$ ; $q_{\text{sp}} \approx 1.5 \text{ l/s/km}^2$		
60	Терени изградени од различни цврсти карпи слабо водопропусни до водонепропусни пунатински тип на издан само локално плитко под површината на теренот со ограничен простор $Q_{\text{доб}} < 2 \text{ l/s}$ ; $Q_i < 2 \text{ l/s}$ ; $q_{\text{sp}} \approx 0.2 \text{ l/s/km}^2$		
80	Главно базалтни терени локално многу слабо водопропусни изградени главно од флишидни и лапорвити седименти		
II ХИДРОГЕОЛОШКИ ПОЈАВИ			
ПОДЗЕМНО-ВОДНИ ПОЈАВИ			
• < 0.1	Постојан извор на слатка вода со изданост [l/s]		
• 0.1-1			
• 1-10			
• 10-100			
• > 100			
ВОДНИ ГРАДИ			
• •	Копан бунар до 6 м длабочина		
• •	Активен дупчен бунар со длабочина преку 6 м		
• •	Дупчен артерски бунар		
□	Црпиште на јавен водовод } Зафат на подземна вода (извор или бунар)		
•	Рени бунар		
•	Дупчен бунар со термоминерална вода		
•	Минерален извор		
•	Термоминерален извор		
ПОДАТОЦИ ЗА ИЗДАНИТЕ			
—	Хидрогеолошка граница		
—	Артеска граница		
ТОПОГРАФСКИ ОЗНАКИ			
—	Автомат	—	Поголема река
—	Регионален пат	—	Река
—	Железничка пруга	—	Суводолица
▲	Тригонометриска точка	—	Езеро

### 3. ТОПОГРАФСКА КАРТА НА ЛОКАЦИИ НА ЗЕМЕНИ ПРОБИ ВО ПЕЛАГОНИЈА TOPOGRAPHIC MAP OF THE LOCATIONS OF THE TAKEN SAMPLES IN PELAGONIJA



Легенда: П-3 Локација на земена проба од бунар

#### 4. ПОДАТОЦИ ОД ЛАБОРАТОРИСКИ ИСПИТУВАЊА НА ПРОБИ НА ПОДЗЕМНИ ВОДИ ВО ПЕЛАГОНИЈА

Табела 9. Податоци од лабораториски испитувања на проби на подземни води во Пелагонија  
 Table 9. Laboratory Tests Data of the Underground Water Samples in Pelagonija

параметар	Ca	Mg	Na	K	Sr	Ba	B	Mn	Fe	Zn	Pb	Cr	Cu	Co	Cd	Al	As	Ni	Ag	Ti
един. мер.	mg/l	mg/l	mg/l	mg/l	mg/l	mg/l	mg/l	mg/l	mg/l	mg/l	mg/l	mg/l	mg/l	mg/l	mg/l	mg/l	mg/l	mg/l	mg/l	mg/l
примерок																				
1	24.5	12.2	23.5	2.8	0.105	0.016	0.047	0.012	0.002	0.006	0.006	<0,005	<0,005	<0,005	<0,0025	0.007	0.006	0.021	<0,005	<0,005
2	101.6	28.9	49.0	7.9	0.473	0.077	0.205	0.059	0.109	0.010	0.006	0.005	0.007	<0,005	<0,0025	0.027	0.026	0.010	<0,005	<0,005
3	134.9	74.3	135	7.4	1.25	0.158	0.836	<0,005	0.003	0.018	0.005	0.009	<0,005	<0,005	<0,0025	0.031	0.139	0.010	0.007	<0,005
4	65.3	33.8	6.3	4.0	0.591	0.072	0.077	<0,005	0.004	0.080	0.009	<0,005	<0,005	<0,005	<0,0025	0.017	0.030	0.018	<0,005	0.010
5	58.4	20.9	21.1	3.0	0.369	0.078	0.007	<0,005	0.008	0.019	<0,005	0.006	<0,005	<0,005	<0,0025	0.013	0.045	0.015	<0,005	<0,005
6	72.2	24.9	118	195.7	0.350	0.078	0.237	<0,005	0.006	0.125	0.006	<0,005	<0,005	<0,005	<0,0025	0.018	0.016	0.004	<0,005	<0,005
7	22.7	13.4	11.3	4.9	0.380	0.167	0.004	<0,005	<0,005	<0,005	0.006	0.010	<0,005	<0,005	0.008	0.008	0.075	0.047	<0,005	0.033
8	36.7	12.6	31.7	3.5	0.238	0.025	0.189	<0,005	<0,005	<0,005	0.017	<0,005	<0,005	<0,005	<0,0025	0.009	0.023	0.049	<0,005	0.006
9	20.8	5.8	15.7	2.1	0.086	0.023	0.004	<0,005	<0,005	0.012	0.014	0.006	0.007	<0,005	<0,0025	0.006	0.026	0.028	<0,005	<0,005
10	78.9	21.7	23.4	5.8	0.261	0.035	0.010	<0,005	<0,005	<0,005	0.008	0.005	<0,005	<0,005	<0,0025	0.021	0.012	0.016	<0,005	<0,005
11	88.1	26.4	24.6	4.9	0.331	0.046	0.019	<0,005	<0,005	<0,005	0.010	0.008	<0,005	<0,005	<0,0025	0.020	0.026	0.028	0.008	0.005
12	58.2	14.9	27.9	2.3	0.281	0.064	0.063	<0,005	<0,005	<0,005	<0,005	<0,005	<0,005	<0,005	<0,0025	0.018	0.002	0.031	<0,005	<0,005
13	59.7	20.3	18.9	2.2	0.228	0.039	0.015	<0,005	<0,005	<0,005	0.014	<0,005	<0,005	<0,005	<0,0025	0.015	0.023	0.050	<0,005	<0,005
14	54.7	20.4	40.3	46.9	0.324	0.057	0.087	<0,005	<0,005	0.063	<0,005	<0,005	<0,005	<0,005	<0,0025	0.012	0.008	0.053	0.006	0.005
15	177.2	139.5	65.0	4.1	1.54	1.218	0.874	8.459	0.049	0.006	0.010	0.006	<0,005	0.029	<0,0025	0.043	0.014	0.043	<0,005	<0,005
16	45.4	5.7	6.4	2.5	0.099	0.014	0.013	<0,005	<0,005	<0,005	0.017	0.005	<0,005	<0,005	<0,0025	0.011	0.028	0.048	<0,005	<0,005
17	69.5	22.3	45.4	6.0	0.341	0.093	0.122	0.373	0.008	<0,005	0.012	0.012	0.008	<0,005	<0,0025	0.016	0.011	0.042	<0,005	0.005
18	58.3	17.2	55.5	3.8	0.479	0.130	0.425	0.248	0.310	<0,005	0.008	<0,005	<0,005	<0,005	<0,0025	0.014	0.000	0.044	<0,005	<0,005
19	45.2	13.5	27.6	2.4	0.222	0.057	0.047	0.330	0.008	0.005	0.006	0.008	<0,005	<0,005	<0,0025	0.010	0.017	0.021	<0,005	<0,005
20	80.9	33.8	33.1	1.9	0.383	0.045	0.041	0.174	<0,005	0.068	0.013	0.008	0.008	<0,005	<0,0025	0.019	0.007	0.151	<0,005	0.006
21	299.5	196.3	1215	112.2	16.5	0.251	15.239	0.106	0.033	0.008	<0,005	<0,005	0.010	<0,005	<0,0025	0.072	0.129	0.005	<0,005	<0,005
22	272.3	141.2	1563	109.1	3.8	0.067	25.812	0.176	0.011	0.012	0.005	<0,005	0.009	<0,005	0.003	0.060	0.038	0.053	<0,005	<0,005
23	186.9	69.0	43.0	10.2	2.1	0.205	0.182	2.818	24.0	0.013	0.005	<0,005	0.007	0.038	<0,0025	0.049	0.035	0.054	<0,005	<0,005
24	96.6	40.5	69.4	9.8	1.3	0.022	0.263	1.640	44.6	0.034	0.006	<0,005	<0,005	0.011	<0,0025	0.025	0.053	0.033	<0,005	0.007
25	217.1	73.3	114.8	15.2	2.0	0.018	0.534	2.711	18.6	0.009	0.008	<0,005	0.011	0.052	<0,0025	0.055	0.034	0.060	<0,005	<0,005
26	273.5	384.0	50.5	54.4	8.4	0.011	3.091	0.025	0.006	<0,005	0.012	0.011	0.008	<0,005	<0,0025	0.062	0.059	0.033	<0,005	<0,005
27	43.2	24.1	20.7	3.4	0.239	0.020	0.016	0.534	0.109	0.031	0.014	0.008	0.006	<0,005	<0,0025	0.011	0.031	0.025	<0,005	<0,005
28	253.9	379.5	1185	67.9	14.3	0.892	6.973	0.067	0.010	<0,005	<0,005	0.011	<0,005	<0,005	<0,0025	0.060	0.044	0.033	<0,005	<0,005
29	52.6	16.5	28.0	2.2	0.207	0.038	0.018	0.048	0.002	0.078	0.010	<0,005	0.005	<0,005	<0,0025	0.014	0.004	0.011	<0,005	<0,005
30	74.7	38.4	37.8	6.1	0.535	0.146	0.197	1.455	22.0	0.014	0.008	<0,005	<0,005	<0,005	<0,0025	0.020	0.027	0.027	<0,005	0.006
31	78.1	33.3	51.3	7.0	0.547	0.141	0.700	0.456	7.6	<0,005	0.007	<0,005	<0,005	<0,005	<0,0025	0.017	0.030	0.028	<0,005	<0,005



параметар	HCO <sub>3</sub> <sup>-</sup>	Cl <sup>-</sup>	SO <sub>4</sub> <sup>2-</sup>	NO <sub>3</sub> <sup>-</sup>	PO <sub>4</sub> <sup>3-</sup>	NH <sub>4</sub> <sup>+</sup>	NO <sub>2</sub> <sup>-</sup>	TDS VK	TDS FIL	SUSP	pH	EC
един. мер.	mg/l	mg/l	mg/l	mg/l	mg/l	mg/l	mg/l	mg/l	mg/l	mg/l		µS/cm
примерок												
1	93.6	36.7	17.1	2.0	0.15	0.026	<0,01	268	247	21	8.1	330
2	99.7	111.0	296	33	0.50	0.029	<0,01	699	699	0	8.3	884
3	305.0	495	27.6	9.4	0.19	<0,02	<0,01	874	851	23	8.1	1242
4	151.0	111.0	43.6	23	0.17	<0,02	<0,01	451	444	7	8.7	633
5	90.6	66.0	37.6	36	0.11	<0,02	<0,01	356	340	16	8.6	462
6	211.4	253	135	167	3.0	0.069	<0,01	1016	1015	1	8.8	1413
7	42.3	54.5	24.9	28	0.13	<0,02	<0,01	231	229	2	8.5	296
8	99.7	89.0	21.2	19	0.23	0.028	<0,01	296	291	5	8.6	430
9	54.4	46.1	7.2	19	0.089	<0,02	<0,01	184	182	2	8.1	237
10	178.2	127.8	33.1	73	0.53	<0,02	<0,01	537	529	8	8.5	720
11	169.1	137.2	32.8	28	0.16	0.020	<0,01	478	468	10	8.7	667
12	169.1	62.8	20.5	7.0	0.15	0.048	<0,01	385	379	6	8.7	485
13	145.0	78.5	11.1	55	0.14	<0,02	<0,01	338	330	8	8.7	478
14	108.7	120.4	45.4	181	3.6	0.054	<0,01	443	436	7	8.2	721
15	767.1	122.5	18.2	14	0.47	0.40	<0,01	1352	1383	31	7.4	1806
16	78.5	30.4	19.1	4.9	0.044	0.028	<0,01	179	167	12	8.4	270
17	151.0	119.4	32.4	83.7	0.63	0.036	<0,01	434	425	9	8.7	633
18	154.0	136.1	23.8	0.52	0.13	<0,02	<0,01	451	385	66	8.6	521
19	111.7	59.7	21.1	5.9	0.18	0.030	<0,01	300	249	51	8.7	395
20	151.0	132.0	47.2	23	0.22	0.043	0.014	481	471	10	8.8	685
21	1797	1702	35.4	0.73	0.052	6.2	<0,01	4399	4074	325	7.6	515
22	1709	2813	302	1.3	<0,015	5.9	<0,01	5431	4865	566	8.9	6100
23	673.5	72.3	35.2	<0,1	1.1	0.73	<0,01	1293	1268	25	7.2	1480
24	289.9	41.9	197	0.56	0.13	0.47	<0,01	872	869	3	8.2	901
25	649.3	74.4	338	0.18	0.45	0.54	<0,01	1678	1626	52	7.6	1644
26	1891	633	219	0.22	0.036	2.2	<0,01	4452	3722	730	8.5	506
27	111.7	73.3	43.8	6.3	0.41	0.087	<0,01	360	346	14	8.2	436
28	2295	2267	4.4	3.8	<0,015	11	<0,01	6903	6156	747	8.2	782
29	120.8	72.3	31.9	39	0.52	0.056	<0,01	363	363	0	8.7	517
30	132.9	68.1	201	0.42	4.9	0.49	0.035	636	629	7	7.7	746
31	187.2	95.3	108	0.86	2.5	0.50	<0,01	540	534	6	8.4	6.5
	HCO <sub>3</sub> <sup>-</sup>	Cl <sup>-</sup>	SO <sub>4</sub> <sup>2-</sup>	NO <sub>3</sub> <sup>-</sup>	PO <sub>4</sub> <sup>3-</sup>	NH <sub>4</sub> <sup>+</sup>	NO <sub>2</sub> <sup>-</sup>	TDS VK	TDS FIL	SUSP	pH	EC

**Пецо Ристевски дипл.инж.геолог**  
**Тешки токсични метали во подземните води на Пелагониска котлина**  
**Универзитет „Гоце Делчев” - Штип**

---