



УНИВЕРЗИТЕТ „ГОЦЕ ДЕЛЧЕВ“ - ШТИП
ФАКУЛТЕТ ЗА ПРИРОДНИ И ТЕХНИЧКИ НАУКИ
Катедра за наоѓалишта на минерални сировини
Штип

МАГИСТЕРСКИ ТРУД

GIS МОДЕЛ НА РЕЗУЛТАТИТЕ ОД ИСТРАЖУВАЊАТА НА БАКАРНАТА МИНЕРАЛИЗАЦИЈА НА КАЗАНДОЛ

2015 Штип



УНИВЕРЗИТЕТ „ГОЦЕ ДЕЛЧЕВ“ - ШТИП
ФАКУЛТЕТ ЗА ПРИРОДНИ И ТЕХНИЧКИ НАУКИ
Катедра за наоѓалишта на минерални суровини
Штип

МАГИСТЕРСКИ ТРУД

GIS МОДЕЛ НА РЕЗУЛТАТИТЕ ОД ИСТРАЖУВАЊАТА НА БАКАРНАТА МИНЕРАЛИЗАЦИЈА НА КАЗАНДОЛ

Кандидат;

Митко Лиговски дипл.инж.геолог

2015 Штип

Ментор: Проф. д-р Тодор Серафимовски
Редовен професор, Факултет за природни и технички науки

Членови на комисија за оцена и одбрана:

Претседател: Проф. д-р Виолета Стефанова

Член: Проф. д-р Тодор Серафимовски

Член: Доц. д-р Горан Тасев

Научно поле: Геологија, металогенија, економска геологија

Научна област: Наоѓалишта на минерални суровини

Датум на одбрана: _____

Датум на промоција: _____

Посвета и благодарност

За ирифаканеио на мениор на овој магистерски ипруд, за севкуйнаиѝа иомош вооишио, за укажаниѝе совети, иоуки и сугесиѝи изразувам голема благодарносѝ на Проф. д-р. Тодор Серафимовски

Должам благодарносѝ и на Доц. д-р. Горан Тасев и Проф. д-р. Марин Александров за укажанѝа иомош и корисниѝе совети ири изработкаѝа на овој магистерски ипруд.

Посебна благодарносѝ изразувам до раководсѝивоио на команијаѝа ЕУРОМАКС РЕСОУРЦЕС кои ми овозможија да ги корисѝам и инѝерѝирѝирам иодаѝиоциѝе изложени во овој ипруд.

Благодарносѝ должам и на моеио семејсѝиво кое ме иодржуваше во сѝѝе мои одлуки и ме иомагаше кога беше иоѝребно во иѝекоѝ на рабоѝењеио на ипрудоѝ.

На крајоѝ ја корисѝам оваа иприлика да изразам благодарносѝ на сѝѝе оние кои ишио на било каков начин ми иомогнаа во извршувањеио на иосѝавенаѝа задача.

Без сѝѝе горе набројани сеио ова немѝе ниѝу да зайочне и зайоа можам само едно да им кажам на сѝѝе заедно:

ЕДНО ГОЛЕМО БЛАГОДАРАМ

СОДРЖИНА

1. ВОВЕД	1
2. ПРОБЛЕМАТИКА КОЈА ТРЕБА ДА СЕ РЕШИ СО ПРИМЕНАТА НА ГИС ВО МЕТОДИТЕ НА ИСТРАЖУВАЊЕ	2
2.1. Цел и намена на ГИС во геолошки методи на истражување.....	2
2.2. Очекувани резултати	3
3. ОПШТИ ПОДАТОЦИ ЗА ИСТРАЖУВАНИОТ ПРОСТОР	4
3.1. Географска местоположба на рудната појава Казандол.....	4
3.2. Орографија	4
3.3. Хидрографија.....	5
3.4. Комуникации	5
4. РЕГИОНАЛНА И ГЕОТЕКТОНСКА МЕТАЛОГЕНЕТСКА ПРИПАДНОСТ НА НАОЃАЛИШТЕТО КАЗАНДОЛ	6
5. ГЕОЛОШКИ КАРАКТЕРИСТИКИ НА ТЕРЕНОТ	14
5.1. Преглед на поранешните истражувања	14
5.2. Геолошко-структурна градба на теренот.....	15
5.3. Тектоника	22
6. ГЕОЛОШКИ КАРАКТЕРИСТИКИ НА НАОЃАЛИШТЕТО КАЗАНДОЛ	24
6.1. Геолошка градба на наоѓалиштето.....	24
6.2. Алтерации на околните карпи	32
6.3. Морфолошки особини на оруднувањето и тип на минерализација	32
6.4. Асоцијација на елементите во наоѓалиштето	39
7. ОПИС НА ПРИМЕНЕТИТЕ МЕТОДИ НА ИСТРАЖУВАЊЕ НА РУДНАТА ПОЈАВА КАЗАНДОЛ	41
7.1. Геолошка проспекција.....	42
7.2. Стрим седименти	42
7.3. Геолошко картирање и опробување	44
7.4. Литогехемија (Rock sampling).....	45
7.5. Металометрија - почвено опробување “В” хоризонт	49
7.6. Раскопување.....	56
7.6.1 <i>Геохемиски карактеристики на раскопите во северниот дел на наоѓалиштето Казандол</i>	59
7.6.2 <i>Геохемиски карактеристики на раскопите во јужниот дел на наоѓалиштето Казандол</i>	60
7.7. Истражно длабинско дупчење.....	63
7.7.1. <i>Резултати од истражното дупчење</i>	65

8. 3D – МОДЕЛИРАЊЕ НА ОРУДНУВАЊЕТО ВО НАОЃАЛИШТЕТО	
КАЗАНДОЛ	68
8.1. Методолошки пристап.....	68
8.1.1. Картографски методи	68
8.1.2. Географски-геолошки методи.....	68
8.1.3. Статистички методи.....	68
8.1.4. Информатички методи	69
8.2 Принципи	69
8.2.1. Елементи на ГИС.....	69
8.2.2. Картографска подготовка	69
8.2.3. Бази на податоци	69
8.2.4. Интеракциски врски	70
8.2.5. Функционирање на ГИС.....	70
8.3. Клучни одлики на ArcGIS ® Desktop	71
9. ЗАКЛУЧОЦИ	80
10. КОРИСТЕНА ЛИТЕРАТУРА.....	81

1. ВОВЕД

Светската популација расте се побрзо и побрзо, отколку во било кое време во историјата и потрошувачката на минералните ресурси расте се побрзо од населението кога повеќе корисници влегуваат во пазарот за минерали ресурси и глобалниот стандард на живеење се зголемува. Светската побарувачка на минерални сировини е под влијание на три општи фактори: зголемување на бројот на корисници на минерални ресурси, пораст на населението и на животниот стандард. На пример, Кина и Индија имаат потрошувачка на бакар по глава на жител од 0,6 и 2,7 килограми по лице соодветно, додека Јужна Кореја и Тајван, со значително помала популација имаат потрошувачка на бакар по глава на жител на 29,2 и 66,7 килограми. Варијациите во стандардот на живеење би можело да влијаат врз идната побарувачка на минерални ресурси повеќе од населението. По глава на жител потрошувачката на минерали се зголемува во речиси сите области во текот на минатиот век, додека азиските земји се во развој и имаат покажано особено импресивен раст во текот на последните неколку децении. Растот на потрошувачката на бакар по глава на жител во оваа област се движи од ниско ниво од околу 40% во Индија на висина од околу 82 %, во Тајван помеѓу 1985 и само во 1998 година. Во целиот свет, има вкупен пораст на потрошувачката на бакар по глава на жител од околу 11 % во периодот меѓу 1985 и 1998 година, а 13 % во периодот 1971-1998, или околу 0,5 % годишно.

Ако минералната побарувачка се зголемува на годишно ниво од 1,5%, таа ќе биде околу 60 % повисока отколку денес, се до 2050-та година.

Придонесот на истражувањето на минералните сировини и рударството за одржлив развој треба да се гледа во однос на економската и техничката оправданост, еколошката одржливост и социјална правда.

Одржливото користење на природните ресурси и барање на потенцијални области за истражување се оценуваат во контекст на постојните и алтернативните начини на користење на земјиштето, интегрирање на социјалните, еколошките, културните и економските фактори. Интегрираниот пристап, кој повикува на стратешки и партиципативен процес на анализа, дебата, зајакнување на капацитетите, планирање и акција, со вклучување на сите засегнати страни - вклучувајќи ги и локалните заедници, е единствениот начин да се оптимизира експлоатацијата на минерални сировини и одржливиот развој, и да се идентификуваат и избегнат потенцијалните конфликти во користењето на земјиштето. Да се развие таков процес на рационален и праведен начин кое неизбежно бара точни бази на податоци за располагање со минералните ресурси,

како и транспарентен и отворен начин за споделување и координација на мулти-кориснички информации.

Од почетокот на осумдесеттите години, многу компании кои се занимаваат со геолошки истражувања почнаа да развиваат бази на податоци на наоѓалиштата, и денес ГИС и дигиталната подготовка на карти како и нивното моделирање се на прво место. Уште поважно, сепак е способноста да се разменуваат податоци и да се интегрира повеќе или помалку со други бази на податоци, способноста да се пребарува и манипулира со базата на податоци и да се направат карти и модели кои се основа на многу истражни проекти.

Целта на овој магистарски труд е да се направи синтеза на резултатите од истражувањето на наоѓалиштето за бакар Казандол, со посебен осврт на формирањето на база на податоци и интерпретација на истите кои ќе дадат придонес во понатамошниот тек на истражувањето.

Со овој магистарски труд ќе биде опфатена една доста комплексна тема на синтеза на податоците од различните методи на истражување кои беа применети на теренот за решавање на низа прашања кои беа поставени пред почетокот на истражувањето.

2. ПРОБЛЕМАТИКА КОЈА ТРЕБА ДА СЕ РЕШИ СО ПРИМЕНАТА НА ГИС ВО МЕТОДИТЕ НА ИСТРАЖУВАЊЕ

Во процесот на истражувањето на минералните сировини се собираат различни видови на податоци од различни извори. Типовите на податоци кои се собираат се во вид геолошки карти, мултиспектрално-сателитски слики, и геофизички карти како и бази на податоци во различни формати. Најдобрата платформа да се соберат сите овие податоци заедно е да се добијат драгоцен резултати е ГИС.

Со примената на ГИС во анализирањето на резултатите, треба да се овозможи да се дефинираат следните одлики, појави и проблематика на актуелниот терен:

- Да се издвојат аномалните површини на минералната сировина – бакар на наоѓалиштето Казандол
- Детално да се истражат таквите делови со оценка на најпотенцијалните делови

2.1. Цел и намена на ГИС во геолошки методи на истражување

Главната цел на овој труд е да се покаже дека користењето на апликациите на ГИС технологијата во анализирањето на податоците од истражувањето и може да помогне во оценување на перспективноста на бакарната појава Казандол, а тоа значи да се добие поцелосна слика за начинот на појавување на бакарната минерализација, условите на залегување, генезата, резервите и квалитетот.

2.2. Очекувани резултати

Во согласност со поставените цели и задачи, а со извршување на истражните работи, и користењето на алтките за моделирање во ГИС ќе ни овозможи сите одделни карти да бидат направени во една интегрирана форма. Во прилог на тоа е и можноста да се прикажат истражните дупчотини и други податоци во 2D и 3D. Односно, може да се обработуваат голем обем на податоци на геолошки, геохемиски и геофизички податоци во 3D во рамките на една или транспарентно поврзани интерактивна околина и се создаваат услови за комплексно согледување на низа аспекти кои ќе бидат предмет на истражување. Се очекува да се добијат следните резултати:

- Дефинирање на концентрациите на поедини елементи-метали во истражуваниот простор
- Дефинирање на геохемиските аномалии на бакар на истражуваниот простор
- Одредување на границите на наоѓалиштето
- Резервите на бакар во наоѓалитетот Казандол
- Со овие податоци се создаваат услови за максимално можно осознавање на наоѓалиштето и геолошка средина во која е формирано.

3. ОПШТИ ПОДАТОЦИ ЗА ИСТРАЖУВАНИОТ ПРОСТОР

3.1. Географска местоположба на рудната појава Казандол

Рудната појава „Казандол“ – Валандовско се наоѓа во југоисточниот дел на на Република Македонија, јужно од Валандово и северно од Богданци. Поточно, таа е лоцирана јужно од Брајковци и западно од Фурка, а во нејзиниот централен дел се наоѓа селото Казандол. Всушност, таа се наоѓа на најјугоисточните делови на планината Плауш. Околу една половина од концесијата е на територијата на општина Валандово, а другата половина е на територијата на општината Богданци.



Слика 1. Географска положба на наоѓалиштето Казандол

Fig. 1. Kazandol deposit - Claim Location Map

3.2. Орографија

Бидејќи концесиониот простор се наоѓа на југоисточниот дел на планината Плауш, јужно од Валандовската котлина и западно од Црниличко поле, теренот е благо брановиден, со развиена орографија, т.е. ридови и ридчиња кои благо паѓаат према полињата. Најизразени возвишувања се Јусек Тепеси (522м), Факирово Брдо (507м), Пунгот (453м), Асоница (443м), Армалтк (442м), Орта Бурун (403м), Баллара (386м), Поповец (330м) и др.

Најниски точки се коритата на Казандолска река, нејзината лева притока Батаклија кои се влеваат во Анска Река и Габрошка река која тече према југ.

3.3. Хидрографија

Третираниот простор од 28km² и неговата непосредна околина е со развиена хидрографска мрежа. На северниот дел од Концесијата најкарактеристична е Казандолска река со нејзината лева притока Батаклија Сојан Дере Чесме која се влива во Анска Река, а пак таа се влива во најголемата Македонска река Вардар.

Јужно од Казандол се формира сливот на Габрошка Река и Жолта Вода кои се вливаат во Богданска река над општината Богданци.

Потоците во околината на „Казандол“ се со генерален правец на течење Север-Југ и припаѓаат на сливот на реката Вардар.

Овие водотеци се сиромашни со вода, и не претставуваат потенцијални локации за изградба на мини акумулации, освен за поединци кои изградиле мини рибници.

Во алувијалните наноси нивото на подземните води е високо, а издашноста е голема.

3.4. Комуникации

Концесиониот простор има добри комуникациони врски. Од северната страна во Концесијата влегува асфалтен пат до селото Казандол, а на источната страна поминува шумски пат кој се поврзува со патот Дојран-Богданци-Гевгелија.

Наоѓалиштето се наоѓа на 4km оддалеченост од Валандово, има поволни комуникациски врски бидејќи се наоѓа на меѓународниот патен правец Е-75, а е 39km оддалечен од граничниот премин Богородица-Евзони, додека преминот Дојран-Дојрани е на 27km.

4. РЕГИОНАЛНА И ГЕОТЕКТОНСКА МЕТАЛОГЕНЕТСКА ПРИПАДНОСТ НА НАОГАЛИШТЕТО КАЗАНДОЛ

Создавањето и простирниот геотектонски и металогенетски распоред на полиметаличните наоѓалишта претставува спрега на комплексни процеси, услови и влијанија кои најтесно се поврзани со геоисториската еволуција на геопросторите и составите на средините во кои денес ги наоѓаме овие значајни типови на минерални суровини. Комплексноста и разновидноста во тектонските елементи и стратиграфските односи на просторите каде се локализирани оловно-цинковите наоѓалишта неоспорно е присутна, но реконструкцијата на процесите кои ги дале овие манифестации претставува комплексен проблем за чие делумно или приближно решавање, во денешни услови е потребно регионално поврзување на информациите, егзактните податоци и новите теориско- научни достигнувања.

Реконструкцијата и интерпретацијата на геотектонскиот односно геоисторискиот развој на геопросторот, во кој терените на Република Македонија претставуваат само мал дел, во изминативе неколку децении од овој век се заснова на неколку различни концепции. Имено, се до 70-те години од овој век, доминантно место во толкувањето на геотектонскиот развој, геолошките формации и тектонското реонирање на Југоисточна Европа имале фиксистичките концепции и теоријата на геосинклиналите.

Појаснувањето на постанокот и просторниот распоред на рудните наоѓалишта и поголемите металогенетски единици е во тесна врска со поедините Штилеови стадиуми и фази на развој на геосинклиналите, на чии основи и принципи подоцна Билибин(1948) го врши класифицирањето на поедините наоѓалишта во одредени фази. За одбележување е дека денес во светот регионалниот тектонски развој и разместувањето на големите металогенетски единици многу ретко се толкува преку класичниот развој на геосинклиналите. Таквиот пристап, во денешни услови, најмногу се задржал кај руските геолози од кои посебно треба да се издвојат работите на Смирнов (1982), Твалчрелидзе (1985) и др.

Во втората половина на 60-те години од овој век, повторно од руските геолози, била лансирана теоријата на тектонско-магматската активизација, која за многу кратко време земала силен замав, особено во појаснувањето на врската помеѓу регионалните разломни структури, магматизмот и оруднувањето. Главен акцент и своја промоција добиле прстенесто-радијалните структури и со нив поврзаните оруднувања, потоа односите на сводесто-депресивните структури и рудните наоѓалишта, како и пресеците на линиamentните структури од различни категории и со различен интензитет. Главен поборник на оваа концепција е рускиот геолог Шчеглов(1966,1968), а на нашите простори ваквите толкувања се среќаваат во работите на Јанковиќ и Петковиќ(1974), Кочнева и други(1978), Петковиќ(1980,1982) и др. Сепак, мора да се констатира дека и покрај големиот број на објавени трудови, претежно во Источна Европа, оваа теорија многу брзо го загубила приматот, бидејќи голем број на прашања во таа регионална геотектонска и металогенетска шема на еволутивниот развој не добиле соодветни одговори.

Во последните три децении, геотектонската еволуција на просторите и металогенетската реонизација се повеќе се базира врз мобилистичките пристапи и теоријата на тектониката на плочите. Оваа теорија, аналогно на претходните има свои варијанти кои произлегле од бројните модели и пристапи на различни групи на нејзини следбеници. Основните поставки на тектониката на плочите ги

дале Isaks and all.(1968), потоа истите се разработувани и надополнувани од голем број автори, меѓу кои треба посебно да се истакнат работите на Wilson(1981,1988), Michel анд Garson(1976,1981), Савкинс(1984), потоа на просторите на Балканот и пошироко Арсовски и Иванов(1977), Карамата(1982,1983), Јанковиќ и Петковиќ(1974), Боев(1988), Кнежевиќ(1989), Јанковиќ(1990,1994), Серафимовски(1990, 1993) и др. Следејќи ги основните поставки на тектониката на плочите, во еволуцијата на Земјината кора, можат да се издвојат неколку основни фази – интраконтинентално рифтување или разломување на континенталните плочи, проширување на интраконтиненталните рифтови и отварање на океанската кора, субдукција која доаѓа како последица на затварање на океанот и колизија или допирање на одредени континентални блокови кои локално доведуваат до „навлекување„ и задебелување на Земјината кора. Ова е посебно важно за толкување на местото и начинот на формирањето на магмите кои ги дале Терциерните вулcano- интрузивни комплекси на нашите простори и со нив поврзаните полиметални оруднувања.

Интраконтиненталното рифтување или латерално ширење на континенталната кора, најтесно е поврзано со зголемените топлотни текови,односно флукови во длабочина. Под влијание на тие термички антиформи доаѓа до формирање на магми во обвивката, истенчување на континенталната кора(ресорпција од длабочина), нејзино повивање и раскршување, проследено со спуштање на блоковите и издигнување на базалтоидните магми вдоль разломните структури(Карамата, 1982). Карактерот на магматизмот,а со самото тоа и типот и видот на оруднувањето, во многу зависи од дебелината на континенталната кора и брзината на издигнување на топлотните доми.За одбележување е дека зоната на рифтување, поради термалните флукови кои се движат нагоре, се карактеризираат со високи термални градиенти. Тие карактеристики на средините се од големо металогенетско значење во поглед на мобилизацијата на рудните компоненти од карпите и воопшто од средините низ кои поминуваат рудоносните раствори. Сепак, во зоните на рифтување најголем дел од наоѓалиштата се настанати или на дното на морските басени поврзани со вулканските и вулканогено- седиментните комплекси, или генетски се поврзани со субвулканските и хипоабисалните интрузии сместени под морските дна.Оттаму, за зоните на рифтување се поврзани и најголем дел од вулканогено-седиментните наоѓалишта на железо и манган, потоа хидротермални наоѓалишта на масивни сулфиди, стратиформните наоѓалишта на бакар, оловно-цинкови наоѓалишта во карбонатните карпи и др.

Во продолжението на процесите на рифтување доаѓа до појава на ширење и формирање на океанска кора. Океанската кора се формира од материјал од горната обвивка по должина на океанските гребени. Треба да се истакне дека при формирањето на океанската кора често пати доаѓа до настанување на одредени блокови со континентален тип на Земјина кора.Бидејќи зоните и создавањето на океанската кора се спојуваат или одвојуваат, затоа често пати континенталните блокови или микроконтиненти имаат обично издолжен и леќест облик. Димензиите на тие блокови можат да бидат од десетина до неколку стотина километри во должина со нешто помала ширина. Такви континентални блокови се Дринско-Ивањичкиот блок, масивот Мендерес, Киршехирскиот масив и др, а кај нас Пелагонискиот масив или во микро размери блокот Елен Шупе. Општо обележје на океанските типови на Земјина кора се ултрамафитите или офиолитските зони воопшто. Во својата подлога ултрамафитите се најчесто со слабо изразен тектонски склоп, меѓутоа со ширењето на океанскиот простор, тектонскиот склоп

на ултрамафитите станува се поизразен бидејќи се оддалечува од зоните со зголемен тоplotен тек. Во поглед на оруднувањата и типовите на минерализација, може да се каже дека истите се во непосредна врска со градбата на офиолитските комплекси. Главно, во зоните со развиен океански тип на земјина кора најчесто се среќаваат оруднувања на хромити, платиноиди, титаномангнетити, сулфиди на бакар, никел и железо и др.

Во следните фази на компресија во рамките на овие рифтогени зони чии карактеристики комплетно можат да се согледаат на просторите на Вардарската зона, во текот на Јура доаѓа и до пулсирање на значајни маси на гранитоиди (Слика 4.1.). Со тие гранитоидни комплекси, особено на просторите на Вардарската Зона на територијата на Република Македонија доаѓа до создавање на бројни наоѓалишта на железо-скарновски тип, железо, бакар, цинк-скарновски тип, бакар-жични типови и други полиметали (Иванов, 1965; Чифлиганец, 1993; Јанковиќ, 1997; Јанковиќ и др., 1997; Popov, 2002; Serafimovski et al., 2012; Ligoovski et al., 2014). Неспорно дека за овие процеси е поврзано и создавањето на жичното бакарно оруднување поврзано со Јурските гранитоиди во локалноста Казан Дол.

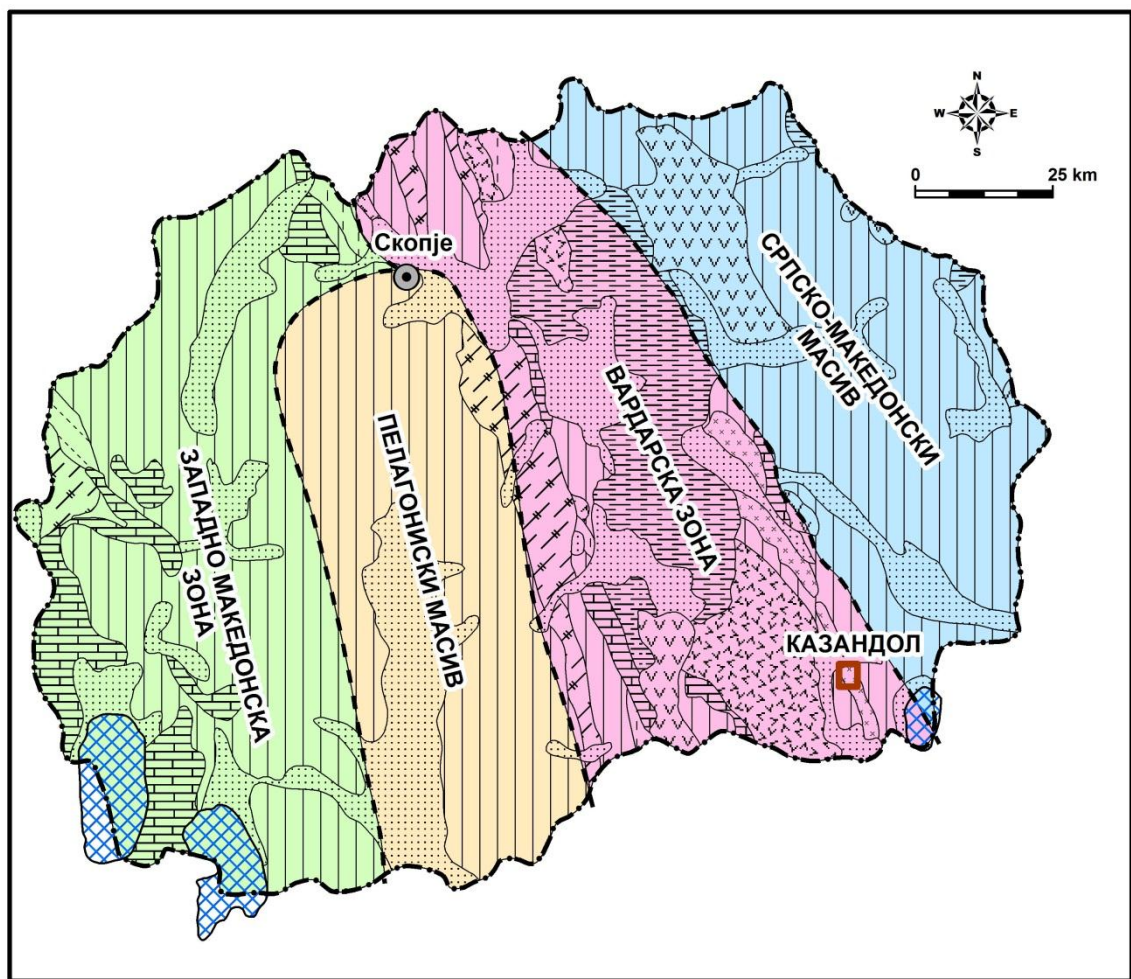
Сето изнесено во поглед на регионалното сфаќање на еволуцијата на поедините простори, преточени преку поедините концепции за геотектонскиот развој на одредени средини и просторниот распоред на крупните геотектонски и метлогенетски единици, треба да се сфати како вовед во геотектонската реонизација на територијата на РМ.



Слика 2. Шематизиран профил низ Пелагонски масив, Вардарска зона, Српско-Македонскиот масив, Струма и Родопската зона (Тасев, 2003; Carminati et al., 2004; модификувано).

Fig. 2. Schematic section through Pelagonia Massif, Vardar Zone Serbo-Macedonian massif Struma and Rodopi zone (Tasev, 2003; Carminati et al., 2004; модификувано).

Иако зафаќа релативно мал простор, РМ во геолошка и геотектонска смисла, се карактеризира со бројни специфичности, кои имаат големо значење за пореално толкување на структурно-тектонските и геодинамичките односи на средините на Балканскиот Полуостров и ЈИ Европа. Во тој контекст, во рамките на денешните територијално-политички граници на РМ, издвоени се неколку крупни геотектонски единици кои според своите размери далеку ја надминуваат нејзината територија. Тоа се Западно-Македонската зона, Пелагонскиот Масив, Вардарската зона, и Српско-Македонскиот масив. (Слика 3.).



Слика 3. Шематски приказ на геотектонските единици во Република Македонија

Fig. 3. Schematic representation of the geotectonic units in Republic of Macedonia

Генерално, гледано имаат издолжени форми во правец скоро С-Ј или ССЗ-ЈЈ, и истите на север продолжуваат во терените на СР Југославија, а на југ во Грција.

Секоја од погоре наведените геотектонски единици претставува засебна структурно-фацијална целина, што се карактеризира со посебен геолошки развој и сопствена структурно-геолошка градба. Исто така, значително обележје претставува разликата во стилот на тектонските деформации кај поедини зони. Додека кај едните доминираат лонгитудинални структури (Вардарската зона), во други тоа се изометриски структури и отсуствуваат изоклини форми (Западно-македонска зона, Пелагониски масив). Доста значаен момент во различниот стил на поедините геотектонски единици претставува и карактерот на поедини магматски комплекси. Додека во поедините зони доминираат киселите формации, од редот на гранитоидите, (Пелагониски масив), во Вардарската зона доминираат базичните и ултрабазичните комплекси. На ова секако треба да му се придодадат и разликите во метаморфизмот и вулканизмот, особено неогениот, кој е многу карактеристичен за поедините издвоени единици (на пример, Српско – македонскиот масив и Вардарската зона). За да се добие покомплетна слика за поединечните специфики на структурно- геолошката и литостратиграфската градба на погоре издвоените геотектонски единици на територијата на РМ, во иднина накусо ќе се задржиме на позначајните обележја во геолошкиот состав и структурно – тектонските карактеристики на Вардарската зона.

Вардарската зона претставува крупна и мошне значајна линеаментна структура во градбата на средишните делови на Балканскиот Полуостров, чии рефлексии во континуитет се манифестираат и во Мала Азија (зона Измир-Анкара). Нејзиното настанување е реконструирано од повеќе истражувачи, кои неоспорно дале и различни мислења но во основа се сведуваат на најверојатно настанување на Вардарската зона кое треба да се поврзе со распаѓањето на Гренвилската Земјина кора, при што нејзиното дефинитивно вообличување во рамките на сегашните граници (според Арсовски и Думурџанов, (1995), е извршено веројатно за време на Алпската етапа.

Според постојните геолошки податоци, Вардарската зона од формирањето , па се до Тријас, има геосинклинален карактер. Целиот Палеозоик се карактеризира со таложење на геосинклинални формации. Не е доволно јасно како на овие простори се манифестирани херцинските орогени процеси, но несомнено е дека на еродираните палеозоиски површини во текот на Мезозоик во повеќе наврати доаѓа до возообновување на геосинклиналниот режим. Во Мезозоиската етапа, односно во текот на Тријас и Јура, во Вардарската зона, покрај седиментацијата доаѓа до интензивно втиснување на базичен магматизам кој е карактеристичен и за целото подрачје на внатрешните Динариди. Кон крајот на Јура, (после Титон), доаѓа до интензивна тектогенеза која го условила ликот на структурните форми на Вардарската зона (Арсовски и Петковски, 1975).

Преку целиот свој развој Вардарската зона се одликува со мошне висока подвижност и рифтен карактер, при што за време на Јура на нејзиниот простор се формирал рифт со развој на океански тип на Земјина кора. Со еднострана субдукција овој рифт се затворил кон крајот на Јура и почетокот на Долна Креда. Понатамошниот развој на Вардарската зона се карактеризира со сменување на екстензивните со компресиони движења, проследени со слегнување и издигнувања. Таквиот развој на постјурскиот период, како што истакнуваат Арсовски и Думурџанов (1995), веројатно е поврзан со колизионите процеси помеѓу Динаридите- Хеленидите и Карпато- Балканидите, при што фазите на компресија се манифестираат како орогени фази на набирање, имбрикација и навлекување, поготово кон запад. За разлика од нив, фазите на релаксација (екстензија), условувале формирање на трогови (креда, олиго- миоцен) и развој на терциерен вулканизам. На крајот на Еоцен, доаѓа до општо издигање и Вардарската зона се развива како континент заедно со останатите подрачја во РМ.

Треба да се потенцира, дека основното структурно – геолошко обележје на Вардарската зона го сочинуваа длабинските разломни структури и структурите на лушпење со општа ориентација ССЗ-ЈЈИ, реликтите на океанската кора (габрови, дијабази, спилити и мелафири) и ултрамафити (серпентинизирани ултрабазити), кои тектонски се втиснувани по должината на разломните структури од длабински карактер. Ова укажува на фактот дека во градбата на Вардарската зона значајно место заземаат офиолитските комплекси, продукт на Јурската океанска кора. Покрај габро-перидотитските комплекси доаѓа до појава на вулканогено-седиментни членови на офиолитите кои влегуваат во состав на дијабаз- рожната формација. Освен интензивно пројавениот базично-ултрабазичен магматизам, за време на Јурската тектоно- магматска активност (чии манифестации се забележуваат и во Долна Креда) доаѓа до интродуирање и на интермедијарна до кисела магма, која ги дала гранитоидните интрузивни комплекси, просторно распоредени претежно во Источните делови на Вардарската зона.

Следната маркантна тектоно-магматска етапа во еволуцијата на Вардарската зона е поврзана за периодот на неогените тектоно-магматски процеси кои довеле до создавање на бројните вулкански и вулканогено-интрузивни комплекси, просторно распоредени скоро на целото подрачје на Вардарската зона.

Во зависност од констатираните разлики во градбата на Вардарската зона, истата е поделена на три зони-интерна, централна и екстерна (Димитријевиќ, 1974), односно источна, централна и западна субзона (Иванов, 1987). Од аспект на создавање и просторен распоред на неогените, во прв ред полиметални оруднувања, посебно интересни се источната и западната субзона на Вардарската зона. Имено, посебна карактеристика на источната субзона на Вардарската зона претставува широкиот развој на Терциерниот калко-алкален магматизам чии продукти (андезити, латити, дацити, кварцлатити, риолити и нивните пирокластити) се просторно распоредени во контактните делови со Српско-Македонскиот масив. Затоа за овие вулканогено-интрузивни комплекси просторно и парагенетски се поврзани поголем број на неогени полметалични оруднувања, од кои посебно место заземаат наоѓалиштата на олово, цинк и бакар. Од структурен аспект, оваа субзона се карактеризира со нешто послаб интензитет на набирање на карпестите маси, но со присуство на маркантни разломни структури на навлекување чиј интензитет расте одејќи спрема централната субзона. За разлика од источната, западната субзона на Вардарската зона се карактеризира со плиоценска тектоно-магматска активност чии манифестации најдобро се изразени на терените на Кожуф и Козјак, односно на подрачјето на Кожуфската вулканска област. Со овој вулканогено-интрузивен магматизам просторно се поврзани значајни наоѓалишта и појави на антимон, арсен, талиум, злато, бакар и подредено олово и цинк.

За одбележување е дека Вардарската зона во текот на својата еволуција повеќе пати била отворана и затворана. Овие ендегени циклуси често биле придружувани со интензивни тектоно-магматски процеси кои довеле до создавање на бројни интрузивни и вулканогено-интрузивни комплекси, за кои просторно и генетски се поврзани значајни наоѓалишта на разновидни минерални суровини.

На крајот од овој кус преглед, на најбитните карактеристики на издвоените геотектонски единици, во РМ, сакаме да истакнеме дека сите погоре опишани единици, почнувајќи од Неоген се развиваат како копно, односно настапува континенталниот стадиум. Во првата фаза, според Арсовски и Петковски (1975), доаѓа до пенепленизација (зарамнување) на постојните форми, создадени со орогените процеси кон крајот на Палеоген-Олигоцен. Во втората фаза почнувајќи од Плиоцен настапува неотектонската етапа која ги создала основните форми кои се одразени во современиот релјеф. Планинските масиви се создавани како елементи на издигање, додека депресиите се подрачја кои релативно тонат.

Геохронолошките испитувања заедно со истражувањата на проблемите кои се однесуваат на потеклото на генезата на гранитските магми, се едни од најфундаменталните прашања кои биле решавани во изминатиот период (Александров и др., 1996).

Јурски гранитоидни стени се релативно доста застапени во Вардарската зона и се поврзани за субдукционите процеси кои се одвивале во горна јура и во долна креда. Овие гранитоиди, со поголеми и помали интрузивни тела претежно се локализирани во источната вардарска субзона, во појасот кој се протега од с.Лојане на север преку Куманово-Штип-Серта-Плауш-Градешки Планини и Фурка на југ, а поретко се јавуваат помали маси и во централната вардарска субзона. На овие простори гранитоидите ги пробива прекамбриските и старопалеозоиските метаморфити а наместа и јурските офиолитски стени, а преку нив трансгресивно лежат алб-ценомански-конгломерати. Како резултат на полифазно втиснување и магматска диференцијација јурските гранитоиди во Вардарската зона се претставени претежно со кварц-монзонити (адамелити), гранити, гранодиоритите и аплитоидните гранити.

Од овие гранитоиди во оваа фаза на истражувањето се направени одреден број на геохронолошки истражувања и добиените резултати се следните:

	K%	⁴⁰K s/s	⁴⁰Ag rad	⁴⁰Ag % atm	старост (Ma)
182	3.14	3.66×10^{-6}	0.0162	58	131
182-1	3.35	3.91×10^{-6}	0.0174	56	131.5
175	3.93	4.59×10^{-6}	0.0259	41	165
177	3.53	4.12×10^{-6}	0.0209	27	150

182,182 -1; гранити од Раброво

175 - гранити од Побрегово, во околината на Стојаково

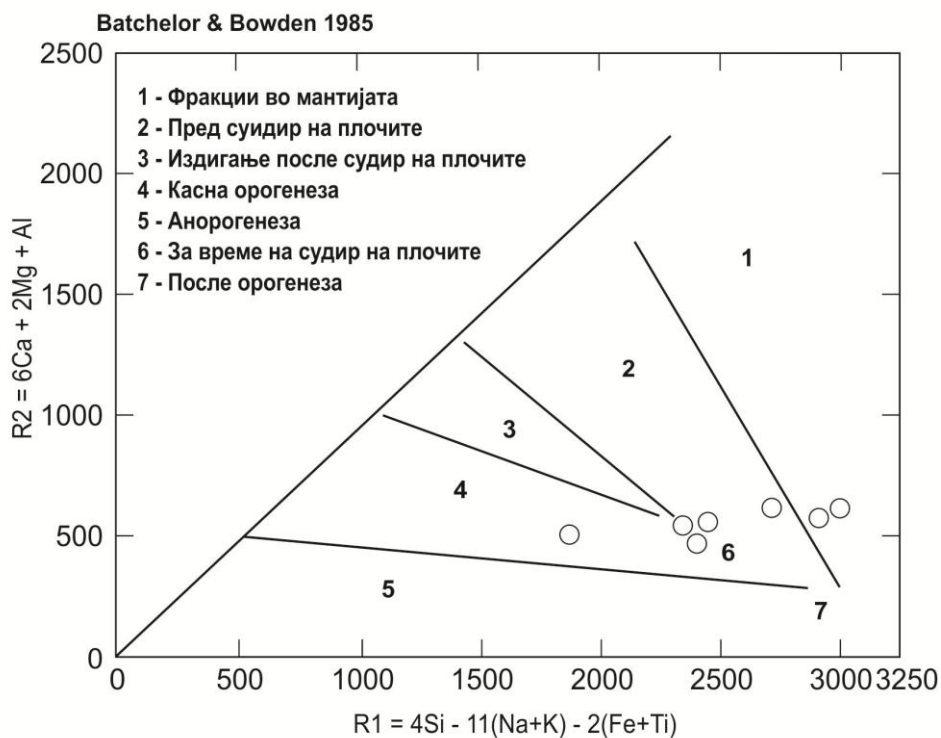
177 - гранити од Фурка

Табела 1. Старост на поедини гранити од Вардарската зона (K/Ag метода)

Table 1. Age of the some granites in the Vardar Zone (K/Ag metod)

Вардарски гранитоиди или гранитоидите на Вардарската зона се сместени во источната вардарска субзона во појас кој се протега од север кај село Лојане-преку Куманово-Штип-Серта-Градешки Планини-Фурка на југ, и во јужниот дел од централната вардарска субзона на потегот село Гурничет-Фанос (Грција). Овие гранитоиди ги пробиваат прекамбриските и старопалеозоиските стени и магматските членови од океанската кора на Вардарската зона (габровите и базалтите) а се јавуваат како материјал во базалните конгломерати на трансгресивниот алб-ценоман. Таквите контакти и изотопските старости (162 ± 3 Ma) добиени за гранитоидите на наша територија и во Грција (Фанос) ги одредуваат истите како средно до горнојурски, при што најкиселите реликтни диференцијати се втиснувале и во долна креда. Меѓутоа хемизмот на гранитоидите укажува на поврзаност на истите со процесите на формирањето на океанската кора на Вардарската зона. имено се смета дека по отварањето на океанската кора во долна јура кората се ширела се до пред крајот на догер кога отпочнал процес на затварање со еднострана субдукција кон СИ. Во горна јура се одвива процес на колизија која трае до долна креда.

Гранитоидниот магматизам кој почнал да се формира на крајот од субдукционите процеси со поголеми интрузии се манифестирал за време на колизијата, т.е. во горна јура и долна креда. Според хемизмот, овие гранитоиди се сместуват на дијаграмот во полето на сим-колизните гранитоиди со преоди во типови со мантиски материјал. (Сл. 4) (Александров, М., Боев, Б., Думурџанов, Н. и Лепиткова, С)



Слика.4. Однос на магматизмот и геотектонските процеси

Fig. 4. Relation to the magmatizmot and the geotectonic processes

5. ГЕОЛОШКИ КАРАКТЕРИСТИКИ НА ТЕРЕНОТ

5.1. Преглед на поранешните истражувања

Истражувањата на оваа локалност датираат уште од пред Втората Светска војна, каде имало истражни јамски работи поради појави на Си. Овие истражувања се вршени главно од странски компании и нивната документација не е сочувана. После завршетокот на војната испитувањата се обновени, но не се добиени поволни резултати.

Павловиќ С. (1940) зборува за појавите на Си во извештајот лист Струмица и Гевгелија. Двата извештаја за рудникот Казандол како и геолошката карта на поширокото подрачје на с. Казандол, во М = 1: 10000. Според него, овој терен е изграден од различни шкрилци, гранити и гнајсеви. Во шкрилците се најдени кварцни жици оруднети со пирит и халкопирит.

Туѓан Ф. (1940) дава кратки белешки за геолошкиот состав на теренот, а после Втората Светска војна, најголемиот број на податоци кои се добиени се однесуваат на разни рудни појави.

Донат М. (1950) дава извештај за бакарните појави во Македонија, а посебно за појавите кај Казандол и смета дека настанале исклучиво во доцната хидротермална фаза. Според него оруднувањето е поврзано со младата тектоника.

Шумахер Ф., Стиер К. и Пфлатц Р. (1950) даваат податоци за распределбата на рудните наоѓалишта во Вардарската зона и Балканскиот полуостров.

Новиков П. и Кович Ј. (1955) даваат извештај за извршените истражни работи.

Мајер В. и Карамата С. (1958) прават детален микроскопски опис (со силикатна анализа) на гранитот од Подбрегово, а првиот автор во истата година го опишува кварц-латитот (деленит) од Голема Чука кај Стојаково.

Иванов Т. (1958) дава кратки податоци, а во 1961 сумарен извештај за фелдспатските жици помеѓу Валандово и Пирава, во кој се опфатени и оратофир-кератофирите кај с. Ѓавато.

Ивановски Т. (1963) во рамките на толкувачот за листот Гевгелија дава исцрпна геологија на теренот каде што припаѓа и локалноста Казандол. По негово мислење, теренот е изграден од Фурка-гранити, порфиробластични гнајсеви, биотитски гнајсеви и пироксенско-амфиболитски шкрилци.

Последните истражувања на локалноста Казандол биле вршени во периодот од 1967- 1968 год., при што особено внимание му беше посветено на истражувањето на геолошката градба и минералошко-петрографските карактеристики на стенските маси (Радовиќ Н., Стојановиќ М., Трудови на Геолошки Завод на СРМ, св. 15, 1971-72).



Слика 4. Стари истражни работи на локацијата Казандол

Fig. 4. Old adit

5.2. Геолошко-структурна градба на теренот

Во геолошката градба на пошироката околина на рудното наоѓалиште Казандол влегуваат карпи од прекамбриска старост, метаморфни карпи од Стар Палеозоик, мезозојски Фурка-гранити, кварцни и безкварцни порфири и делувијално алувијални седименти од Квартерна старост (Слика бр.5).

- **Прекамбриум**

Во прекамбриумот се издвоени карпи кои припаѓаат на две посебни геотектонски единици - Вардарската зона и Српско-Македонскиот Масив.

Порфиробластични гнајсеви (G) Претставуваат зона со максимална широчина од 1.5 км, со правец на протегање ССЗ-ЈЈИ. Тоа се карпи со жолтеникава боја, компактни, масивни и со слабо изразена фолијација и линеација, крупнозрнести до среднозрнести, со гранобластична до порфиробластична структура. Главни состојки на овие карпи се фелдспат, кварц и биотит. Порфиробластите на ортокласот вклопуваат кварц, плагиокласи и други состојки. Како акцесорни состојки се јавуваат циркон, апатит и стауролит. Овие карпи на површината се распаднати, но не подлабоко од 5м. Не се тектонизирани. Нивната дебелина изнесува околу 750м.

Ситнозрни биотитски гнајсеви (Gb) се јавуваат во две одделни зони кои се протегаат западно и источно од Фурка гранитот. Тоа се темно сиви карпи со шкрилеста и тракаста текстура, во кои има присуство на фелспат, кварц и биотит. Претежно се ситнозрни, со честа појава на аплитски жици. Изградени се од ортоклас, плагиоклас, кварц и биотит, а се јавуваат и стауролит, лимонит и металични зрна. Структурата им е грнобластична, поретко порфиорбластична, катакластична и лепидобластична. Во овие гнајсеви се констатирани тенки прослојки и леќи од амфиболско-пироксенски шкрилци, како и циполини и мермери. Дебелината на гнајсевите изнесува околу 1200м. Многу се распаднати (до длабина од 10м) особено партиите обогатени со биотит како и тектонизираните партии, со многу прслини и пукнатини.

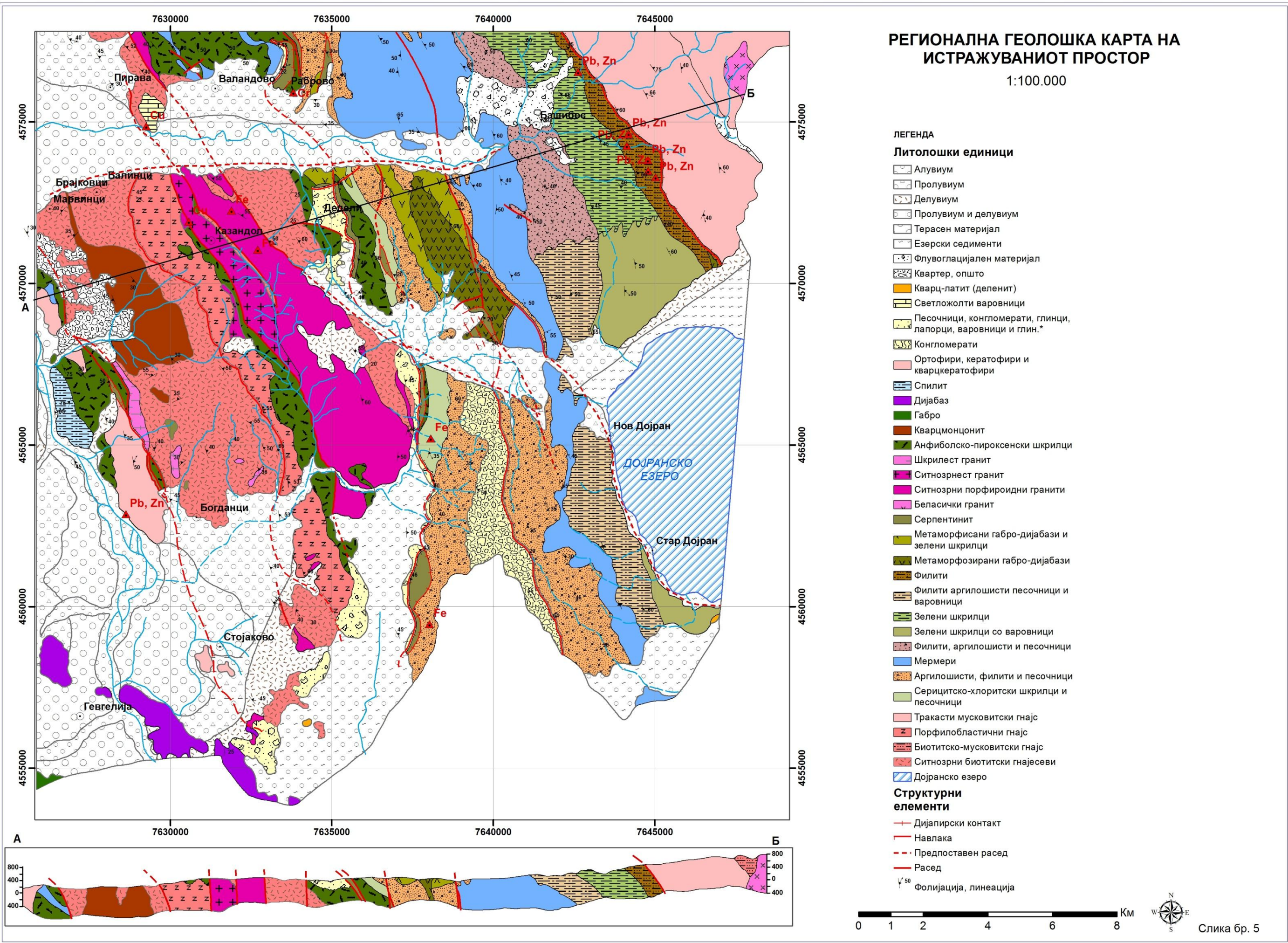
- **Стар Палеозоик**

Стариот Палеозоик лежи трансгресивно врз порфиорбластичните гнајсеви и врз ситнозрните биотитски гнајсеви.

Амфиболско-пироксенски шкрилци (Samru) се јавуваат во неколку локалности и тоа помеѓу селата Грчиште и Ѓавато, по Казандолски и Фурка поток, северно од Валандово, како и источно и западно од с. Дедели. Во оваа група на карпи најзастапени се амфиболитските шкрилци, потоа амфиболско-пироксенските шкрилци, различни песочници, епидотско-хлоритско-актинолитските шкрилци, метаморфисаните дијабази, спилити, мермери, кварцните шкрилци, филитомикашистите, филитите и др. Тие се составени од амфибол, моноклиничен пироксен, плагиоклас, свен и серцит. Бојата е зеленикава, доста ситнозрната и шкрилеста. Структурата на овие карпи е гранобластична со делумни карактеристики на шкрилеста структура.

РЕГИОНАЛНА ГЕОЛОШКА КАРТА НА ИСТРАЖУВАНИОТ ПРОСТОР

1:100.000



Слика.5. Регионална геолошка карта на истражуваниот простор
Fig. 5. Regional geological map of the exploration area

Серцитско-хлоритски шкрилци и песочници (Ssec) лежат преку хоризонтот на амфиболско-пироксенските шкрилци. Од амфиболско-пироксенските шкрилци се разликуваат со својата посветла боја и поситнозрнест состав. Тоа се карпи со светлозелена боја. Кај песочниците, покрај светлозелена боја се забележуваат и нијанси на сиви бои. Серцитско-хлоритските шкрилци се изградени од кварц, и во голема мера се јавуваат серицит и хлорит. Дебелината им изнесува околу 360м.

Аргилошисти, филити и песочници (ArF) доаѓаат преку хоризонтот на серцитско-хлоритските шкрилци. Многу се трошни и лесно се распаѓаат на површина. Се протегаат во правец ССЗ-ЈЈИ. Во профил се гледа честа вертикална промена на литолошките членови (филити, аргилошисти и песочници). Структурата им е псамитска. Се состојат претежно од зрнца на кварц и многу ретки зрна на плагиоклас. Цементот е силициско-глиновит, во која се среќава, некаде повеќе, некаде помалку серцит. Вкупната дебелина на овој хоризонт изнесува околу 850м.

Мермери (М) лежат нормално преку хоризонтот со аргилошистите, филити и песочници со остар премин. Се протегаат ССЗ-ЈЈИ. На целото простирање тоа се шкрилави, тракасти, разнобојни мермери. Доминират белите, но покрај нив се сретнуваат сивобели, црвеникави, сивосини и сиви. Нивната дебелина варира од 50м до 400м.

Филити, аргилошисти и песочници со варовнички шкрилици и мермери/Филити, аргилошисти и песочници (Far) лежат преку мермерите. Поголемиот дел е изграден од филити, кои имаат свилест сјај. Бојата им е сива, темносива, со слабо зеленикава нијанса. Се состојат од кварц, лискун и серцит. На второ место доаѓаат аргилошистите, кои имаат сличен состав како и филитите, но се без сјај. Песочниците се финоситнозрнести и ситнозрнести, повеќето кварцни, но се среќаваат кварцносерцитски. Во јужните делови покрај наведените карпи се среќаваат и карбонатни шкрилци и мермери. Дебелината на филитите, аргилошистите и песочниците изнесува околу 700м.

Зелени шкрилци (S) лежат преку хоризонтот на филити, аргилошисти и песочници, со јасно видлив и остар премин. Се протегаат во правец ССЗ-ЈЈИ. Почнуваат од Лазар, преку Ајди Таш, Бајрам Тепе, селото Башибос, с.Органџанли, Курилец се јавуваат кај Стар Дојран, може да се следат до караулата на Стар Дојран, каде повторно тонат под кварталниот покривач. Овој хоризонт е изграден претежно од зелени шкрилци, покрај нив се јавуваат и амфиболски, хлоритски, серицитски, актинолитски, епидотски, цоиситски и нивните премини, се јавуваат аркозии на кварцни песочници, ретко филити, прослојки и леќи од мермер. Дебелината на овој хоризонт изнесува околу 1200м.

Метаморфисани габро-дијабази ($v\beta\beta$) се сретнуваат среднозрнести и ситнозрнести вариетети, со шкрилава текстура. Големината на минералните состојки многу варира. Степенот на метаморфозата е висок, поради што е тешко да се каже дали се во прашање метаморфозирани габрови или дијабази. Изградени се од плагиоклас и најчесто амфибол, а има и такви примероци кои содржат пироксен. Сите состојки се изменети и тоа плагиокласите делумно или наполно алтерисани-сосиеритисани. Обоените состојки се уралитисани и лимонитисани.

Метаморфисани габро-дијабази и зелени шкрилци ($v\beta\beta S$) се сретнуваат помеѓу селата Собри и Ѓопчели како ореол околу метаморфисаните габро-дијабази, се јавуваат појако метаморфирани зелени карпи, со кои се сменуваат филитите, варовничките шкрилци и мермерите. Зелените карпи се претежно финозрнести, најчесто со шкрилава текстура. Микроскопските испитувања покажаа дека минералните состојки се многу изменети и тешко се одредуваат, се сретнуваат јадри зрна од хорнбленда. Ситнозрната маса како резултат на овие измени е изградена од хлорит, епидот, актинолит, каолинска материја и серцит.

Серпентинит (Se) ги следат големите тетонски линии. Посебен тип претставуваат серпентинитите кои се јавуваат во биотитските гнајсеви, североисточно од селото Ѓавато. Серпентинитите се наполно изменети перидотити. Во нив само ретко се јавува реликтна структура. Бојата им е црна, темнозелена до средно зелена. Често се многу здробени и лимонитизирани. Милонитизираните серпентинити имаат глатка површина која е талкизирана. Позначајни се Злешево-Валандово (Раброво), потоа во вид на проби Морач (Иберли) или пак во вид на ксенолити, што е случај во гранитите. Воглавно претставуваат серпентинизирани дунити, харцбургити, лерзолити и др. Серпентинизацијата на дунити, харцбургити и лерзолити е резултат на аутометаморфни процеси како и дополнителни хидротермални процеси (Иберли) како резултат на што се јавуваат многу дајкови и жици на аплити, пегматити и појави на рудни тела на азбест. Во подрачјето на Раброво со ултрабазитите е поврзана појавата на хром, додека на подрачјето на Иберли појавата на азбест. При серпентинизацијата на оливинот се издвојува магнетит. Од акцесорните состојки најчесто се среќава хлорит.

Лимонитизацијата е честа појава на серпентинитот.

Среднозрнести порфиرويدни гранити (γ) - Внатрешната структура на овие гранити не е еднородна и во нив се забележуваат повеќе структурни и минералоски вариетети. Како битни минерали се јавуваат плагиокласи (30%) ортоклас, микроклин и кварц а од споредните биотит. На многу места на контактот со карбонатните карпи, ликвационите диференцијати на овие гранити образувале скарнови и скарноиди со кои често е поврзано и оруднување. Во овие гранити како анклавии на повеќе локалитети се јавуваат амфиболити. Изградени се од хорнбленда која се јавува во вид на зрна со различна големина и во неправилни форми, често вклопувајќи поикилитски зрна на плагиоклас, кои се зафатени со процес на каолинизација и калцитизација, а на места хорнблендата се јавува како секундарен минерал. Исто така во овие гранити се јавуваат две тела на серпентинизирани перидотити со доста висок степен на серпентинизација, каде првобитниот перидотит е наполно претворен во серпентинити. Составени се од игличест, влакнест хризотил на серпентин и мали наголемувања на магнетит во вид на ситни зрна. Хромитот се јавува како акцесорна состојка, а во јако испуканите делови се јавуваат и иглички азбест.

Ситнозрнести гранити (γ) – за разлика од претходно опишаните гранити, ова се поситнозрнести масивни карпи со жолтеникаво-розова боја. Имаат хипидиоморфно зрнеста или катакластична структура која е условена со дополнителни тектонски движења. Изградени се од кварц, ортоклас, плагиокласи и биотит. Од секундарните состојки присутни се хлорит, серицитот, каолинот и лимонитот.

Шкрилави гранити (γ) - По боја се сиво жолтеникави до сиворозеви. Составени се од розе обоени крупни фелдспатски зрна и кварц. Обоените состојки обично се изменети. Ретко се забележуваат поситни лушпи на биотит. Структурата им е порфиروبластична и милонитска. Овие гранити се доста хидротермално изменети, при што фелдспатите се каолинизирани и серицитизирани, а обоените состојки се хлоритизирани или лимонитизирани. Во контактните делови со мермерите биле изложени на извесно дробење поради што се претворени во милонити и катаклазити. Во литературата се сретнуваат различни мислења за староста на гранитите.

- **Мезозоик**

Мезозоикот на ова подрачје е претставен исклучително со магматски карпи, а сосема незначително со седиментни карпи. Така овде се издвоени: серпентинити, спилити и ортофири, кератофири и кварцкератофири.

Кварцмонцонит ($\xi\delta\eta$) тоа е цврста и компактна карпа, по боја е сива со наместа јасно кугласто распаѓање. Најголем простор зазема на Поган и постепено се стеснува во северозападен правец, така што се јавува како тесен појас помеѓу селата Марвинци и Балинци. Структурата на кварцмонцонитот е хипидиоморфно зрнеста. Се забележува покилитско вклопување на амфибол во фелдспатите. Изградени се од плагиоклас, ортоклас, анфибол, биотит и кварц. Како споредни состојки се јавуваат свен, апатит и магнетит. Плагиокласите се хипидиоморфно развиени. Анфиболот се јавува во идиоморфни и хипидиоморфни зрна. Кварцмонцонитот контактира само со ситнозрнестите биотитски гнајсеви кои ги пробива како конкордантно така и дискордантно.

Спилити ($\beta\beta\alpha\beta$) многу се слични на дијабазите. Се разликуваат во текстурен и структурен поглед. Спилитите често имаат калцитски мандоли (мелафири). Мандолите можат да бидат исполнети, освен со калцит, хлорит и кварц. Најчесто се испукани, здробени и доста лимонитисани. По пукнатините се јавуваат жилички од калцит и хлорит.

Ортофири, кератофири и кварцкератофири ($\eta\eta\eta$) се јавуваат околу селото Грчиште, северозападно од Врв, на Падарница и западно и југозападно од с.Стојаково. Се јавуваат заедно и помеѓу нив не постои остра граница. Премините се постапни, се јавува и асимилација на кератофирите и кварцкератофирите во ортофири. Се добива впечаток дека ортофирите подоцна се излиле, бидејќи вклопуваат кератофири и кварцкератофири во општата маса. Ортофирите се ситнозрни карпи, црвеникаво обоени, со наместа порфирска структура. Порфирските зрна се од албит, ортоклас и кварц, поретко санидин. Основната маса е ситнозрнеста-фелизитска. Изградена од алкален фелдспат и кварц, малку серицит и хлорит. Бојата на кератофирите е зеленикава, но е посветла од дијабазите и спилитите. Се среќаваат партии кои имаат црвеникава или светлосива боја. Основната маса е изградена од стапчести плагиокласи, хлорит, калцит, магнетит и лимонит. Во некои примероци има фенокристали од амфибол, но тие се хлоритисани или само ретко сочувани. Кварцкератофирите имаат исти состав како кератофирите, само што во нив, како основна маса така и како фенокристали се јавува кварц. Кварцкератофирите се јавуваат западно од с.Казандол и во потокот Казандол, а кератофири југоисточно од с.Балинци.

- **Кенозоик**

Кенозоикот во истражуваното подрачје е претставен со терциерни и квартерни наслаги. Терциерните творевини во однос на кварталните се повеќе застапени и тоа со палеогени седименти – горен Еоцен и плиоценски творевини.

Палеоген

Овие седименти застапени се во СЗ дел на теренот и тоа вдоль ЈЗ падини на Конечки Планини, а претставени се со конгломерати и флишни седименти.

Конгломерати (E₃?) по боја се сиво-црвеникави, во јужниот дел масивни, во северните делови банковити до плочести. Составени се од разновидно заоблени валутоци, кои имаат различна големина, и тоа од големина на орех до 0.5м. Застапени се валутоци од црвеникави конгломерати и песочници, кварц, гнајс, гранит, дијабаз, гарбро, кварцни шкрилци, а поретко се сретнуваат валутоци од серпентинит.

Песочници, конгломерати, глиници, лапорци и варовници (E₃) овие седименти се претставени со црвени песочници, конгломерати, со сиви и жолтеникави песочници, глуждливи варовници, варовници, лапорци како и шарени глини. Наизменичното сменување на црвените песочници и виолетовите глиници со сивите песочници и сивобелите глуждливи варовници им дава шарен изглед со доминантна виолетова нијанса. Помеѓу селото Рабово и рудникот Рабово, во потокот опишаните седименти добро се откриени. Кугластото распаѓање е честа појава на песочниците.

- **Квартер**

Плеистоцен

Флувогацијален материјал (fglQ₁) се јавува помеѓу селата Прстен, Булунтулија и Башибос. Се состои од парчиња со различна големина, помешани со ситен глиновит материјал. Во него има парчиња од гнајсеви, гранити и кварц, а помалку од палеозојски шкрилци. Дебелината е различна, на некои места достигнува и преку 30м.

- **Холоцен**

Терасен материјал (t) тоа е најниската тераса која е извоена во долината на Вардар, Луда Мара и Коњска Река. Се состои од чакал и песок, а помалку од суглини.

Делувиум (d) тоа е најниската тераса која е издвоена во долината на Вардар, Луда Мара и Коњска Река. Се состои од чакал и песок, а помалку од суглини.

Пролувиум (pr) издвоен е на работ на Вардар, Анска и Гевгелиска река. Сите реки, освен Вардар, имаат пороен карактер, така што за време на силни дождови носат огромен материјал, кој го депонираат на работ на котлините.

Алувиум (al) е издвоен во долината на Вардар, Луда Мара и Поганска Река. Составен е од чакал и песок.

5.3. Тектоника

Рудната појава Казандол во тектонска смисла е сместен во Вардарската зона, а во неа можат да се издвојат три структурни ката:

- *Прекамбриски структурен кат*

- *Херцински структурен кат и*

- *Алпски структурен кат.*

Прекамбриски структурен кат

Во Вардарската зона во поширокиот дел од истражуваниот терен се издвојува Богданската антиклинала. Оваа антиклинала се наоѓа во централниот дел на Вардарската зона, на површина од 150-200 км². Североисточното крило на оваа структура е изградено од ситнозрнести биотитски гнајсеви, кои се пробиени со гранити. Во оваа крило карпите се деформирани и нивните планари генерално паѓаат кон СИ со елементи на пад 53/42. Кон СЗ од оваа крило се покриени со квартерни седименти. Југозападното крило на оваа структура е изградено од биотитски гнајсеви, пробиени со кварцмонзонит. Јадрото на оваа антиклинала е изградено од порфиробластични гнајсеви. Во централниот дел на оваа структура се протега една крупна лушпа(краѓушт). Во неа се навлечени порфиробластичните гнајсеви од јадрото врз ситнозрнесестите биотитски гнајсеви од ЈЗ крило. Оваа лушпа има различна широчина, а ЈИ од с.Брајковци прави лак. Падниот агол на рамнината варира од 40-60⁰ степени со пад кон СИ. Оваа тектонска зона е многу јасно изразена, а според микроскопските проучувања, карпите вдоль неа се типично катаклазирани. Источниот дел на јадрото е издигнато во однос на западниот дел по вертикален расед, така што гранитите се доведени во контакт со палеозојските шкрилци. По долината на потоците на Казандол и Фурка се гледа расед по кој гранитите се доведени во контакт со палеозојските шкрилци.

Херцински структурен кат

Во херцинско структурен кат се вклучени карпи од стар палеозоик, кои генерално го чинат источното крило на споменатата прекамбриска антиклинала. Оваа антиклинала, како што е денес, создадена е во средниот структурен кат и структурните творби од прекамбриум се преработени во толкава мера, што чинат една целина. Оската на оваа крупна структура како и оските на второстепените

бори од источното и западното крило имаат протегање ССЗ-ЈЈИ. Западното крило на антиклиналата, покрај биотитски гнајсеви, изградено е и од палеозојски шкрилци. Во почетокот на орогенезата веројатно дошло до интудирање на перидотити, а во завршната фаза и до интрузија на гранитска магма. Споменатите два раседа до долниот структурен кат повторно се активирани и по нив е вршено пробивање на гранитска магма.

Алпски структурен кат

Во алпскиот структурен кат можат да се издвојат три подката- долен, среден и горен.

Долниот структурен подкат почнува со мезозојските творби, со формирањето на мезозојската геосинклинала во Вардарската зона. Почетокот на образување на оваа геосинклинала бил следен со слаби изливи на базична магма, додека основната маса на ефузивите и интрузивите е створена во завршната фаза на орогенезата и тоа веројатно кон крајот на Јура. Тогаш интудирале габроидната и кварцмонцонитската магма, следени со нивните ефузивни еквиваленти.

Средниот структурен подкат веројатно почнал и завршил во Горен Еоцен. Во почетокот на Горен Еоцен по средината на теренот бил створен тесен гребен, во кој навлегло море. При крајот на Горен Еоцен овие седименти се интензивно деформирани, при што се формирани лушпи (карљушти).

Во горниот структурен подкат доаѓа до израз радијалната тектоника која е напречна во однос на поранешните структури. Се претпоставува дека во некои од грабените под кварталот има неогени седименти, што досега не е докажано. Со овие движења се створени неколку гребени и тоа Валандовски, Граничански, Дојрански и Богдански, додека Селемлискиот бил предиспониран во палеогенот и како таков продолжил да егзистира и до денес.

Со раседите образувани до горниот структурен подкат теренот бил поделен на повеќе речиси паралелни блокови. Со најмладата тектоника, која е скоро попречна на досегашната, ги распарчува блоковите уште повеќе, така што денес на теренот имаме мозаик од блокови со различна големина.

6. ГЕОЛОШКИ КАРАКТЕРИСТИКИ НА НАОЃАЛИШТЕТО КАЗАНДОЛ

Рудната појава Казандол се наоѓа во југоисочна Македонија, на околу 4km јужно од градот Валандово, во непосредна близина на с.Казандол. Теренот ги има сите одлики на ридско подрачје и просторно припаѓа на јужните падини на планината Плауш, а во геотектонски поглед се наоѓа во Вардарската зона.

6.1. Геолошка градба на наоѓалиштето

Во геолошката градба на овој терен влегуваат метаморфни карпи од прекамбриска старост, како и метаморфни карпи од стар палеозоик и мезозојски гранити (тип Фурка), кварцни и безкварцни порфири (Слика бр.6).

Прекамбриум (А) - Претставен е со порфиробластични гнајсеви и дволискунско-кордиеритски гнајсеви.

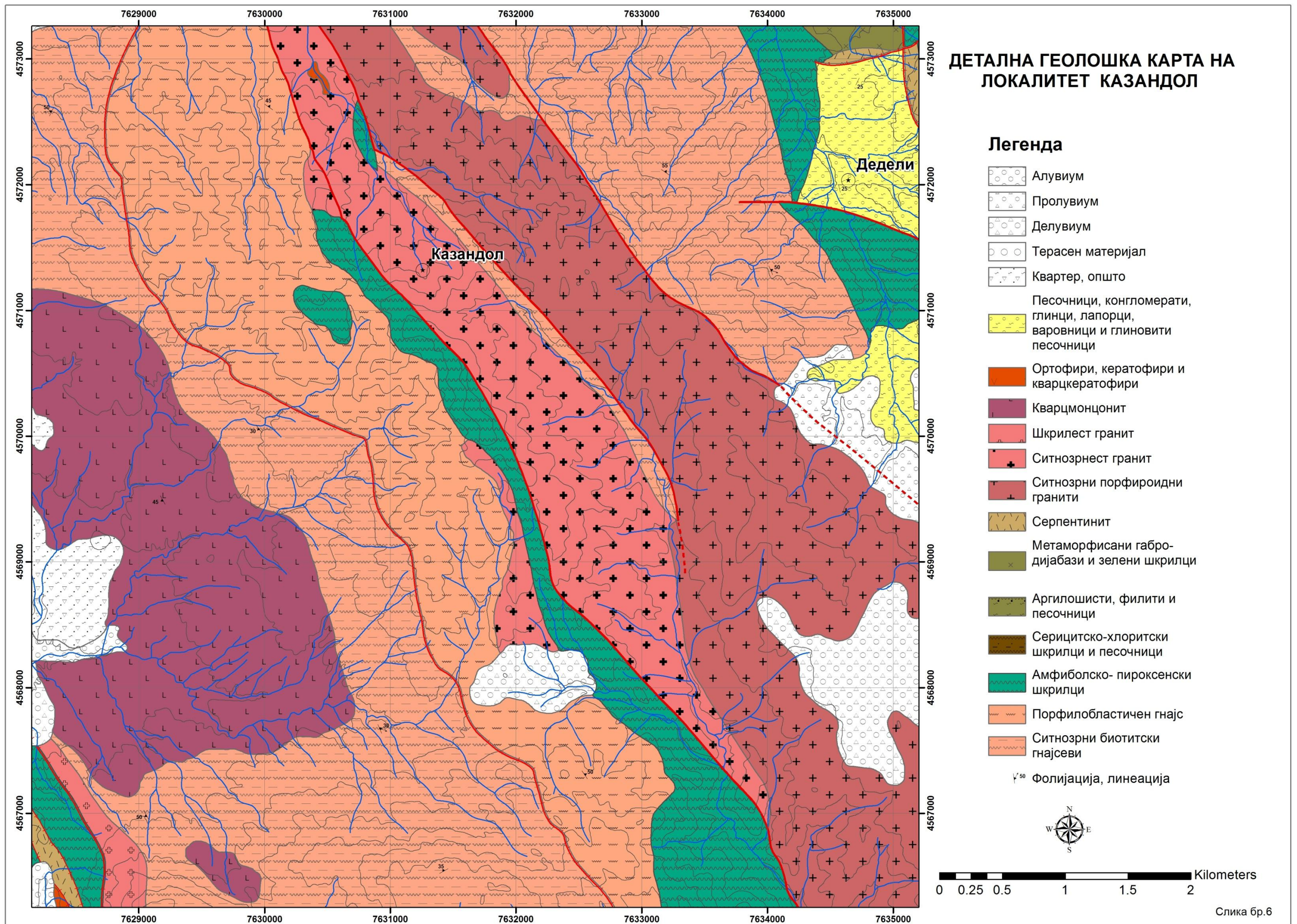
Порфиробластичните гнајсеви (G) го зафаќаат крајниот западен дел на теренот. Тоа се карпи со жолтеникава боја, компактни, масивни и со слаба шкрилавост на карпите. Имаат гранобластична и порфиробластична структура. Порфиробластите се обично крупни ортокласови зрна ($-2V=70^{\circ}$). Останатите минерални состојки во карпите се: кварц, ортоклас, плагиоклас, биотит, мусковит и ретко кордиерит.

На повеќе места во гнајсевите се констатирани прослојки на биотитско-кордиеритски гнајсеви кои претставуваат цврсти, шкрилави карпи со дебелина од неколку метри. По боја се темно зелени до црни, со окцесто-шкрилеста текстура. Окцата се изградени од ортоклас, плагиоклас и кордиерит, а помеѓу нив се наоѓаат биотитски лушпи заедно со ситнозрнест кварц.

Дволискунско-кордиеритски гнајсеви (Gmbco) се јавуваат во вид на една зона која се протега по долината на потокот Јурт-Дереси, па преку Армут-Тепеси до јужно од с.Казандол, а и понатака кон Богданци.

Овие карпи обично имаат темно-сива боја, доста се цврсти, со изразено нагласена шкрилавост. Тексурата им е окцеста, а структурата порфиробластична до гранобластична. Поретко се среќава и катакластична структура, која ги следи тектонските зони.

Изградени се од мусковит, биотит, ортоклас, плагиоклас, кварц и кордиерит. Ваквата минерална асоцијација одговара на средно до високо температурна фација на надворешни контактни зони. Овде е карактеристична појавата на кордиеритот, кој се јавува во вид на порфиробласти. Тие се препознаваат главно по нивните продукти на алтерација: пинит, мусковит, биотит, како и изотропна жолто-мрка материја, која е микроскопски неодредлива.



Слика.6. Детална геолошка карта на локалитетот Казандол
Fig. 6. Detail geological map of the Kazandol site

Во контактниот дел со гранитите, во овие карпи (по рамнините на фолијација) се среќаваат инјектирани аплитски жици. Исто така има и кварц-порфирски жици кварц-порфири со приближен правец на протегање С-Ј, кои дијагонално ги сечат гнајсевите.

Во потокот Јурт-Дереси, во овие гнајсеви се истакнува зоната на силификувани партии, интензивно пиритизирани, чија моќност изнесува околу 30м.

Староста на дволискунско-кордиеритските гнајсеви, како и на порфиробластичните гнајсеви, не е со сигурност утврдена. Тие се условно со прекамбриска старост. По однос на нивното потекло т.е. дали се орто или пара карпи, сметаме дека постојат извесни елементи кои би придонеле за решавање на ова прашање.

Дволискунските кордиеритски гнајсеви содржат прослојки од траки и леќи на мермери, како и реликти од псамитски седименти, што секако зборува дека се работи за пара-карпи. Порфиробластичните гнајсеви структурно и текстурно се разликуваат од дволискунско-кордиеритските, иако се минералошки слични. Порфиробластичните гнајсеви понекогаш покажуваат сличност или блискост со гранитите, што укажува на нивно можно гранитско потекло, т.е. дека се орто-карпи.

Палеозоик (Pz) - Претставен е со серицитско-хлоритски шкрилци.

Серицитско-хлоритските шкрилци (Se) се јавуваат во една зона која го зафаќа најјужниот дел. Имаат сиво-зеленкаста боја, со јасно изразена шкрилавост. Изградени се од кварц, хлорит, мусковит и серицит. Структурата им е микролепидобластична, катакластична до милонитска. Во пределот на серицитско-хлоритските шкрилци се наоѓаат зони на хидротермално изменети и силификувани шкрилци. Најзначајната од нив се наоѓа во близина на локалитетот Поповец, и истата може да се следи на околу 300x50м со правец на протегање ССЗ-ЈЈИ. Таа се карактеризира со присуство на пирит, поретко халкопирит, како и малахит и азурит.

Староста на серицитско-хлоритските шкрилци не е точно одредена поради отсуството на фауна, но условно можеме да ги сметаме како старо-палеозојски.

Од досегашното излагање за метаморфните карпи од наоѓалиштето Казандол, може да се каже дека тие се зафатени со регионален метаморфизам. Порфиробластичните и дволискунско-коридеритските гнајсеви по својата минерална асоцијација и припаѓаат на амфиболитската фазија, која се карактеризира со високи хидростатички притисоци и со температури помеѓу 400-500°.

Карпите од стариот палеозоик, односно серицитско-хлоритските шкрилци и одговараат на фазијата на зелените шкрилци од регионалниот метаморфизам со ниски хидростатички притисоци и температури од 100-250°.

Мезозоик (Mz) - Претставен е со магматски карпи и тоа со гранити од типот Фурка како и кварцни и безкварцни порфири, кварц-кератофири и кератофири.

Гранитите (γ) се поделени на два типа врз основа на нивните текстурни и структурни одлики, и тоа на:

- порфиرويدни монзонит-гранити (среднозрнести)
- ситнозрнасти монзонит гранити.

Порфиرويدните монзонит-гранити (γJ) се наоѓаат во СИ граничен дел на картираното подрачје. Тоа се среднозрнести, компактни и масивни карпи со сиво-розова боја. По површинските делови се грусирани, поради што добиваат жолтеникава боја. Прилично се распукани со пукнатини во различни правци (најмалку три системи на пукнатини).

Структурата им е алотриоморфно зрнеста до порфиرويدна. Изградени се од кварц, ортоклас, плагиоклас, поретко мусковит, биотит, како и секундарен хлорит, серицит и каолин. Акцесорни состојки се циркон, апатит и магнетит.

Кварцот се јавува во доста ситни агрегати, изградени од ксеноморфни облици кои ундулаторно потемнуваат.

Ортокласот ($-2V=69^\circ$) обично се јавува во покрупни зрна во однос на другите минерални состојки, што донекаде условува порфиرويدна структура. Обично содржи уклопци од кварц, плагиоклас и биотит. Зрната се скоро редовно зафатени со послаба или појака каолинизација. Плагиокласите (со-16% ап и $2V=78\%$) се јавуваат хипидоморфно развиени, често зонарни градени. Близнети се најчесто по албитски закон. Според времето на кристализација, плагиокласите се постари од ортокласот, така што се понекогаш видливи осамени зрна на плагиокласи вклопени во крупните зрна на ортоклас. Инаку, плагиокласите се во поголема мера зафатени со измена во секундарни продукти. Најчесто со алтерација се опфатени централните делови на зрната, за разлика од работ кој е свеж.

Фемските минерали се претставени со биотит кој преоѓа во хлорит и поретко мусковит. Тие се мошне ситно листести, а сконцентрирани се во гнезда или траки.

Во овие карпи помалку или повеќе се забележуваат зрна на кордиерит, кој е типичен контактен минерал. Зрната имаат најчесто неправилен, а поретко четвороаголен или шестоаголен облик, и се усмерени во паралелни низови. Изменети се во ситнолистест серицит и хлорит, т.н. пинит.

Ситнозрнестите монзонит-гранити (γJ) го зафаќаат средишниот простор на истражуваното подрачје. За разлика од претходно опишаните гранити, ова се поситнозрнести масивни карпи со жолтеникаво-розова боја. Имаат хипидоморфно зрнеста или катакластична структура која е условена со дополнителни тектонски движења.

Изградени се од кварц, ортоклас, плагиоклас и биотит. Од секундарните состојки присутни се хлоритот, серицитот, каолинот и лимонитот.

Кварцот е ситнозрн и покажува интензивно ундулаторно потемнување.

Ортокласот се јавува во зрна со неправилни облици и е претежно каолинизиран. Вклопува ситни зрна на плагиокласи и поретко кварц како последно искристализиран.

Плагиокласите се обично хипидоморфно развиени, зонарни и интензивно изменети во серицит и сосема ретко каолин.

Фемските минерали се доста слабо застапени, а преставени се со неполно хоризонтал и лиски на биотит и ретко мусковит.

Врз основа на прикажаните резултати, гранитите припаѓаат на типични кисели карпи со преку 70% SiO_2 . Релативно сиромашни со феромагнетски оксиди и CaO . Односот на $\text{or} : \text{pl}$ по CIPW – параметрите се движат во границите кои според А. Yohannsen важат за монзонит-гранитите (т.е. од 0,66-1,38).

Кварцни и безкварцни порфири (X) се среќаваат на повеќе места на теренот во вид на жици и пробои со различни димензии. Се излеваат обично по тектонските линии со правац ССЗ-ЈЈИ, пробивајќи ги карпите од прекамбиум, стар палеозоик и гранитите. Се претпоставува дека староста им е од горна јура, а претставуваат еквиваленти на гранитска магма.

Макроскопски се компактни карпи со жолтеникава или сиво-розова боја. Имаат масивна текстура и се афанатични.

Структурата им е јасно порфираска, претежно олигофирска. Фекосталите се ортокласи ($-2B=70^\circ$) и плагиокласи (од 6-20% an и $2B=69^\circ$).

Основната маса на карпата е сферолитна, со кварцно-фелдспатски сферолити кои имаат различна големина. Во сферолитите се вклучени ситни игличести микролити.

Според хемизмот, овие карпи припаѓаат на натриска магма, во алкално-гранитската група. Богати се со алкалии, калиумот е зголемен, веројатно поради присуството на биотит.

Магматски карпи

Дијабази - Се јавуваат јужно од котата Тарла Тепе, помеѓу гнајсевите и серијата на амфиболитски шкрилци и мермери. Имаат СЗ-ЈИ протегање. На контактот со мермерите се наоѓаат карбонатно-лимонитни бречи, а на контактот со гнајсевите извршена е силификација и фелдспатизација. На одделни места во дијабазите се наоѓаат аплитонидни жици, чија што дебелина изнесува 0.5м како и жици од кератофири.

Дијабазите се цврсти карпи, со масивна текстура. Имаат неправилна мрежа на пукнатини, во која преовладуваат пукнатините со СЗ-ЈИ правец. Истите се исполнети со хлоритска материја. На местата содржаат ситни импрегнации на пирит.

Имаат офитско-порфирска структура, со вкрстени ситни кристали на плагиоклас, чиј меѓупростор е исполнет со амфиболи (хорнбленда).

Фенокристалите на амфиболите се ситни и чести, а нивната големина се движи од 1 до 1.5мм. Зелено се обоени, и се идиоморфни или хипидоморфни. Најчесто се јавуваат во карактеристичен ромбичен облик или хексагон, со два система на цепливост, чиј што агол помеѓу нив изнесува 124° .

Кератофирите се јавуваат како жични пробои во дијабазите. Дебелината на овие жици достига и до 1м. Тоа се доста цврсти, финозрнести карпи, со сиво-жолтеникава до жолтеникаво-розова боја, со масивна текстура.

Под микроскоп покажуваат изразено порфирска структура. Фенокристалите се од фелдспати и поретко диопсид со идиоморфни кристални форми. Фелдспатите се слабо изменети во хлорит. Мерењата на истите со теодолитен микроскоп покажаа дека припаѓаат на албити со $2\% \text{ ап}$ и $2V=76^{\circ}$.

Основната маса има трахитско флуидална структура, чии фелдспатски иглички се мошне ситни и тешко одредливи со микроскоп, а се наоѓаат во аморфна материја.

Силикатна хемиска анализа на кератофир

SiO ₂	56.02%	CaO	3.20%
TiO ₂	0.81%	Na ₂ O	5.63%
Al ₂ O ₃	19.98%	K ₂ O	0.95%
Fe ₂ O ₃	4.86%	P ₂ O ₅	0.12%
FeO	2.91%	H ₂ O-	0.14%
MnO	0.17%	H ₂ O+	2.76%
MgO	3.10%		<hr/> 100.15%

Аналитичар: *Г.Филиповиќ, дипл.хем.*

Од приложената хемиска силикатна анализа може да се види дека карпата е средно кисела и припаѓа на есекситова магма, група есексит-акеритова. Покажува големо присуство на Na₂O, што е во склад со петрографските анализи на карпите и на полно одговара на кератофир (албитофир).

Со изведените детални геолошки истражувања - геолошкото картирање, изработката на раскопите и нивното картирање, како и длабинското дупчење на западните падини на Поповец, Јусек Тепеси и на југ се до Белегот, во континуитет се докажани кератофири од најмалку две фази. Тие се пробиени во тектонски предодредени простори помеѓу гранитите и гнајсевите, или во самите гнајсеви.

Кератофирите се од голема важност за ова наоѓалиште, од причина што гледајќи просторно, минерализацијата на бакар се јавува или во или над нив.

6.2. Алтерации на околните карпи

Сите карпи кои се сретнуваат на теренот на рудната појава Казандол се со варијабилен степен на хидротермална измена локално силификација, кварц-серцитизација, аргилитизација и хлоритизација.

Бакарната минерализација на Казандол асоцира со поинтензивна силификација и серцитизација.



Слика 7. Силификација и Малахит на јужната страна од Казандол

Fig. 7. Silicification and Malachite at Kazandol South

При геолошкото картирање на северниот дел се издвоени значајни површини зафатени со силификација, кварц-серитизација, аргилитизација и хлоритизација како најзначајни видови на алтерации.

При картирањето на раскопите како во северниот дел, така и во јужниот дел се забележани значајни простори зафатени со алтерации, од кои особено се значајни серитизацијата, кварц-серитизацијата, посебно лимонитизацијата. Во некои од раскопите е нагласена хлоритизацијата (раскоп од 01 до 04) во северниот дел. Најверојатно силификацијата и кварц-серитизацијата се најзначајни за просторната дистрибуција на Си минерализацијата.

Во дупнатините со картирањето се определени сите алтерации кои и порано се регистрирани, но од јадрото добиено со дупчењето тие се многу повпечатливи. Најзначајна алтерација е силификацијата која е застапена во сите дупнатини, но посебно е нагласена во EKDC-08-01 и EKDC-08-02. Серитизацијата е застапена во сите дупнатини и истата посебно е нагласена во EDKC-08-01 и EDKC-08-03.

Аргилитизацијата е присутна во сите дупнатини, но не е особено нагласена и не рамномерно распоредена.

Кварц-серитизацијата како алтерација е значајна за дупнатините EKDC-08-03, 04, и 05.

Посебно од алтерациите треба да се потенцира карбонитизацијата како процес, која се јавува воглавно во раседните зони, но со мал интензитет и во останатите делови во јадрото добиено при дупчењето. Карбонатите одиграле значајна улога за формирање на секундарните минерали на бакарот (малахит, азурит и др.).



Слика 8. Азурит и Малахит во раседните зони на Казандол

Fig. 8. Azurite and Malachite in fault zones at Kazandol

Во раскопите и во приповршинските делови од дупнатините лимонитизацијата се јавува со голем интензитет, а со помал интензитет или повремено се појавува и хематитизацијата.

6.3. Морфолошки особини на оруднувањето и тип на минерализација

Формирањето и просторното разместување на минерализацијата во Казандол се контролирани од регионалните тектонски структури (веројатно лушпи), од раседите во кои се формирани жични рудни тела изградени од халкопирит, тетраедрит-тенантит, пирит, карбонати и особено кварц. На површината има рудни жици кои се изградени само од кварц. Должината на жиците на површина се прати од 80-150м, а нивната дебелина е од 1-3м, а исклучително во еден од поткопите до 14м работени од 1947-1950година. Во површинските делови овие жици се зафатени со оксидација и се створени нови минерали (тенорит, куприт, малахит и други оксидни минерали).

Главната минерализација е депонирана/одложена во катаклазираните гранити и здробените метаморфни карпи со издолжени линиски форми во северниот и во јужниот дел.

Во северниот дел минерализацијата започнува "над" главната раседна зона или лушпа која е скоро хоризонтална и тоа почнувајќи со бреча, а минералите на Си ги пополнуваат празните простори. Максималната должина на минерализацијата на површината е околу 800м, а ширината од 400-500м.



Слика 9. Кварцна жица со малахит Казандол

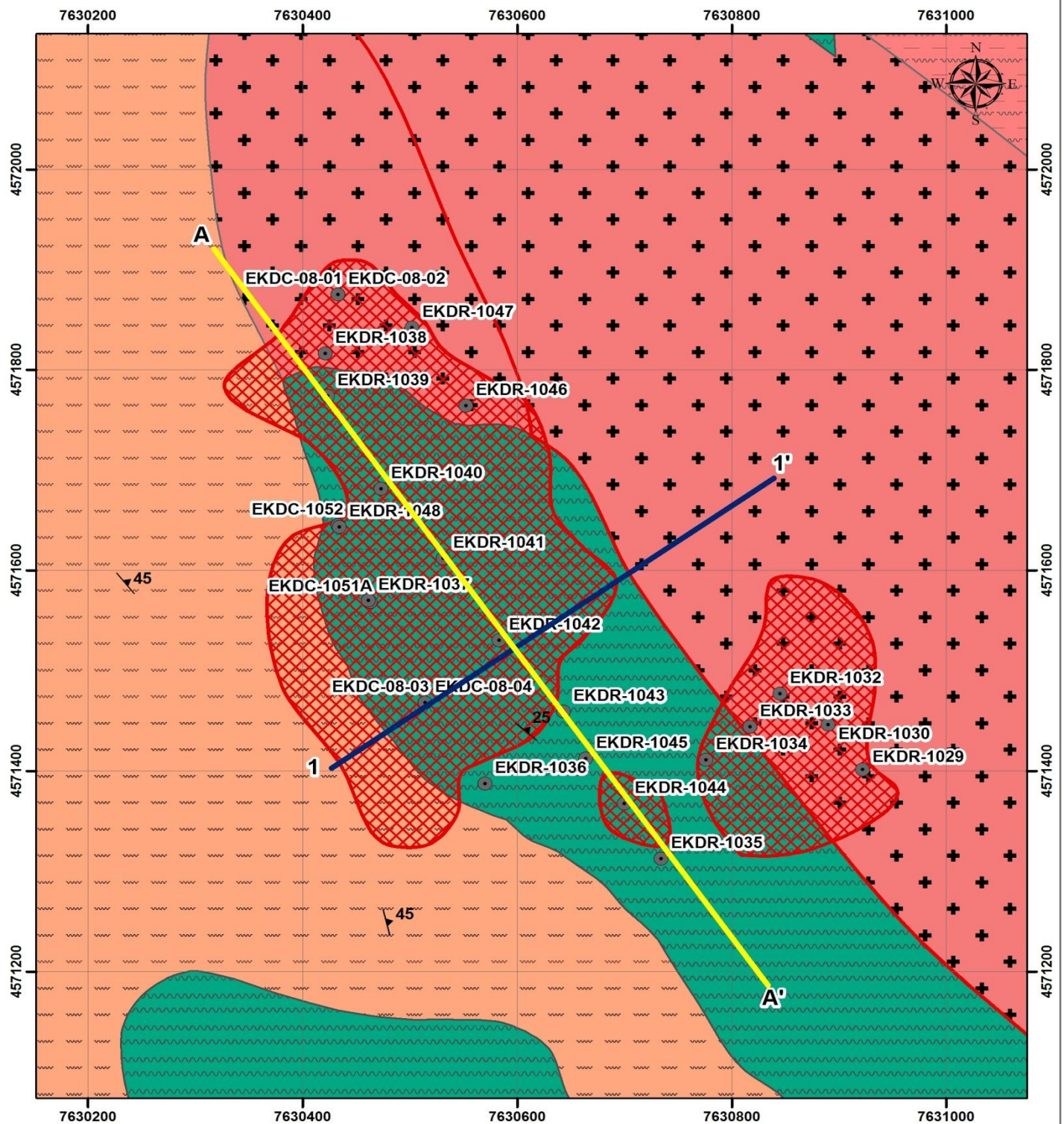
Fig. 9. Kvarc vein with malachite Kazandol

Према југ минерализацијата "тоне" испод горниот дел на метаморфитите и ова претпоставка треба да се провери со длабинско дупчење (Д. Димитров).

Во северниот дел на наоѓалиштето Казандол минерализацијата е докажана со раскопите од 1-9 и со дупнатините EKDC-08-01, EKDC-08-02, EKDC-08-03, EKDC-08-04, EKDC-08-05, EKDR-1029, EKDR-1030, EKDR-1032, EKDR-1033, EKDR-1034, EKDR-1037, EKDR-1038, EKDR-1039, EKDR-1040, EKDR-1041, EKDR-1042, EKDR-1048, EKDR-1051A.(Слика бр. 10. и Слика бр. 11.)

КАРТА НА ПРОФИЛСКИТЕ ЛИНИИ НА НАОЃАЛИШТЕТО "КАЗАНДОЛ"

1 : 5 000

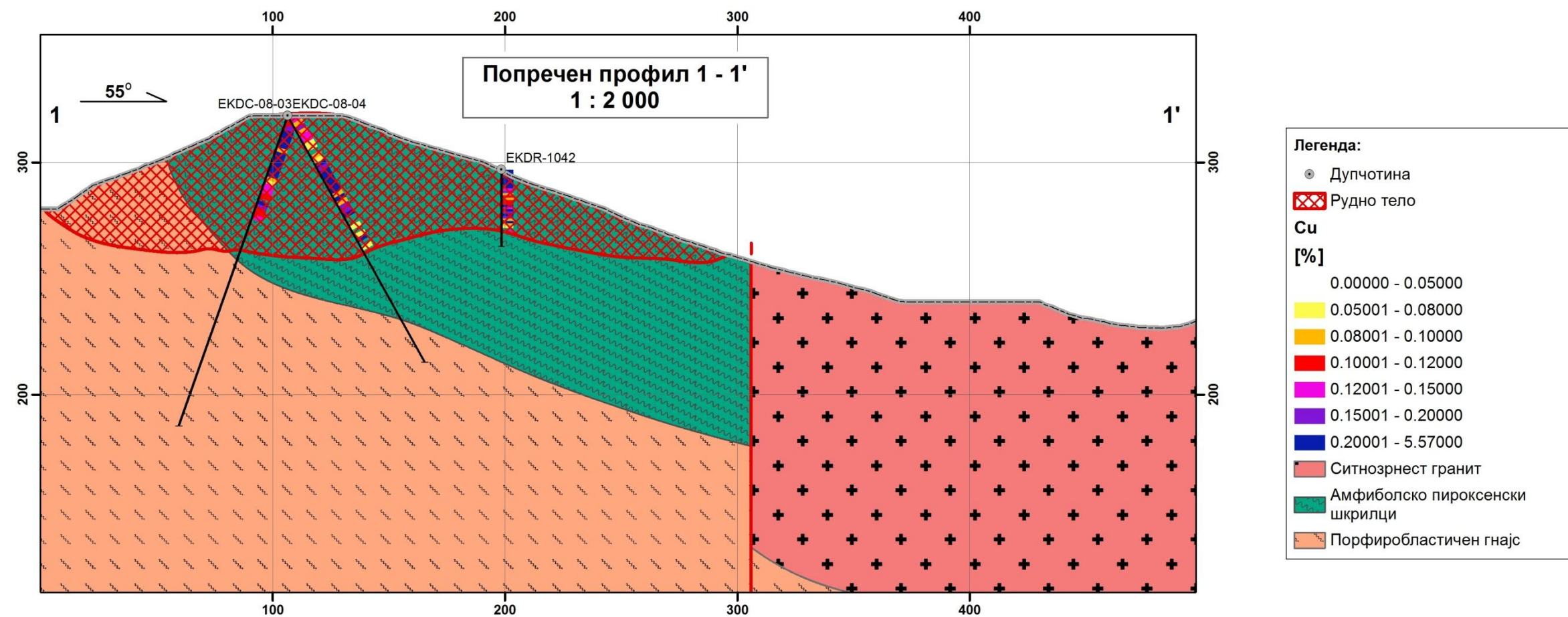
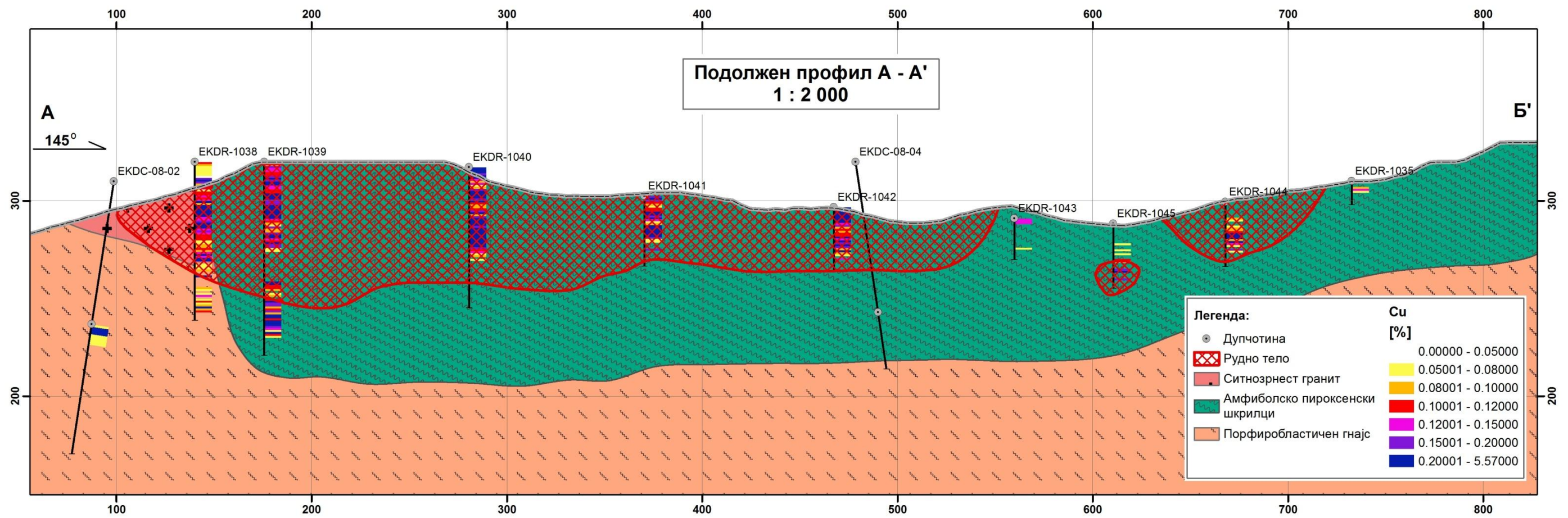


Легенда:

- | | | | |
|--|--------------------------------|--|------------------------------|
| | Рудно тело | | Дупчотина |
| | Ситнозрнест гранит | | Расед |
| | Анфиболско-пироксенски шкрилци | | Елементи на пад на фолиација |
| | Порфилобластични гнајс | | Подолжен профил |
| | Ситнозрни биотитски гнајесеви | | Попречен профил |

Слика бр.10

Слика.10. Карта на профилските линии на наоѓалиштето Казандол
 Fig. 10. Map of the cross sections of the Kazandol deposit



Слика.11. Подолжен профил А-А' и попречен профил 1-1'
Fig. 11. Cross section A-A' and cross section 1-1'

Во јужниот дел на наоѓалиштето Казандол минерализацијата/оруднувањето се јавува во три линиски издолжени зони кои меѓусебно се паралелни, а средната зона е со мали прекини со должина поголема од 2000м, додека другите две зони се со должина меѓу 400-800м.

Истражувањата се извршени со геолошки работи, со геохемиските истражувања и раскопување на меѓусебно растојание од 200м, обележени со броевите 17, 19, 21, 23, 25, 27, 29, 31 и 33 кои се со различни должини.

Првични настанати минерали на Си биле сулфиди и сулфосоли (халкопирит, тетраедрит-тенантит) пратени со пирит, калцит, мангано-калцит, кварц во вид на импрегнации и жици.

Во услови на интензивната тектоника во Вардарската зона веќе “натрошените карпи”се зафатени со дробење и навлекување, формирајќи повеќе луспи.

Во карпите значајно е зголемена ефективната порозност така што циркулацијата на површинските и подземните води довела до создавање на минерализација во зоната на оксидација.

Минералниот состав на Казандол е зависен од средините на депонирање и особено од видот на минерализација и тоа:

Скарновски минерализации/оруднувања

- *Минерален состав:* гранати (гросулар-андрадит) магнетит, хематит, пирит, местимично халкопирит и пироксени – главни рудни минерали.

Кварци хидротермални жици

а) неминерализирани и

б) минерализирани

Главни минерали: халкопирит, пирит и кварц

Споредни минерали: пиротин, сфалерит, тетраедрит-тенантит, пратени со лимонит и оксиди на Си во површинските и при површински делови.

Бакарна минерализација/оруднување во оксидационата зона во метаморфитите и гранитите

Главни минерали: тенорит, малахит и куприт

Споредни минерали: азурит, самороден бакар, ковелин, халкозин, хризокол, броншантит, пирит, реликти од халкопирит, лимонит и хидрооксиди на манган.

Минеролошки состав на Казандол не е изучен и е неопходно да се проучат кои минерали се најзастапени, нивните карактеристики, парагенетски односи и минералните парагенези, како и да се приберат (ако е можно) потребните податоци за генетскиот модел.



Слика 12. Малахит и тенорит на јужната страна од Казандол

Fig. 12. Malachite and Tenorite Kazandol South

На северната страна бакарната минерализација опфаќа површина од редот на 800x400м.



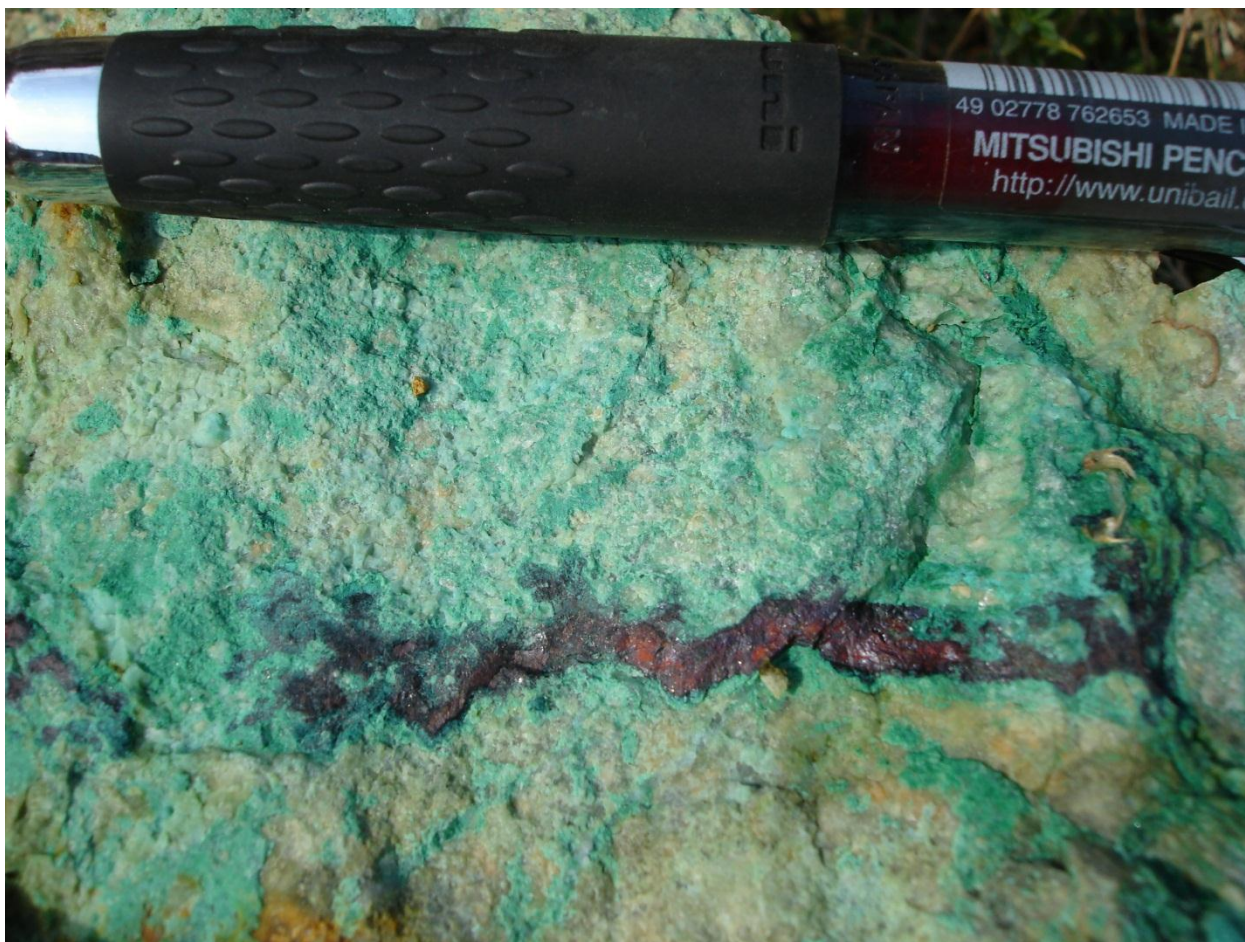
Слика 13. Малахит, халкантит на северната страна од Казандол

Fig. 13. Malachite, Chalcocite Kazandol North

На јужната страна зоната е широка околу 150м и долга во правец СЗ прку 3000 м.

Примарната минерализација се состои од халкопирит и пирит, локално галенит, сфалерит, тетраедрит и тенантит се појавуваат во прожилки.

Секундарните минерали на бакар се широко распространети на Казандол. Главен оксид на бакар е теноритот, а покрај него се јавуваат малахит, локално куприт. Исто така се сретнуваат и хризокола, брошантит, самороден бакар и др. Лимонитите и минералите на манган се широко распространети на просторот.



Слика 14. Малахит и куприт на јужната страна од Казандол

Fig. 14. Malachite and Cuprite Kazandol South

Оваа сугерира на продирање на хидротермалните флуиди богати со бакарна минерализација во кератофирите и кварцкератофирите и во непосредна близина во околните карпи. Дополнителните деформации во Вардарска зона создаваат секундарна порозност која дозволува длабока оксидација на примарната минерализација и формира секундарни наоѓалишта кои се сега предмет на истражување.

6.4. Асоцијација на елементите во наоѓалиштето

Минерализацијата во наоѓалиштето Казандол воглавно е типична за наоѓалиштата формирани во зоните на оксидација со делумно заостанати примарни сулфиди, а тоа го карактеризира и адекватна геохемиска асоцијација на елементите.

Со досегашните геохемики и хемиски испитувања секако главен елемент е Си пратен со Fe, Zn, Pb, S. Утврдено е и присуство на поголем број микроелементи и тоа: Co, Ni, Ti, V, Sb, As, Ag, Al, Bi, Ga, Mg, Nd, P, U, Y, Zr, Ba, и др. Некои од овие елементи се појавуваат во сопствени минерали (Cu, Fe, Pb, Zn, As, S), или како изоморфни, во рудните и петрогените минерали.

Подетални пресметки се направени само за содржините на Си, но и тие варираат во широки граници, т.е. од содржини блиски до фонот па до неколку проценти. Асоцијацијата на елементите укажува на бакарна минерализација поврзана со кератофири и кварц-кератофи (*В.И. Смирнов-Горетски*).

Просторната дистрибуција на Си и на микроелементите во Казандол е во функција на интензитетот на процесот на минералното образување, карактерот и карактеристиките на средините на депонирање и начинот на геохемиската распределба на истите во соодветни геолошки и геохемиски средини.

Според досегашните сознанија, најзначајните концентрации на главниот метал/метали се во гранитите и особено во метаморфните карпи над главната раседна зона докажано со дупнатините ЕКДС-08-01 до ЕКДС-08-05, а веројатно исто така ќе се повтори и на јужниот дел од наоѓалиштето Казандол.

7. ОПИС НА ПРИМЕНЕТИТЕ МЕТОДИ НА ИСТРАЖУВАЊЕ НА РУДНАТА ПОЈАВА КАЗАНДОЛ

Истражувањата на појавата Казандол се работени според проектот за детални геолошки истражувања распределени во три фази каде секоја наредна фаза е во зависност од добиените резултати од претходната.

За најцелисходно да се одговори на поставените цели и задачи, како и да се разрешат постојаните и очекуваните проблеми кои можат да се јават во тек на истражувањето на рудната појава Казандол, се предвидени и реализирани соодветни геолошки и геохемиски методи на геолошки истражувања кои се направени како во теренски така и во лабораториски услови.

Методите на геолошки истражувања се концепирани така да ги запазат основните принципи на истражување а тоа се

Принцип на постапност

Принцип на целосност

Принцип на рационалност (економичност)

Во методолошка смисла, е водено сметка, во адекватна мера и со адекватен обем да бидат застапени сите неопходни методи на геолошки истражувања.

За подобро запознавање на карактеристиките на карпестите маси, истражувањето е извршено, односно се применети следните методи на геолошко истражување

- Геолошка проспекција (1: 2000)
- Стрим седименти
- Геолошко картирање и опробување
- Литогеохемија (Rock sampling)
- Металометрија- почвено опробување "В" хоризонт
- Раскопување
- Истражно длабинско дупчење со јадровање
- Опробување на истражните дупнатини
- Лабораториски и технолошки испитувања

Целта на овие истражувања е со примената на геолошките методи на истражување, да се добие подобра слика за составот, условите на залегнување, дебелината, размерите на наоѓалиштето, со што ќе се одреди економскиот тип на наоѓалиште како и неговите резерви.

7.1. Геолошка проспекција

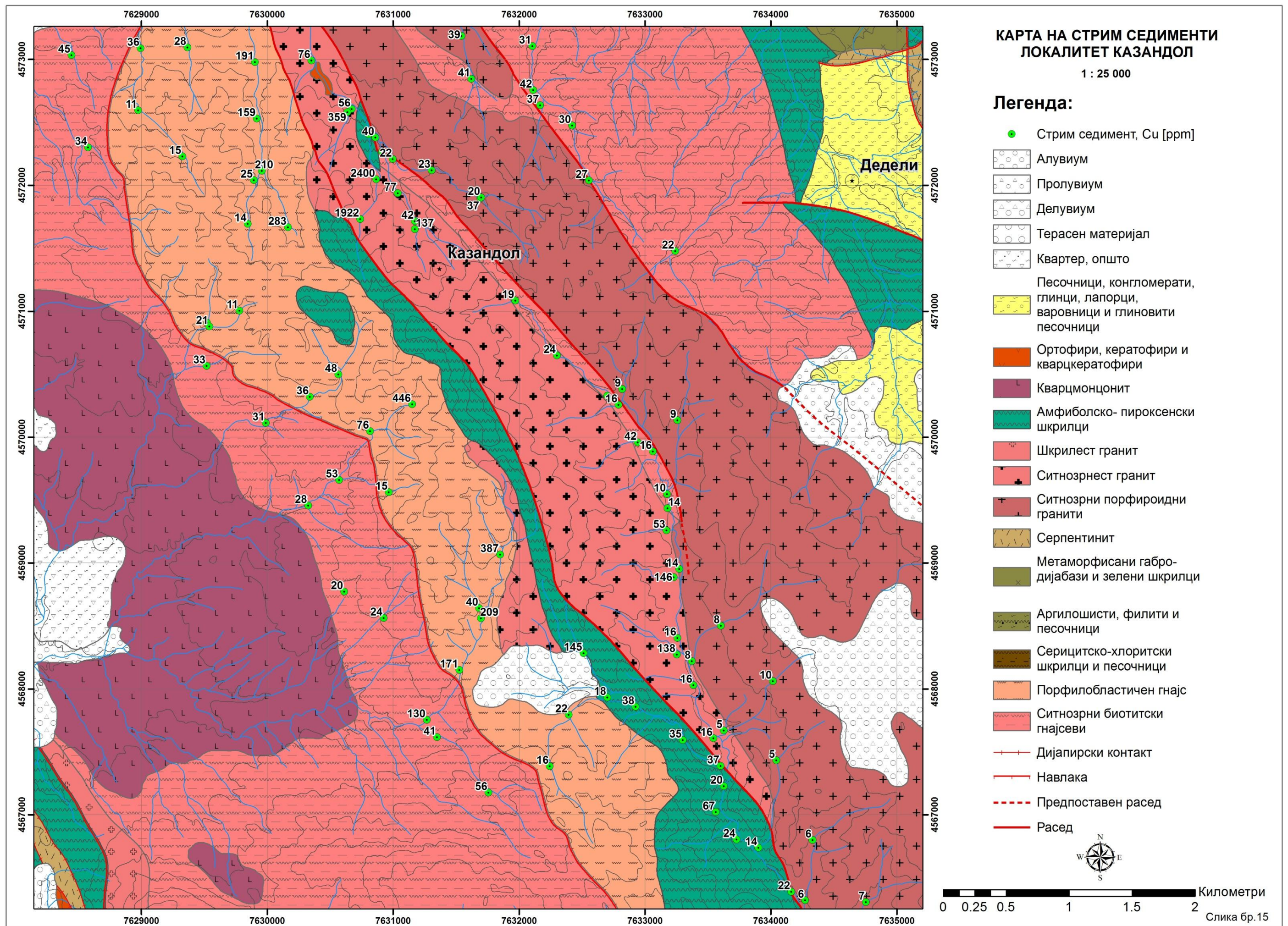
Со рекогносцирање и проспекција е покриена целата површина на просторот околу појавата Казандол. Методиката на проспекциските истражувања се состои во обиколка и опсервација на интересни локации, барање потврда за перспективноста и потенцијалноста на просторот за бакарна минерализација. Посебно внимание е посветено на видот и интензитетот на алтерациите како и визуелна оценка на потенцијалноста преку видлива минерализација на бакар.

Како резултат на извршените проспекциски истражни работи на локалитетот Казандол се издвоени најпотенцијални делови на кои истражувањата ќе продолжат. Во северниот дел тоа се сливот на западната притока на Казандолска река и ридот Поповец, во метаморфитите и гранитите кои се пресечени со неколку кварцни и кварцно-минерализирани жици со видлива бакарна минерализација. Во јужниот дел ридот Јусек Тепеси во гранитите и на контактот на граните со гнајсевите има раседна зона со пробој на кератофир видлива е бакарна минерализација малахит, тенорит, куприт. Овие делови се одредени како најперспективни и истите се предложени за понатамошни геолошки истражни работи.

7.2. Стрим седименти

За оценка на потенцијалноста на наоѓалиштето Казандол покрај проспекцијата паралелно е применета и методата на истражување со опробување на речните седименти - стрим седименти. Во услови на суви речни седименти материјалот се просејува на лице место со сито од -80 меша, а во услови на мокри речни седименти се земаат проби со тежина од 5-10kg. Вака земените проби се сушат на собна температура и се просејуваат со сита од -80меша. Од сите проби просеани со сито од -80меша со скратување се формираат проби и дуплици со тежини од 250gr кои се испратени во лабораторија за пулверзирање и анализирање на мултиелементарна анализа на ICP и за злато на AAS. Вкупно се земени 93 проби со методата на стрим седименти рамномерно распоредени во истражениот простор (Слика бр.15).

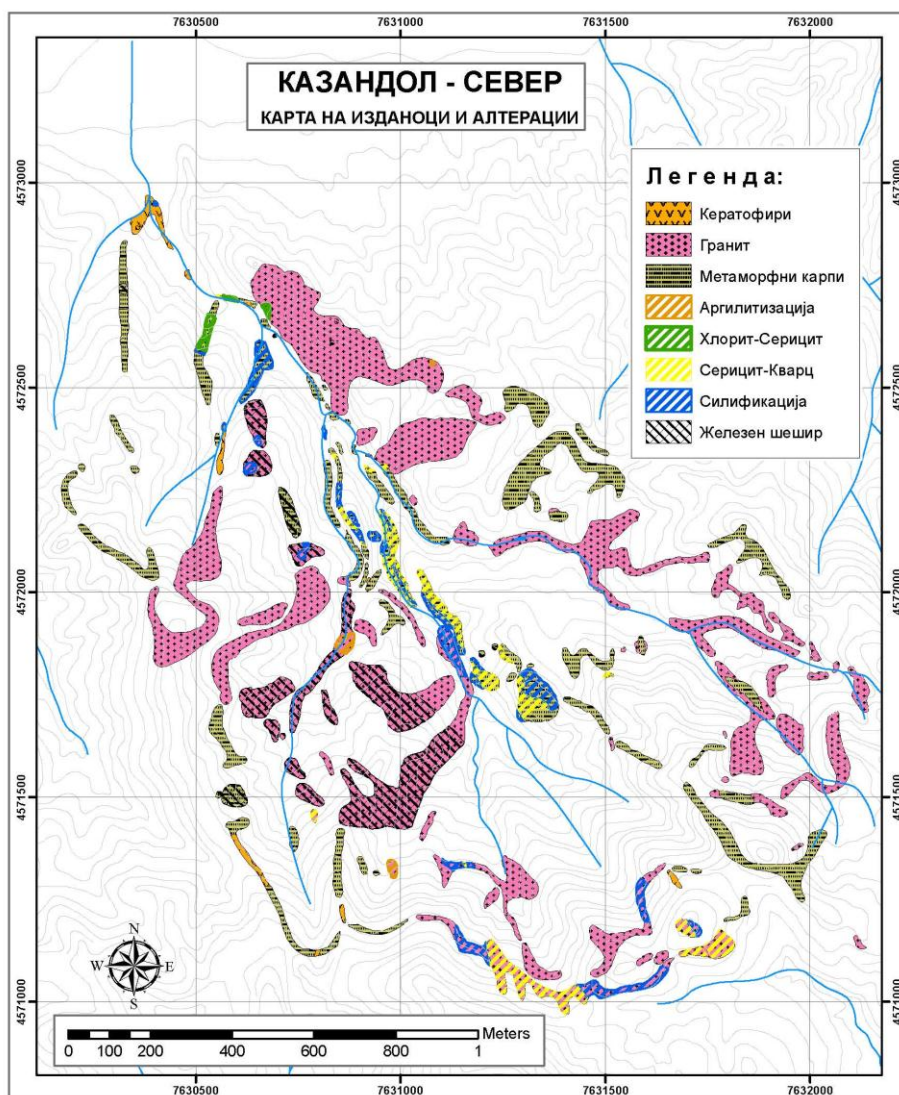
Добиените резултати од опробувањето на речните седименти - стрим седиментите ги потврдија и дополнија добиените резултати од литогеохемиските и металометриските (почвените) опробувања. Добиените резултати од литогеохемиската асоцијација на елементи со аномални вредности, укажуваат на присуство на бакарна минерализација. Од добиените резултати може да се заклучи дека и во стрим седиментите има сложена геохемиска асоцијација на елементи од кои позначајни се Cu, Mo, As, Sb, Pb, Zn, Co, Ni, Ba, и Ga и др.



Слика. 15. Карта на стрим седименти локалитет Казандол
Fig. 15. Map of stream sediments Kazandol area

7.3. Геолошко картирање и опробување

Геолошко картирање е извршено по методата прифатена од ФМИ. Картирани се сите утврдени откриени карпи (изданоци). Опишани се исто така и сите изданоци за кои има индикации дека се подповршински, како и блокови во делувијалната покривка. Оконтрувањето на изданоците е извршено со ГПС (Гармин Суммит). За секој изданок посебно е опишан типот на карпата, степенот и видот на хидротермалните алтерации, структурните особини, како присуството на раседни структури, густината на жиличките и пукнатините, кварцните жици, типот на железните оксиди и хидроксици и видливата минерализација на бакар. Скоро сите изданоци се опробани со литогеохемиски проби. Резултатите од геолошкото картирање се обработени во ГИС.



Слика 16. Геолошка карта и карта на алтерациите на северната страна на Казандол

Fig.16. Geology and Alteration Map - Kazandol North

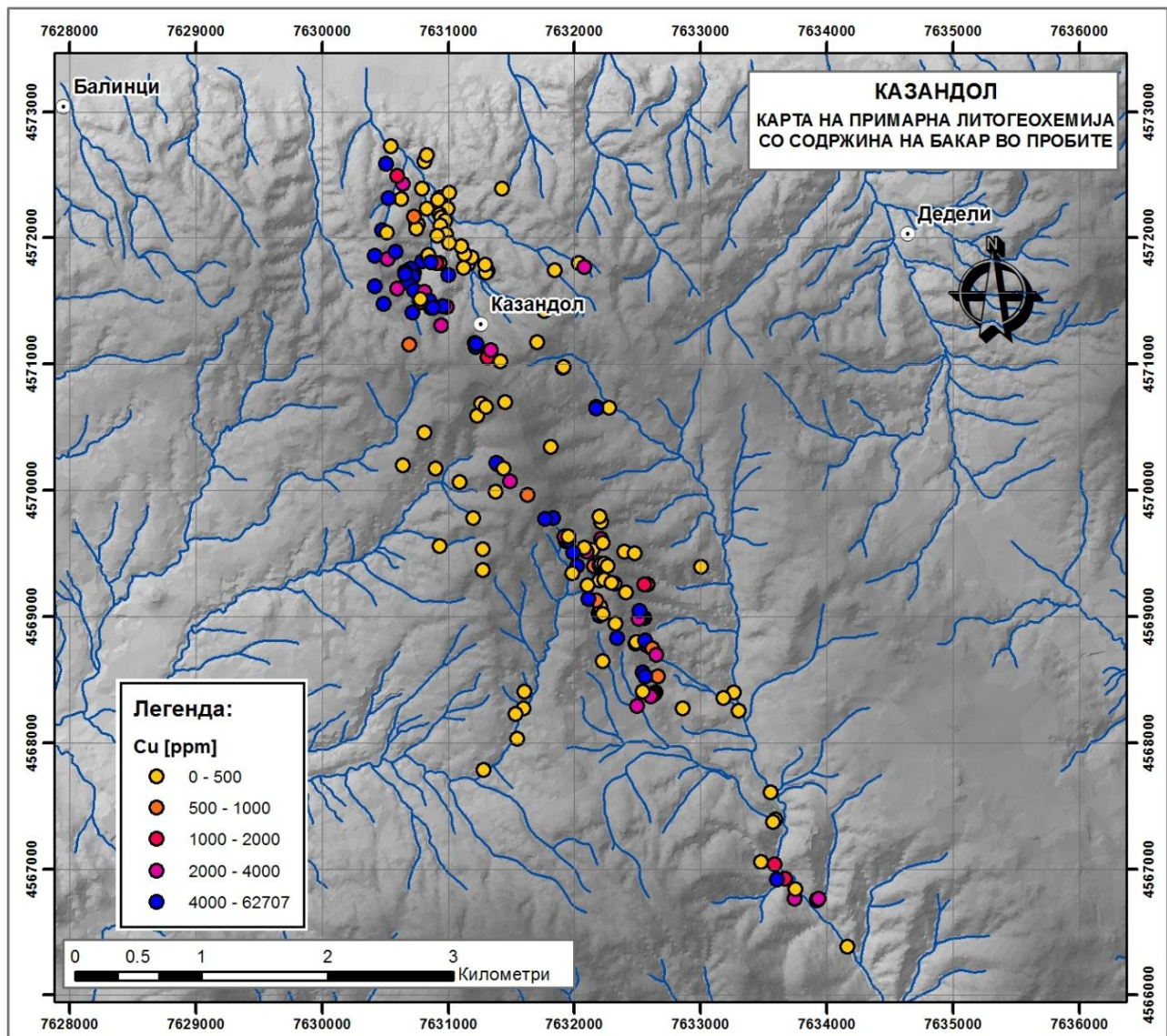
Со картирањето се констатирани карпи со прекамбриска старост кои се претставени со порфиرويدни гнајсеви, дволискунски кордиеритски гнајсеви, серицитско-хлоритски шкрилци, порфиرويدни монцонит-гранити, гранити, кварц-кератофири, кератофири и др.

7.4. Литогеохемија (Rock sampling)

Литогеохемиското опробување е извршено со геолошки чекан од сите изданоци, а особено од оние со интензивни алтераци, тектонски здробени зони, бречирани делови и оние со видлива минерализација на бакар. Значаен дел од литогеохемиското опробување е извршено паралелно со рекогносценцијата, геолошкото картирање а еден дел од пробите се земени наменски со зголемена густина зависно од изданоците на површина. Земањето на пробите е извршено со геолошки чекан од површинските делови од сите типови/видови на карпи од поголем број парчиња со приближна иста големина. Вкупната тежина на поединечните проби е 2-3кг која е доволна пробите да бидат репрезентативни, а се пакувани во платнени кеси со испишан број на кесата и во кесата етикета со истиот број. Сите изданоци на алтерисаните карпи и/или карпи со наложен штокверк се опробани за да се одредат геохемиските карактеристики на сите опробани карпи и околните средини. Некои поголеми изданоци со сложени геолошки и минеролошки карактеристики се опробани со поголем број на проби за да се добијата индикации за очекуваната минерализација. Поради недостиг на сигурни и јасни изданоци се опробувани и “слепи” изданоци како подповршински, како и од блокови од деловијалната покривка. Вкупно се земени 92 проби. Припремата на пробите е извршена со дробење, мелење, скратување со Џонсонов разделувач, до тежина од 150g за проба и за дупликат, а потоа се пулверзираат. Хемиското анализирање е извршено со методата ICP на 35 елементи и AAS/FA за бакар и други елементи со зголемена содржина во лабораторијата Еуротест Контрол во Софија.

Геохемиските карактеристики на најзначајните елементи :

Бакар - Содржините на Cu се движат во дијапазон од 5-14826 ppm во проба ZR021967. Проби со содржини од 5-100ppm, кои не се геохемиски аномални се 35, 24 проби содржат од 100-1000ppm (аномални проби) и 29 проби се со содржини поголеми од 1000ppm (многу високи аномални проби), т.е. тоа се содржини кои имаат економски значај бидејќи се земени од оксидациона зона и од површина.



Слика 17. Содржини на бакар во опробувањето на изданоците на Казандол

Fig.17. Copper in rock chip samples Kazandol

Злато - Содржините на Au се движат во дијапазон од <math><0.005-0.0310\text{ppm}</math> во проба ZR021958. Само во 8 проби содржините на Au се >math>0.005</math> и од ова може да се заклучи дека Au за Казандол нема никакво значење.

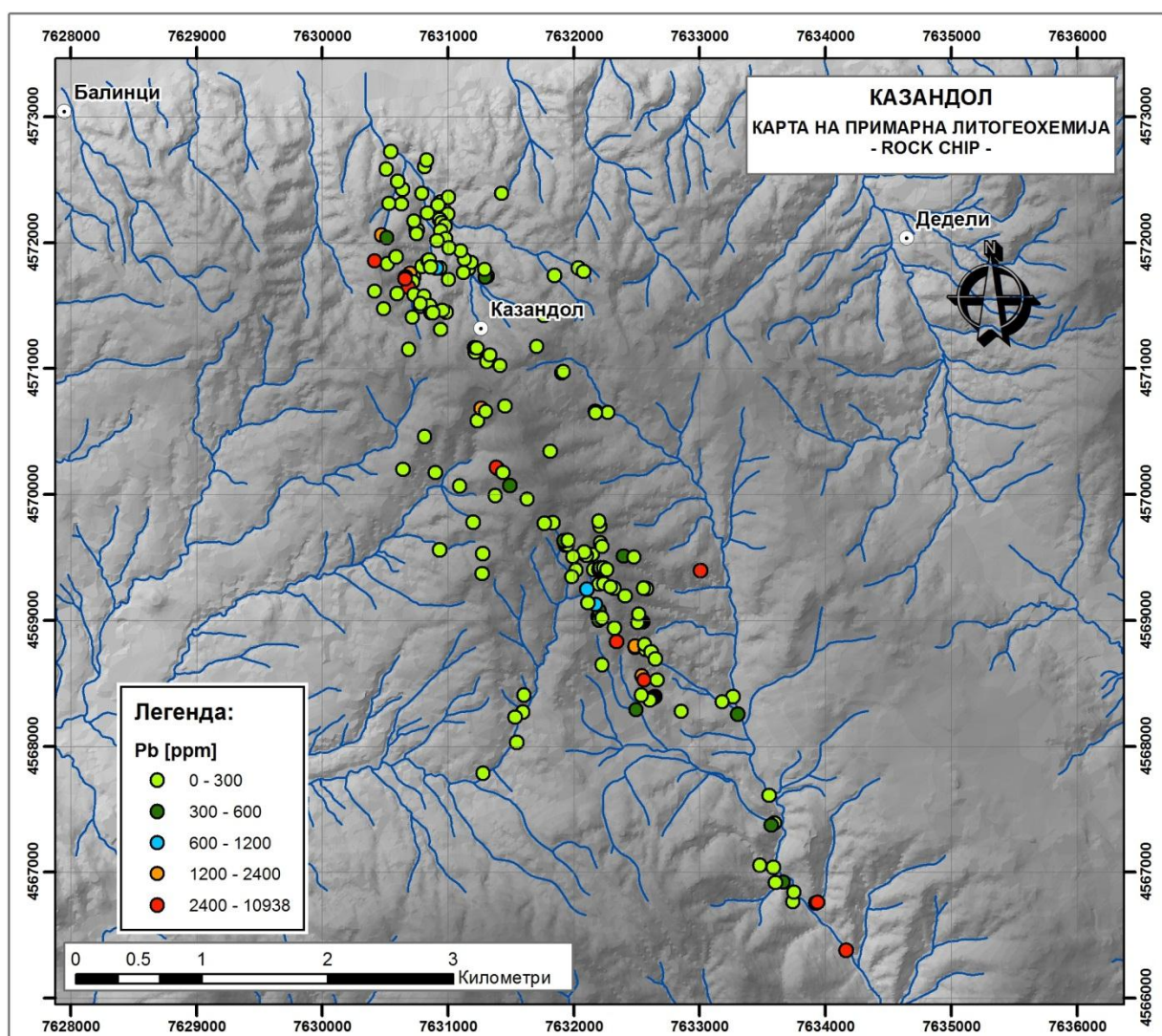
Молибден - Содржините на Mo се движат во дијапазон од 5-48ppm во проба ZR021914. Содржините на Mo во 55 проби се од 5-10ppm, а во 33 проби од 11-48 ppm и за овој елемент тоа се аномални содржини.

Арсен - Содржините на As се движат во дијапазон од 3-350ppm во проба ZR021953. Содржините во 85 проби се од 3-100ppm кои не се аномални и само во 3 проби има содржини поголеми од 100ppm и тоа се содржини од 110, 253 и 350ppm (аномални содржини).

Антимон - Содржините на Sb се движат во дијапазон од <5-5-14ppm во проба ZR021932. Содржините во 18 проби се <5ppm, т.е. под осетливоста на методата, а во 70 проби тие се движат од 5-14 ppm (ZR021932) и тоа не се аномални содржини.

Сребро - Содржините на среброто се движат во дијапазон од <1-45ppm во проба ZR021932. Содржините во 45 проби се <1ppm, во 42 проби тие се од 1-8ppm (геохемиски аномални проби), а само пробата ZR021932 содржи 45ppm Ag.

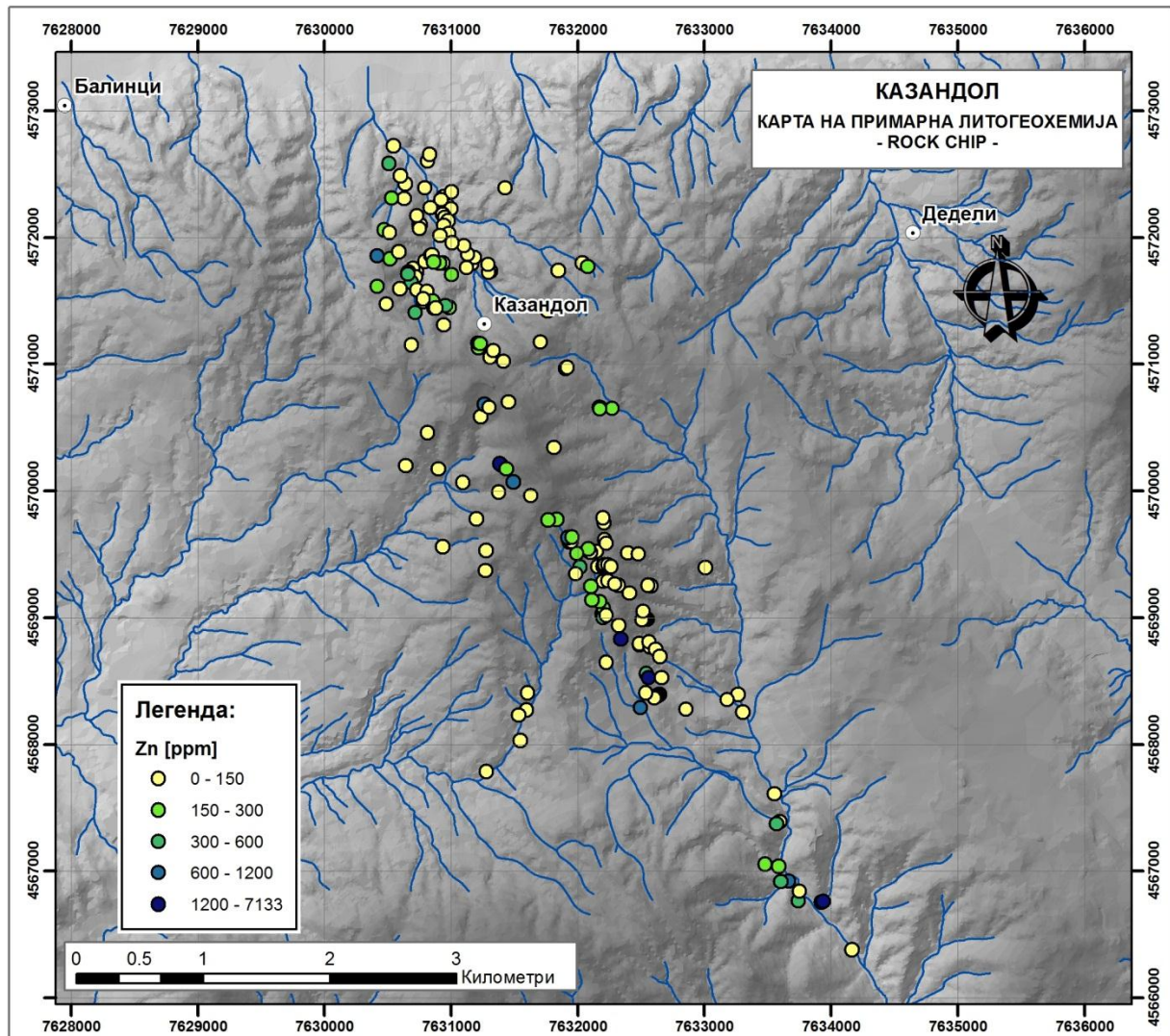
Олово - Содржините на Pb се движат во дијапазон од 5-10938ppm. Во 67 проби тие се движат од 5-100ppm и тоа не се аномални содржини, во 17 проби тие се од 100-1000ppm, а тоа се проби со аномални содржини, а само во 4 проби тие се со содржини поголеми од 1000ppm и тоа се проби со високо аномални содржини.



Слика 18. Содржини на олово во опробувањето на изданоците на Казандол

Fig.18. Lead in rock chip samples Kazandol

Цинк - Содржините на цинк се движат во дијапазон од 17-2772ppm во проба ZR021932. Содржините во 58 проби се движат од 5-100ppm (не се аномални), во 28 проби се движат од 100-1000ppm (аномални содржини), а само две проби содржат повеќе од 1000ppm - 2772ppm (ZR021932) и тоа се високо аномални содржини на Zn.



Слика 19. Содржини на цинк во опробувањето на изданоците на Казандол

Fig.19. Zinc in rock chip samples Kazandol

Кобалт - Содржините на Со се движат во дијапазон од <3-3-39ppm во проба ZR021967. Во 30 проби тие се под осетливоста на методата <3ppm, во 58 проби тие се од 3-10ppm (не се со аномални содржини), 5 проби се со содржини од 10-20ppm (аномални содржини) и само 3 проби содржат се >20ppm т.е. до 39ppm (ZR021967).

Никел - Содржините на Ni се движат во дијапазон од 6-185ppm во проба ZR021951. Во 87 проби содржините се од 6-100ppm и (не се аномални содржини), а само проба ZR021951 содржи 185ppm Ni и тоа е аномална содржина.

Бариум - Содржините на Ba се движат во дијапазон од 16-671ppm во проба ZR021956. Содржините во 78 проби се со содржини од 16-100ppm и тоа не се аномални содржини, во 9 проби содржините се од 100-500ppm кои се аномални, а само во проба ZR021956 (671ppm) е високо аномална.

7.5. Металометрија - почвено опробување “В” хоризонт

Металометријата, т.е. проспекцијата на секундарни ореоли на расејување, ја проучува дистрибуцијата на елементите во растреситите алувијално-делувијални творевини и во хумусниот покривач. Формирањето на секундарните ореоли на расејување е многу сложен процес, кој настанува првенствено поради механичката дезинтеграција и хемиските разложувања на рудите, минерализираните и околните карпи.

Основни принципи на кои се темели металометријата (секундарните ореоли на расејување) е фактот дека содржините на рудните и индикаторните елементи во почвата ќе бидат повисоки доколку содржините во корените карпи се зголемени. Може да се заклучи дека над рудните тела, или нивните примарни ореоли на расејување во земјиштето – почвата, содржините на елементите се повеќекратно зголемени во однос на простори каде нема минерализација.

Во рудната појава Казандол почвеното опробување е извршено во северниот дел на површина од 3-5km². Земени се 167 проби по профил на меѓусебно растојание од 100m. На првиот профил првата проба е земена на 0-100-200m, а на наредниот на 050-150-250m и се така во “шах-мат” мрежа. Пробите се земени во почетокот на 2007 година паралелно со почвеното опробување на сите 22 профили на секои 25метри се земани проби од почва и на лице место со инструментот “NITON” се одредувани содржините на 15 елементи, а за најбитните елементи се изработени карти на геохемиските аномалии. Исто така на јужниот дел на рудната појава „Казандол“ е извршено мерење на лице место на почвени проби со инструментот “NITON” на 36 профили на пробите земени на меѓусебно растојание од 25m, а меѓу профилите првичното растојание е од 100метри. На лице место се одредени содржините за секоја проба на 15 елементи, а во деловите со зголемени содржини на Cu е извршено погустување со меѓу-профил на 50метри. Од добиените резултати се изработени геохемиски карти на Cu, Zn, Mo, Fe и др. Лоцирањето на сите проби е извршено со GPS, снимани се координатите и котите на секоја поединечна проба, а исто така за секоја проба е пополнет протокол со сите технички и геолошки карактеристики.



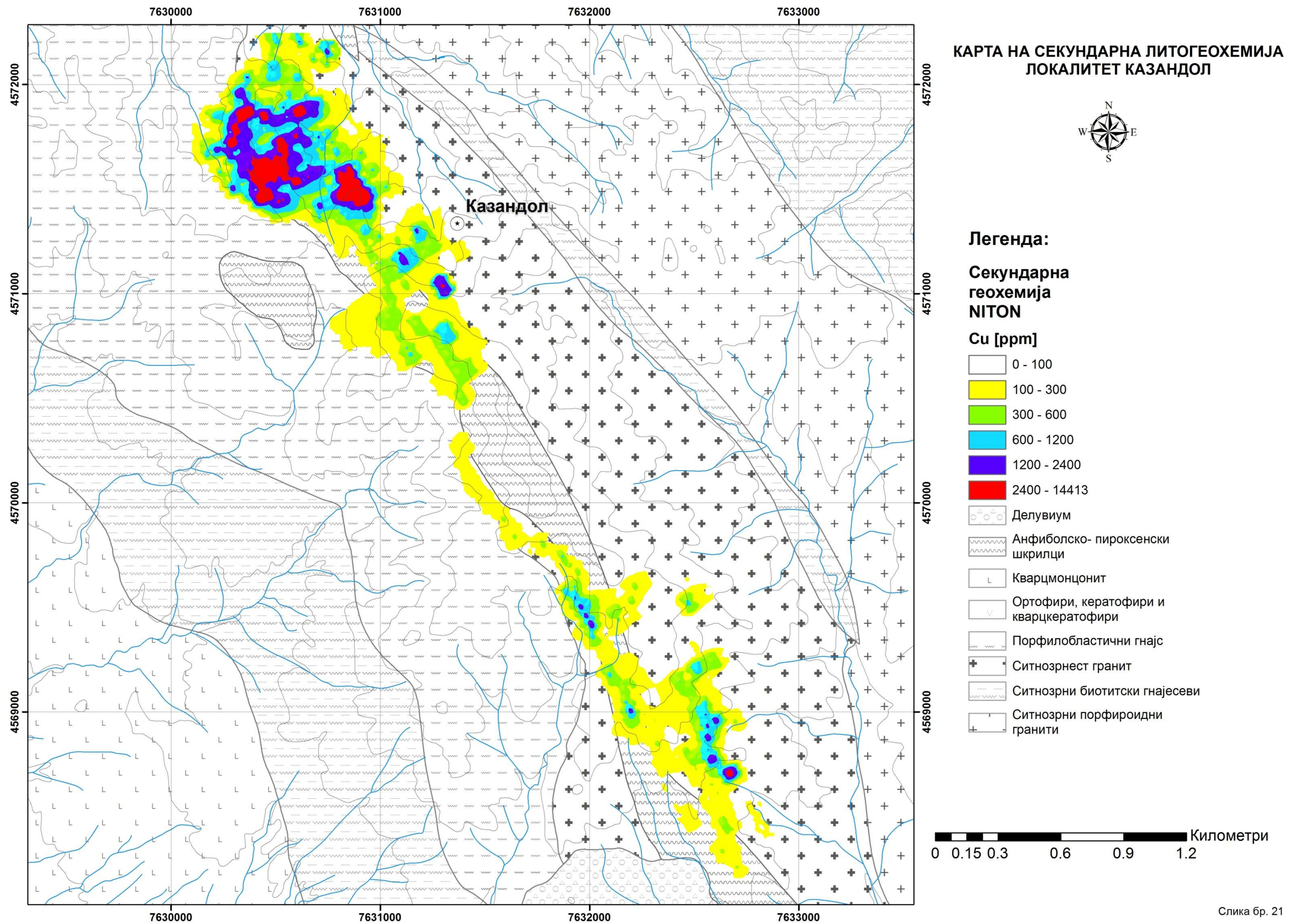
Слика 20. Рачен Thermo Scientific NITON®

Fig 20. Handheld Thermo Scientific NITON®

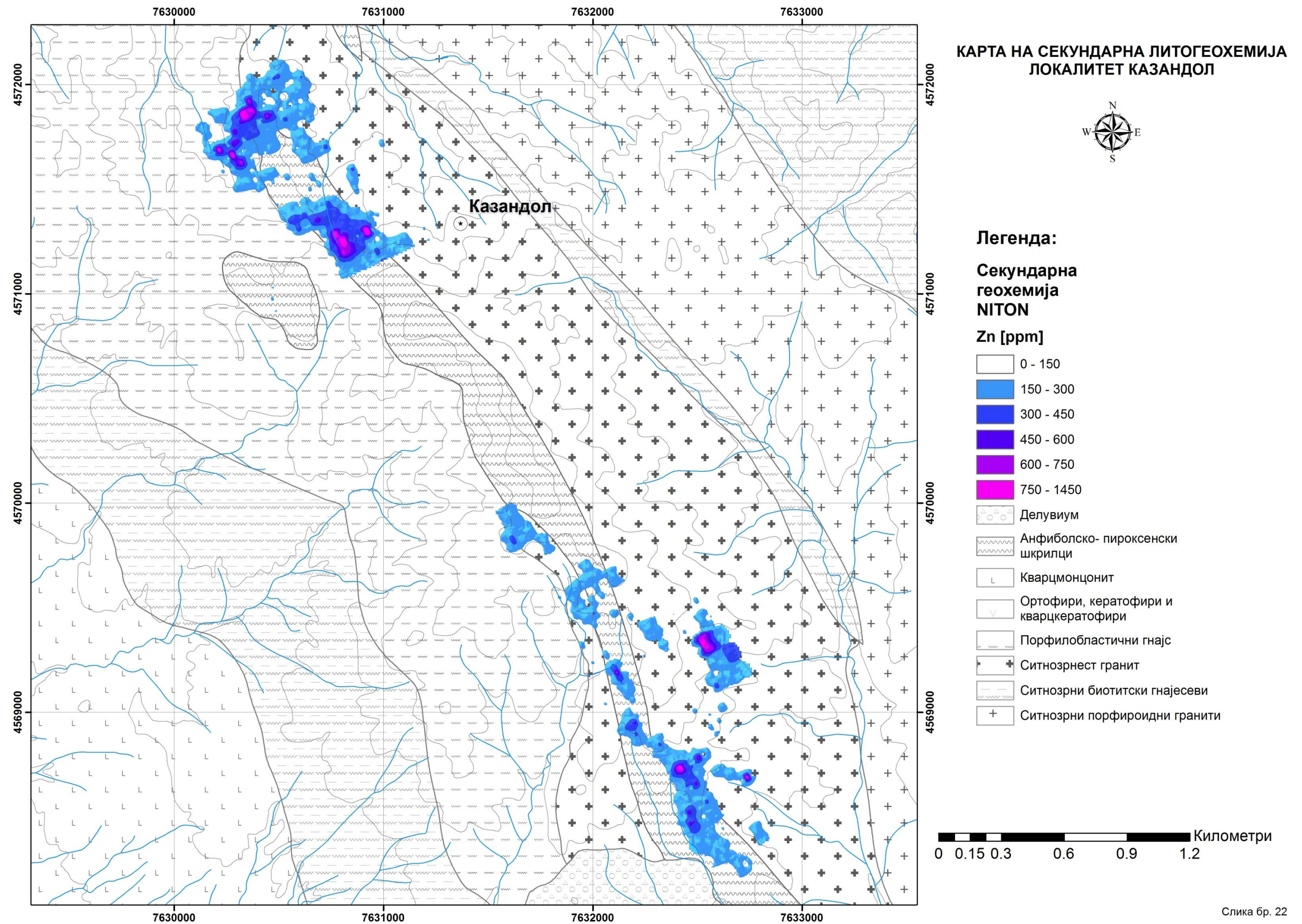
Рачен Thermo Scientific NITON® е во состојба брзо и ефикасно да го одреди елементарниот состав на примероците.



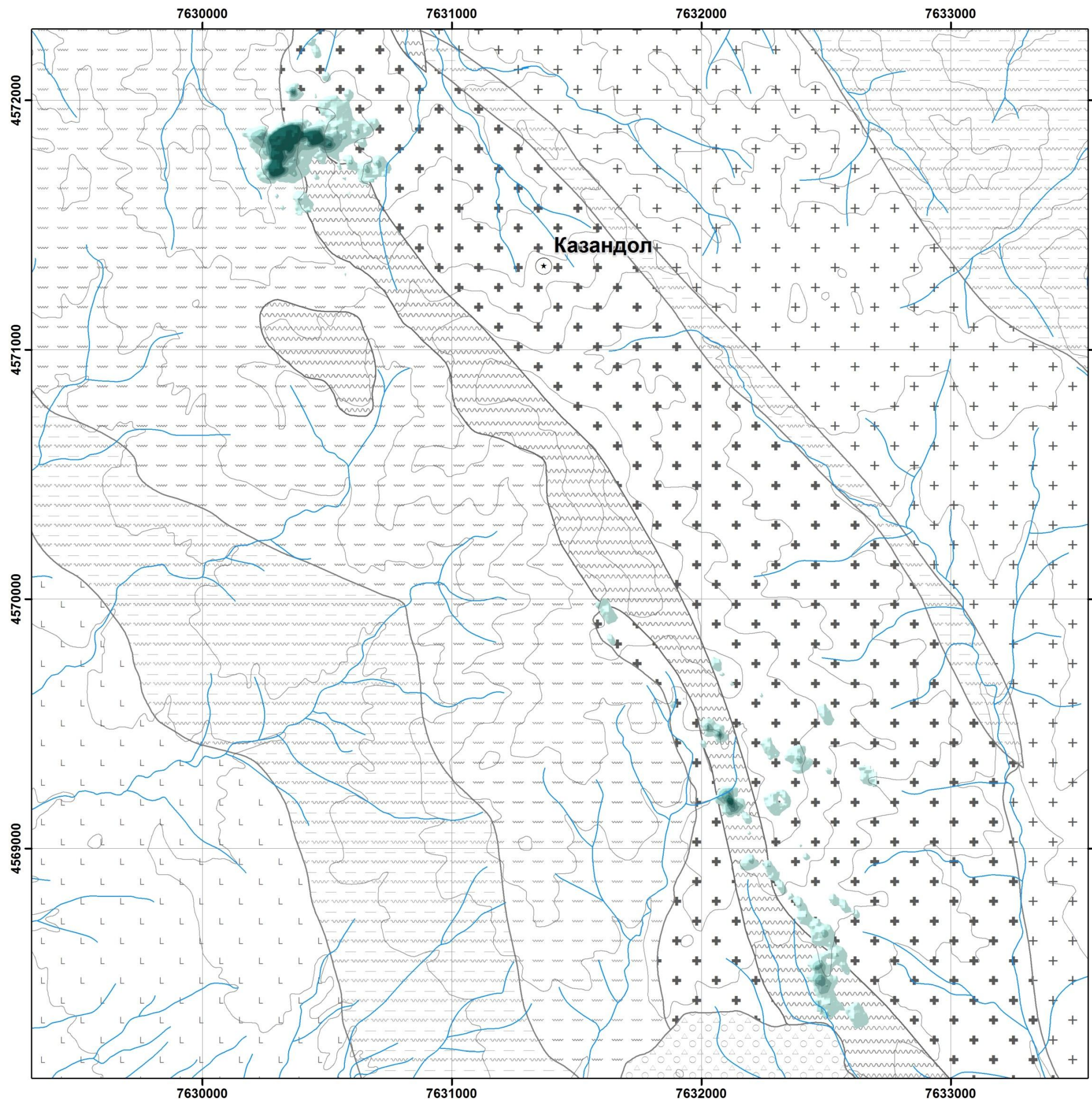
Секој елемент кој е присутен во примерокот произведува единствен збир од карактеристични икс-зраци кои се како одпечаток од прст за одреден елемент. Нитон анализаторите ја утврдуваат хемијата на примерокот со мерење на спектарот на карактеристичните икс-зраци кои ги имитираат различните елементи во примерокот кога е осветлен со икс-зраци.



Слика 21. Карта на секундарна литогеохемија на бакар
 Fig. 21. Map of soil sampling - Cu



Слика 22. Карта на секундарна литогеохемија на цинк
 Fig. 22. Map of soil sampling - Zn



**КАРТА НА СЕКУНДАРНА ЛИТОГЕОХЕМИЈА
ЛОКАЛИТЕТ КАЗАНДОЛ**



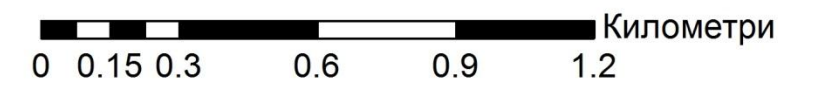
Легенда:

**Секундарна
геохемија
NITON**

Pb [ppm]

- 0 - 100
- 100 - 200
- 200 - 300
- 300 - 400
- 400 - 500
- 500 - 5369

- Делувиум
- Анфиболско-пироксенски шкрилци
- Кварцмонзонит
- Ортофири, кератофири и кварцкератофири
- Порфилобластични гнајс
- Ситнозрнест гранит
- Ситнозрни биотитски гнајесиви
- Ситнозрни порфиرويدни гранити



Слика 22. Карта на секундарна литогехемија на олово
Fig. 22. Map of soil sampling - Pb

Земањето на материјалот за пробите е од длабина на 20-30см (подкорен дел), задолжително од хоризонт "В" со тежина од 2-3kg. Пробите се земаат со посебен алат, се пакуваат во платнени кеси со испишани броеви на кесата и етикета во кесата, а преостанатиот дел од почвениот материјал се враќа на истото место-рекултивација.

Добиените резултати од хемиските анализи покажа аномални содржини на повеќе елементи од кои се позначајни Cu, Mo, As, Ag, Pb, Zn, Bi, Co, Ni, Ba и др.

Во продолжението ќе ги опишеме геохемиските карактеристики на позначајните елементи и нивните асоцијаци од 167 проби од северниот дел на наоѓалиштето Казандол.

Бакар - Содржината на Cu се движат во дијапазон од 24-9942ppm во проба ZS-12-25 (Слика бр.21).

Во 72 проби содржините на Cu се од 24-100ppm и тоа не се аномални содржини, во 62 проби содржините на Cu се од 100-500ppm и тоа се проби со ниско аномални содржини, 12 проби се со содржини од 500-1000ppm и тоа се високо аномални содржини и 21 проба се со содржини поголеми од 1000ppm достигнувајќи вредност од 9942 ppm (ZS-12-250) и тоа се проби кои имаат содржини на бакарна руда во наоѓалиштата со развиени оксидациони зони.

Молибден - Содржината на Mo во главно се <3ppm (во 163 проби), 3-24ppm (ZS-17-250).

Содржините во 28 проби се од 3-10ppm Mo кои не се аномални содржини и само во 3 проби (17ppm ZS-12-250, 18ppm ZS-8-50 и 24ppm ZS-17-250) се со ниско аномална содржина на Mo.

Арсен- Содржините на As во главно се <3ppm (во 130 проби), а во останатите 37 проби содржините на As се движат од 3-56ppm. Овие содржини се многу ниски и не претставуваат никаков геохемиски интерес.

Антимон- Содржините на Sb во главно се <5ppm во 126 проби, а во останатите проби од 5-13ppm ZS-19-700. Содржините на Sb исто како и оние на As не претставуваат геохемиски интерес поради нивните мали вредности..

Сребро - Содржината на Ag во 158 проби се <1ppm, а 9 проби тие се движат од 1-5ppm ZS-6-150. Пробите со содржини од 1-5ppm Ag се ниско аномални од геохемиски аспект, но сепак тие се индикаторни,

Цинк - Содржините на Zn се движат во дијапазон од 23-1235ppm (ZS-18-25). Содржините на Zn во 59 проби се од 23-100ppm и тоа не се проби со аномални содржини. Во 106 проби содржините на Zn се од 100-1000ppm и тоа се проби со ниско аномални содржини и само една проба (ZS-18-25) е со содржина од 1235ppm Zn која е високо аномална (Слика бр 22).

Олово - Содржината на Pb се движат во дијапазон од 11-5501ppm (ZS-18-250). Во 145 проби содржините на олово се од 11-100ppm и тоа не се аномални содржини, во 19 проби содржините на Pb се од 100-1000ppm, а тоа се проби со ниско аномална содржина и само 3 проби се со содржини поголеми од 1000ppm (1094 ZS-16-150, 3083ppm ZS-12-550 и 5501ppm ZS-18-250) и тоа се високо аномални содржини и воедно претставуваа значајна геохемика индикација (Слика бр.23).

Кобалт - Содржините на кобалт се движат во дијапазон од 4-35ppm (ZS-18-050). Во 52 проби содржината на Co се од 4-10ppm и тоа не се аномални содржини, во 115 проби содржините на Co се од 11-35ppm кои се ниско аномални содржини.

Никел - Содржината на Ni се движат во дијапазон од 3-55ppm (ZS-19-200), а тоа значи дека содржините на Ni не се аномални и не претставува геохемики интерес.

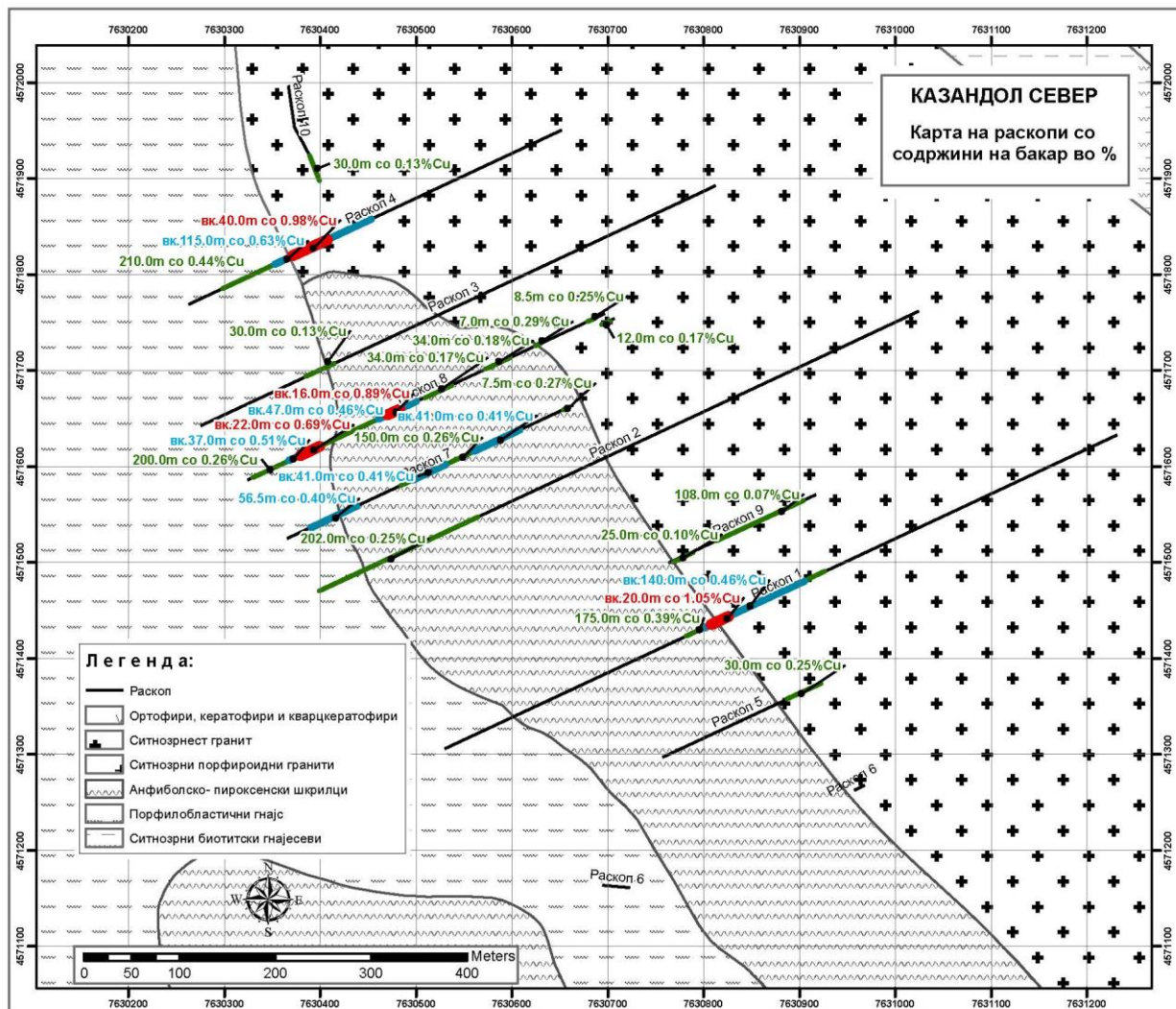
Бариум - Содржината на Ba се движи во дијапазон од 26-930ppm (ZS-6-250). Содржините на Ba во 123 проби се од 16-100ppm и тие не се геохемики аномални содржини, а во 44 проби тие се 101-930ppm и тоа се ниско аномални содржини на Ba.

Галиум - Во пробите од почвеното опробување содржините на Ga се движат од 3-59ppm ZS-22-55 и значаен дел од нив се со аномални содржини.

На јужниот дел од ноаѓалиштето Казандол металометриските истражувања се изведени само со инструментот "NITON" и на лице место се добиени резултатите на 15 елементи.

7.6. Раскопување

Во наоѓалиштето Казандол се изработени 19 раскопи, од кои 10 во Северниот дел, а во Јужниот дел 9 раскопи, со вкупна должина 7364 метри.



Слика 24. Карта на раскопи на северната страна на Казандол

Fig 24. Trench Locations - Kazandol North

Раскопите се изработени рачно со ширина од 0.60-0.80м до здрава стена, во случај кога таа не е на поголема длабина од 1.5м. Копањето е извршено рачно, со крмпови и лопати, а после опробувањето истите се затрупени, т.е. извршена е рекултивација со што теренот е доведуван во првобитна состојба.

Сите раскопи се картирани во мерка 1:100, документирани на милиметарска хартија, а картирани се дното и едната страна од раскопот, со нанесување на секоја проба со нејзината должина и број. Должините на пробите варираат од 2-

10м, но најчесто тие се со должина од 5 метри. Пробите земени со помали должини од 5 метри се во делови каде има зголемен интензитет на минерализација или оруднети жици, а пробите со должина од 10 метри се во оние делови каде нема макроскопски видливи индикации за бакарна минерализација.

Пробите се земени по метода на груба бразда од дното на раскопите со геолошки чекан, длето и други помошни алати. Тежината на поединечните проби варира од 3-6 килограми.



Слика 25. Раскопување на јужната страна на Казандол

Fig. 25. Trenching at Kazandol South

Пробите се пакувани во платнени вреќи на кои е напишан бројот на раскопот и бројот на пробата, а во вреќата се става етикета идентична со напишаното на вреќата. На почетокот на секој раскоп со GPS се снимени координатите и котата, снимена е трасата на раскопот, највисоките и најниските точки исто така со коти и координати како и крајот на раскопот. При опробувањето од почеток на раскопот се развлекува 50-метарска лента и врз основа на нејзината должина и геолошките карактеристики се определуваат должините и интервалите на пробите.

Земените проби од раскопите се пренесуваат во лабораторија за припрема. Прво пробите се евидентираат и внесуваат во деловодна книга, потоа се мерат при што се внесува нивната тежина, по што се сушат во сушара до 105°C. Исушените проби се дробат, мелат и пулверзираат со опрема од германско производство "Frich".

Скратувањето на пробите се врши со Џонсонов разделувач и тоа до 200гр за проба и 200гр за дупликат. Пробите се испраќаат на хемиска анализа во Бугарија во лабораторијата „Евротест Контрол“.

Пробите од раскопите се анализирани по методата ICP на 35 елементи, а пробите со поголеми содржини од 1000ppm Cu се анализирани и со AAS на бакар.

Резултати од позначајните раскопи на северната страна од Казандол се дадени во Табела бр. 2

Раскоп бр.	Должина метри	Од метар	До метар	Интервал метри	Cu %
T1	765	265	440	175	0.39
T2	586	384	586	202	0.25
T3	620	130	160	30	0.25
		380	445	65	0.27
T4	445	35	210	175	0.44
T5	300	155	185	30	0.25
EO0701	353	29	85	57	0.40
		140	290	150	0.26
EO0702	435	6	206	200	0.32
		350	357	7	0.29
		415	423	9	0.25
ВКУПНО	3,504	-	-	1,100	0.326

Табела 2. Резултати од позначајните раскопи на северната страна од Казандол

Table 2. Summary of Trench sampling, Kazandol North

7.6.1 Геохемиски карактеристики на раскопите во северниот дел на наоѓалиштето Казандол

Во најкратки црти ќе бидат опишани геохемиските карактеристики на позначајните елементи во северниот дел.

Бакар - Содржините на Cu се движат во дијапазон од 5-19128ppm во проба ZC08041. Вкупно се земени и анализирани 707 проби од кои 62 проби или 8.64% се со содржини од 5-100ppm (не се аномални содржини), 357 проби или 49.80% се со содржини од 101-1000ppm (аномални содржини) и во толку голем број и процент секако ваквата геохемиска аномалија има големо значење. Посебно се интересни пробите со содржини на Cu>1000ppm, а нив ги има во сите 10 раскопи од 1-65 проби или вкупно 298, односно 41.50% од сите земени проби. Вака високите содржини покрај тоа што представуваат геохемиска аномалија од највисок ранг, имаат економско значење бидејќи се на самата површина и е возможно при евентуална експлоатација тие да се откопуваат со површински коп.

Ваквите содржини во раскопите овозможуваат да се доистражат минерализираните зони со длабинско истражно дупчење по мрежа.

Молибден - Содржините на Mo се движат во дијапазон од <3-3-40ppm во проба ZC08A003. Содржините во 701 проба се до 20ppm и тие немаат аномални карактеристики, но за Mo е важно да се напомене дека пробите со содржини поголеми од 10ppm можат да бидат индикаторни за рудни минерализации. Само 6 проби содржат од 20-40ppm. Тие се значајни од геохемиски аспект, но заради нивната “разбиеност” во просторот како и малубројноста, значењето им е ограничено.

Сребро - Содржините на Ag се движат во дијапазон од <1-1-28ppm во проба ZC04028. Од вкупниот број на проби содржините во 589 или 82.15% се <1ppm, кои содржини имаат само индикаторен карактер. Во 109 проби или 15,20% содржините се 1-2ppm (ниско аномални), а во 20 проби или 2,65% тие се поголеми од 3ppm, т.е. проба ZC08A003 содржи 18ppm, проба ZC04028 содржи 28ppm, и тоа се веќе високо аномални проби и содржини кои одговараат на сиромашните полиметалични наоѓалишта.

Арсен - Содржините на As се движат во дијапазон <3-3-271ppm во проба ZC08A003. Содржините во 700 проби се од <3-64ppm и ваквите содржини не представуваат геохемиска карактеристика, освен што As учествува во асоцијацијата на елементите. Само содржината од 271ppm во пробата ZC08A003 е аномална.

Антимон - Содржините на Sb се движат во дијапазон од <5-5-26ppm во проба ZC06006. Од вкупниот број на проби, 196 проби се со содржини <5ppm, 507 проби

или 72.10% се со содржини од 5-20ppm (не се аномални содржини), а само 4 проби се со содржини од 20-26ppm (ниско аномални содржини).

Олово - Содржините на Pb се движат од 7-9051ppm во проба ZC04028. Во 618 проби содржините се од 7-100ppm (не се аномални), 75 проби содржат од 100-1000ppm (аномални содржини) и, 14 проби се со содржини повисоки од 1000ppm (високоаномални). Дел од овие проби укажуваат на полиметалични наоѓалишта на руди, најверојатно во рудни жици.

Цинк - Содржините на Zn се движат во дијапазон од 12-2251ppm во проба ZC04027. Содржините во 265 проби се од 12-100ppm (не се аномални содржини), 433 проби содржат помеѓу 100-1000ppm (аномални содржини), во 9 проби тие се поголеми од 1000ppm (високо аномални проби).

Железо - Содржините на Fe се движат во дијапазон од 0.61-21.46% во проба ZC06006. Содржините во 618 проби се движат од 0.61-5.80% (не се аномални), 87 проби содржат од 5-10% (ниско аномални содржини), а само во две проби тие се со 12.64% (проба ZC07026) и 21.46% (проба ZC06006), и тие представуваат високо аномални содржини.

Кобалт - Содржините на Co се движат во дијапазон од 2-67ppm во проба ZC02026. Содржините од 2-10ppm се присутни во 355 проби (не се аномални), 351 проба содржат од 10-50ppm (ниско аномални) и, во проба ZC02026 содржината е 67ppm, која е високо аномална содржина.

Никел - Содржините во сите 707 проби се во дијапазон од 4-97ppm во проба ZC01038 и нема аномални вредности.

Бизмут - Содржините на Bi се движат во дијапазон од <5-5-110ppm во проба ZC04026. Содржините во 219 проби се <5ppm, во 429 проби тие се 5-20ppm но не се аномални, а содржините во 53 проби се од 20-100ppm и тоа се нискоаномални содржини. Во 3 проби содржините се поголеми од 100-110ppm, кои содржини се аномални.

7.6.2. Геохемиски карактеристики на раскопите во јужниот дел на наоѓалиштето Казандол

За јужниот дел на наоѓалиштето Казандол посебно ќе бидат опишани геохемиските карактеристики на позначајните елементи. Од раскопите се земени вкупно 723 проби.

Бакар - Содржините на бакар се движат во дијапазон од 3-3516 во проба ZC29056.

Во шест раскопи има проби со содржини поголеми од 1000ppm Cu, а нивниот вкупен број е 19 или 2,68% од вкупниот број на проби. Тоа се високо аномални

проби кои покрај геохемиското значење имаат и економско значење, т.е. за тој тип на бакарна минерализација во услови на површински коп ова се рудни содржини.

Вкупно 429 проби или 59.34% од сите земени проби содржат до 100ppm Cu (не се аномални содржини), освен дел од нив кои имаат индикаторен карактер.

Во јужниот дел 275 проби или 38.04% од сите земени проби во тој дел имаат содржини од 100-1000ppm. Овие проби укажуваат на геохемишка аномалија на бакар која има издолжен облик од СЗ према ЈИ, а во некои од раскопите има 2-3 аномални зони кои меѓусебно се паралелни.

Геохемиски аномалните содржини кои се добиени од раскопите, како и оние од литогеохемиските проучувања, а исто така и од секундарните ореоли на расејување (NITON) е неопходно да се проверат со длабинско истражно дупчење со 5-8 дупнатини со длабина од 100-250метри. Бидејќи се работи за минерализација во оксидациона зона, особено внимание треба да се посвети на технологијата на добивање на јадро со висок процент (по можност и 100%) за да бидат добиените резултати репрезентативни.

Молибден - Содржините на Мо се движат од 3-39ppm во проба ZC23026.

Во 696 проби или во 96.27% од сите земени проби содржините се од 3-20ppm. И овие проби од геохемиски аспект се само индикаторни за присуство на Мо, а само 13 проби се со геохемиски аномални содржини од 21-39ppm.

Сребро - Содржините на Ag се движат во дијапазон <1-1-3ppm во проба ZC19029 и ZC25018. Содржините на Ag во 650 проби се помали од 1ppm, а во 71 проба тие се 1-2ppm и само во две проби тие се по 3ppm. Ниско аномалните содржини на Ag во просторот се неправилно распоредени и истите имаат индикаторен карактер. Среброт е во корелација со оловото и арсенот.

Арсен - Содржините на As се движат во дијапазон <3-3-88ppm во проба ZC19029. Сите земени проби се со ниски содржини но се интересни како за геохемиската асоцијација на елементи, така и како геохемиски индикации.

Антимон - Содржините на Sb се движат во дијапазон од <5-15ppm во проба ZC29014. Во 370 проби содржините се <5ppm Sb, а во 353 проби тие се од 5-15ppm, што од геохемиски аспект се ниски вредности, т.е. имаат индикативен карактер.

Олово - Содржините на Pb се движат од 5-1900ppm во проба ZC21057. Од вкупно 723 проби во 668 содржините се од 5-100ppm, кои содржини геохемиски не се аномални. Во 55 проби или 7.60% од сите земени проби, содржините се движат од 100-1000ppm, кои содржини од геохемиски аспект се аномални. Само во 3 проби содржините на Pb се поголеми од 1000ppm (1018-1900ppm Pb) и тоа се високо

аномални содржини кои најверојатно укажуваат на жични рудни структури со полиметаличен карактер имајќи ја во обзир асоцијацијата на елементите.

Цинк - Содржините на Zn се движат во дијапазон од 14-1187ppm во проба ZC19029. Содржини на Zn од 14-100ppm има во 570 проби и истите немаат геохемиско значење за индицирање на минерализација. Во 152 проби или 21.02% од сите земени проби содржините се од 100-1000ppm (геохемиски аномални содржини) и ги следат аномалиите на Cu. Цинкот заедно со Cu и Fe доста добро ги оконторува површините кои можат да бидат потенцијални за откривање на Cu минерализација.

Железо - Содржините на Fe се движат во дијапазон од 0.64-7.40% во проба ZC27028. Тие се воглавно многу ниски и во 713 проби тие се помали од 5.00%Fe. Содржините до 5%Fe не се аномални и истите имаат само индикаторно значење. Само 10 проби со содржина од 5-7.40%Fe, геохемиски се со аномални содржини и можат да укажат на рудна минерализација.

Кобалт - Содржините на Co се движат во дијапазон од 3-38ppm во пробите ZC27027 и ZC27028. Во 184 проби или 25.45% тие се <3ppm (под осетливоста на методата), во 399 проби се движат од 3-10ppm, а тоа не се аномални содржини од геохемиски аспект. Содржините во 140 проби или 19.36% се движат од 11-38ppm и тоа се ниско аномални содржини кои можат да дадат одредени правци во понатамошните истражувања.

Никел - Содржините на Ni се движат во дијапазон од 3-135ppm во проба ZC27027. Сите содржини на Ni се од 3-57ppm (проба ZC21044) и тоа се неаномални вредности, освен содржината од 135ppm (проба ZC27027) која е единечна проба и како таква, не може да биде од посебен значај.

Бизмут - Содржините на Bi се движат во дијапазон од 5-114ppm во проба ZC21076. Во 503 проби или во 69.57% од сите земени проби тие се <5ppm. Содржините во 213 проби или 29.46% од сите земени проби се од 5-20ppm и тоа се ниско аномални но сепак значајни вредности, и само пробата ZC21076 со содржина од 114ppm е со значајна аномална вредност.

Бариум - Содржините на Ba се движат во дијапазон од 12-938ppm во проба ZC21012. Во 630 проби или во 83.13% од сите земени проби тие се движат од 12-100ppm, кои содржини не се аномални и не можат да се користат како индикации во понатамошните истражувања. Содржините на Ba во 91 проба се од 100-500ppm (ZC27060), кои содржини се аномални и веројатно укажуваат на структури со полиметаличен карактер.

Содржините на Ba во две проби се од 500-1000ppm, т.е. 725ppm во проба ZC23016 и 938ppm во проба ZC27060. Тоа се високо аномални содржини и веројатно овие проби се земени од рудни жици, на што укажува и асоцијацијата на елементи.

7.7. Истражно длабинско дупчење

Врз основа на вкупните геолошки сознанија добиени после извршените обемни геолошки истражувања од првата фаза на Проектот за детални геолошки истражувања (геолошко картирање, рекогносицирање, земените и анализирани проби - стрим седименти, литогеохемија, секундарни ореоли на расејување - класично и анализирање на лице место со инструментот „NITON“ на 15 елементи секоја проба, изработените раскопи - 19 на број со вкупна должина од 7364м, нивното геолошко картирање и опробување, анализираниите проби на 35 елементи и систематското проучување на добиените резултати), изработен е проект за длабинско дупчење за северниот и јужниот дел од наоѓалиштето Казандол.

Применето е дијамантско ротационо дупчење со вајрлан систем со вадење на јадро со максимален процент. Користените јадрени цевки се триплекс, двосидни, само во исклучителни случаи и едносидни, во зависност од геомеханичките карактеристики на карпите, а со цел да се добие максимален процент на јадро.

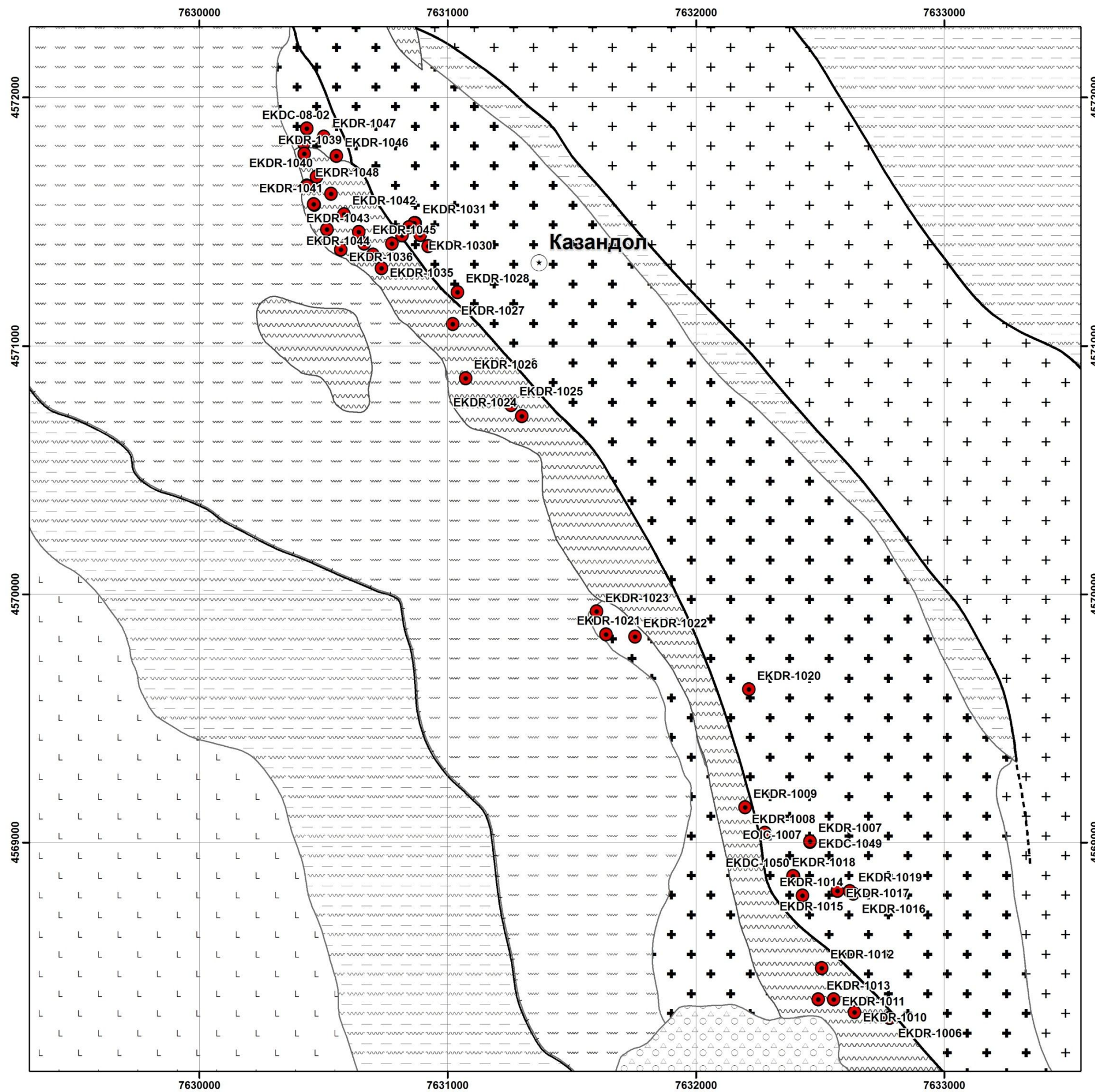
Длабинското дупчење е изведено во првиот квартал на 2008 година, поточно со дупчење се започна на 22.02.2008 година, а се заврши на 02.04.2008 година.



Слика 26. Дијамантско дупчење на северната страна на Казандол

Fig. 26. Diamond Drilling Kazandol North

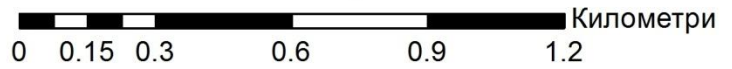
Во тој временски период се издупчени 5 дупнатини со вкупна должина од 659,10м, од кои се земено вкупно 385 проби. Од вкупно земените проби, 324 се земено од јадро, 27 од песокот кој го изнесува исплаквата за површината, 17 бланки или слепи проби и вклучени се 17 проби со позната содржина, т.е. стандарди.



**КАРТА НА ИСТРАЖНО ДУПЧЕЊЕ
ЛОКАЛИТЕТ КАЗАНДОЛ**

Легенда:

- Дупчотина
- Делувиум
- Анфиболско-пироксенски шкрилци
- Кварцмонзонит
- Ситнозрнест гранит
- Ситнозрни биотитски гнајесеви
- Порфилобластични гнајс
- Ситнозрни порфиرويدни гранити
- Ортофири, кератофири и кварцкератофири
- Дијапирски контакт
- Навлака
- Предпоставен расед
- Расед



Слика 27. Карта на истражно дупчење локалитет Казандол
Fig. 27. Map of exploration drilling Kazandol site

Во текот на 2010 година, во истиот период од 12-ти април до 18-ти мај, паралелно со класичното дијамантско дупчење со вадење на јадро, издупчени се и 43 дупчотини со примена на „Reverse Circulation“, или во превод „Реверсна/обратна циркулација“ (Слика бр.27).

7.7.1 Резултати од истражното дупчење

Во наоѓалиштето Казандол со истражното дупчење се дополнија поранешните сознанија, но се добија и нови сознанија кои на Проектот му даваат посебен значај. Откриена е минерализација/оруднување на бакар во зоната на оксидација во метаморфните карпи и во гранитите. Контурите на минерализацијата - оруднувањето досега не се одредени по протегање и латерала (веројатно 700x500м), а е дефинирана по вертикала. Таа завршува над раседната зона/лушпа во оксидационата зона во северниот дел на наоѓалиштето.

Резултатите од истражното дупчење со јадровање се дадени во Табела 3.

Реден број	Дупчотина број	Од метри	До метри	Интервал метри	Cu %
1	EKDC-08-01	1.30	7.00	5.70	0.105
		13.00	23.00	8.00	0.161
		41.00	45.00	4.00	0.271
2	EKDC-08-02	0.70	6.30	5.60	0.141
		26.30	49.80	23.50	0.151
		79.30	83.20	3.90	0.348
3	EKDC-08-03	2.00	47.10	45.10	0.773
4	EKDC-08-04	1.90	51.00	49.10	0.378
5	EKDC-08-05	1.30	22.00	20.70	0.319
1-5	EKDC-08-01/05	-	-	165.60	0.415
6	EKDC-1007	26.00	28.00	2.00	0.120
7	EKDC-1049	-	-	-	-
8	EKDC-1050	46.00	48.00	2.00	0.170
		66.00	68.00	2.00	0.140
		80.00	84.00	4.00	0.395
9	EKDC-1051A	2.00	13.00	11.00	0.121
		18.00	24.00	6.00	0.222
		31.00	40.00	9.00	0.161
		58.00	60.00	2.00	0.308
10	EKDC-1052	7.00	18.00	11.00	0.149
		22.00	24.00	2.00	0.122
6-10	EKDC-1007-1052	-	-	51.00	0.184
1-10	EKDC-08-01 - EKDC-1052	-	-	216.60	0.361

Табела 3. Резултати од истражното дупчење со јадровање на Казандол

Table 3. Summary of diamond drilling, Kazandol

Реден број	Дупчотина број	Од метри	До метри	Интервал метри	Cu %
1	EKDR-1008	74.00	75.00	1.00	0.156
2	EKDR-1009	76.00	78.00	2.00	0.604
3	EKDR-1010	19.00	21.00	2.00	0.366
4	EKDR-1012	50.00	51.00	1.00	0.149
5	EKDR-1013	11.00	15.00	4.00	0.265
6	EKDR-1015	0.00	1.00	1.00	0.142
		3.00	4.00	1.00	0.120
		6.00	7.00	1.00	0.243
		22.00	38.00	16.00	0.209
		71.00	74.00	3.00	0.331
		85.00	88.00	3.00	0.178
7	EKDR-1020	0.00	13.00	13.00	0.159
8	EKDR-1021	8.00	13.00	5.00	0.427
9	EKDR-1022	7.00	10.00	3.00	0.114
		20.00	22.00	2.00	0.126
10	EKDR-1023	33.00	34.00	1.00	0.131
		43.00	54.00	11.00	0.214
11	EKDR-1024	18.00	19.00	1.00	0.110
12	EKDR-1026	22.00	26.00	4.00	0.167
		27.00	28.00	1.00	0.121
		29.00	30.00	1.00	0.105
		34.00	35.00	1.00	0.182
		37.00	37.00	1.00	0.112
13	EKDR-1029	5.00	7.00	2.00	0.110
		18.00	19.00	1.00	0.128
		24.00	32.00	8.00	0.157
14	EKDR-1030	1.00	21.00	20.00	0.328
		49.00	50.00	1.00	0.170
15	EKDR-1031	0.00	19.00	19.00	0.298
		34.00	36.00	2.00	0.145
		37.00	39.00	2.00	0.115
16	EKDR-1032	0.00	21.00	21.00	0.246
		23.00	24.00	1.00	0.170
		33.00	35.00	2.00	0.180
17	EKDR-1033	1.00	3.00	2.00	0.590
18	EKDR-1034	0.00	1.00	1.00	0.100
		2.00	3.00	1.00	1.110
		18.00	19.00	1.00	0.210
		22.00	23.00	1.00	0.210
19	EKDR-1035	4.00	5.00	1.00	0.137
20	EKDR-1037	1.00	25.00	25.00	0.212
21	EKDR-1038	8.00	14.00	6.00	0.160
		16.00	38.00	22.00	0.255
		46.00	51.00	5.00	0.338
		58.00	59.00	1.00	0.270
		68.00	69.00	1.00	0.120
		74.00	75.00	1.00	0.420
<i>(продолжува)</i>					

Табела 5. Резултати од истражното дупчење со RC на Казандол

Table 5. Summary of RC drilling, Kazandol

Реден број	Дупчотина број	Од метри	До метри	Интервал метри	Cu %
22	EKDR-1039	1.00	30.00	29.00	0.233
		33.00	39.00	6.00	0.177
		36.00	44.00	8.00	0.184
		61.00	65.00	4.00	0.157
		71.00	74.00	3.00	0.227
		78.00	89.00	11.00	0.245
23	EKDR-1040	0.00	9.00	9.00	0.350
		11.00	18.00	7.00	0.271
		22.00	44.00	22.00	0.282
24	EKDR-1041	0.00	4.00	4.00	0.165
		6.00	13.00	7.00	0.171
		14.00	22.00	8.00	0.343
25	EKDR-1042	0.00	10.00	10.00	0.418
		15.00	24.00	9.00	0.263
26	EKDR-1043	0.00	3.00	3.00	0.170
27	EKDR-1044	8.00	9.00	1.00	0.110
		14.00	15.00	1.00	0.100
		16.00	23.00	7.00	0.842
		24.00	25.00	1.00	0.240
28	EKDR-1045	18.00	21.00	3.00	0.120
		23.00	25.00	2.00	0.675
		29.00	30.00	1.00	0.520
29	EKDR-1046	2.00	8.00	6.00	0.283
		14.00	15.00	1.00	0.250
		20.00	23.00	3.00	0.213
		28.00	30.00	2.00	0.110
		34.00	36.00	2.00	0.175
		52.00	53.00	1.00	0.180
30	EKDR-1047	55.00	56.00	1.00	0.250
		14.00	15.00	1.00	0.110
		22.00	29.00	7.00	0.214
		34.00	36.00	2.00	0.600
		37.00	39.00	2.00	0.255
31	EKDR-1048	42.00	45.00	3.00	0.327
		0.00	45.00	45.00	0.363
1-31	-	-	-	460.00	0.258

Табела 5. Резултати од истражното дупчење со RC на Казандол

Table 5. Summary of RC drilling, Kazandol

8. 3D – МОДЕЛИРАЊЕ НА ОРУДНУВАЊЕТО ВО НАОЃАЛИШТЕТО КАЗАНДОЛ

Моделирањето и изработката на 3D – модел за бакарното оруднување во наоѓалиштето Казандол е извршено со примена на ArcGIS софтверски пакет со нормална процедура на системско-статистичка обработка на податоците вклучувајќи ја професионалната GIS алатка.

Во наредниот преглед подетално е дадена методологијата и фазноста при изработката на 3D моделот на наоѓалиштето Казандол.

8.1. Методолошки пристап

Согласно компонентите кои го чинат конкретен ГИС во истражувањето на наоѓалиштето Казандол се применети повеќе методи како што се:

- картографски
- географски-геолошки
- статистички
- информатички

8.1.1. Картографски методи

Оваа метода е применета на почетокот на истражувањето на наоѓалиштето, и се однесува на подготовка на наменски картографски основи во електронска форма (растерска или векторска, но почесто векторска) како основа врз која се базира целата суштина на ГИС. Направено е геореференцирање на растерските карти на топографските основи 1:25000 и геолошката карта 1:100 000.

8.1.2. Географски-геолошки методи

Во процесот на организација и воспоставување на ГИС, географските методи е организација и формирање на базите на податоци од географските податоци и геолошките истражувања на наоѓалиштето Казандол која е предмет за изработка на ГИС (топографија, хидрологија, геологија итн.).

8.1.3. Статистички методи

Статистичките методи во рамките на ГИС најдоа широка примена како методологија за анализата на резултатите од методите кои беа применети во текот на истражувањето на наоѓалиштето Казандол од кои е формирана целата база на податоци како фундаментална за креирање на конкретниот ГИС.

8.1.4. Информатички методи

Информатичките методи при креирањето на конкретен ГИС се применуваат во процесот на картографската припрема (примената на хардверската поддршка и софтверската опрема (ArcGIS, Target for ArcGIS), во компјутерската организација (програмирање) на базите на податоци и во процесот на воспоставување на интеракциските врски меѓу картографската и статистичката основа.

8.2. Принципи

Мултидисциплинарниот карактер на ГИС претпоставува примена на повеќе принципи при неговата организација и воспоставување. Како основни се принципите:

- од општо кон посебно,
- од посебно кон општо,
- од поголемо кон помало,
- од помало кон поголемо.

Примената на наведените принципи е со цел за навремена и посоодветна систематизација и класификација на мноштвото содржини кои го сочинуваат ГИС. На тој начин се олеснува организацијата на работа и воспоставувањето на конкретна ГИС апликација.

8.2.1. Елементи на ГИС

Терминот ГИС самиот по себе претпоставува комплексна целина која се состои од повеќе функционално поврзани делови, како елементи на системот. Во концепцијата на ГИС, како посебни елементи се издвојуваат:

- картографската подготовка,
- базите на податоци,
- интеракциските врски,
- функционалноста на ГИС.

8.2.2. Картографска подготовка

Картографската подготовка е посебна техничко-технолошка постапка која го опфаќа: изборот на картографските извори за конкретна ГИС апликација, скенирањето на картографската слика, вразмерувањето на картографските основи, ориентацијата на картографската слика, изработката на упатството за картографска обработка, спроведувањето на процесот на дигитализација (добивање и трансфер на електронската картографска растерска форма во електронска картографска векторска форма), формирањето на наменска картографска основа во електронска векторска форма и други припреми. Картографската обработка на конкретна аналогна карта во функција на креирање и дизајн на нова карта може да се користи и како посебна целина за себе, а во контекст на ГИС претставува нераздвојна целина од останатите елементи.

8.2.3. Бази на податоци

Бази на податоци за конкретен ГИС претставуваат непосредните атрибути за сите потребни и идентификувани ентитети организирани во една или повеќе независни или меѓусебно поврзани табеларни прикази. Базите на податоци се втората целина кај ГИС од која зависи креирањето на идните тематски карти и разни аналитички извештаи за конкретен проблем. Поконкретната непосредна организација на базите на податоци во ГИС главно ги претпоставуваат: изработката на упатство за формирање бази на податоци и изборот на софтверски пакет за релациони бази. Во рамките на овие две покомплексни операции се дефинираат и се спроведуваат постапките за начинот на

аквизиција, обработка организација, внос, дефинирањето на релационите соодноси меѓу податоците во конкретно избраните софтверски пакети и начините на нивно искористување. Слично како картографските основи, и базите на податоци може да се користат самите за себе (за разни видови пребарувања, пресметувања и анализи), а заедно со останатите елементи во функција на ГИС претставуваат нераздвојна целина.

8.2.4. Интеракциски врски

Интеракциските врски се третата посебна целина кај ГИС без која истите не може да се замислат. Интеракциските врски претставуваат посебна техничко-технолошка постапка на поврзување на секој картографски објект (точкест, линиски или површински) со соодветните негови податоци/ентитети во базата на податоци. Интеракциските врски се воспоставуваат така што секој елемент од картографскиот цртеж добива идентификациски број-ID кој во базите на податоци вообичаено е во првите колони, а потоа се редат останатите ентитети со нивните атрибутни податоци. Интеракциските врски главно ги опфаќаат операциите на воспоставување ID-бројеви на географските објекти (точкести, линиски или површински) и воспоставување линк (интеракциска врска) меѓу картографскиот објект и податоците за истиот во базата на податоци.

8.2.5. Функционирање на ГИС

Претходно оформената карта во електронска форма, организацијата и пополнувањето на базите на податоци и воспоставените интеракциски врски го формираат ГИС како целина. Така воспоставен ГИС станува функционален. Со тоа е овозможено поставување и реализација на конкретни барања кои може да бидат безбројни со користењето на различни методи на истражување на локалитетот Казандол. Нивната непосредна реализација овозможува резултати во смисла на добивање: картографски преглед по оформената картографска електронска растерска и векторска форма, карти во електронска форма базирани на податоците од базата на податоци, разни извештаи поставени барања од базата на податоци и можности за креирање и дизајн на нови карти со различни наменски содржини и размер. Токму тоа е причина функционалните аспекти да се третираат како посебна елементарна целина во ГИС.

При истражувањето на наоѓалиштето Казандол се користени различни методи на истражување кои се комбинирани со користењето на ГИС . Овие методи се:

- Користење на податоците од поранешните истражувања
- Геолошка проспекција (1: 2000)
- Стрим седименти
- Геолошко картирање и опробување
- Литогеохемија (Rock sampling)
- Металометрија- почвено опробување “В” хоризонт
- Раскопување
- Истражно длабинско дупчење со јадровање
- Опробување на истражните дупнатини
- Лабораториски и технолошки испитувања

ГИС коиристи различни 2Д и 3Д софтверски пакети за да се спојат и анализираат резултатите од истражувањата и во оваа магистарска работа се разгледани:

- Arc GIS
- Target for ArcGIS

8.3. Клучни одлики на ArcGIS ® Desktop

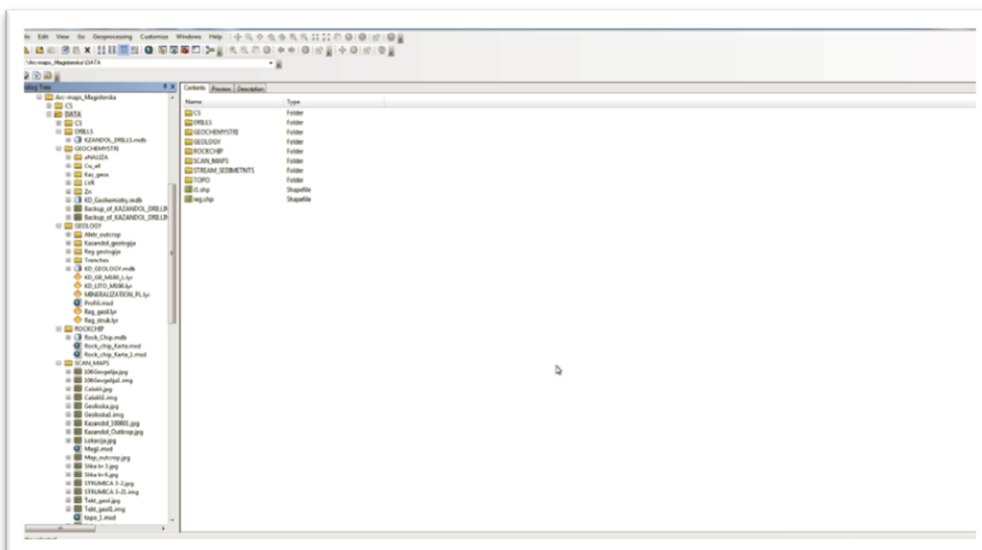
ArcGIS ® Desktop е целосно опремен ГИС софтвер за визуелизација, управување и анализа на просторини податоци.

ArcGIS ® Desktop е софтвер кој ви овозможува да се откријат односите и трендовите на податоците, кои не се лесно видливи во базите на податоци, во табеларните пресметки, или статистички пакети. ArcGIS Desktop овозможува да управуваат и да се интегрираат податоците, вршат анализи, моделирање и да се прикажат резултатите на квалитетни на карти.

ArcGIS Desktop ги вклучува следните софтверски производи: ArcMap, ArcCatalog, ArcToolbox, и Extensions.

ArcCatalog е официјален "Менаџер" на ArcGIS Desktop. Тој го има изгледот на Windows Explorer и функционалност за ефикасно управување со просторните податоци. Функцијата на ArcCatalog е да овозможи пребарување, организирање и прикажување на просторни податоци. Тоа може да се препознае бројни просторни податочни формати како ArcInfo, ESRI shapefiles, Гео-бази на податоци, и CAD датотеки. Базата на податоци е формирана во ArcGIS - ArcCatalog и содржи неколку типа на податоци:

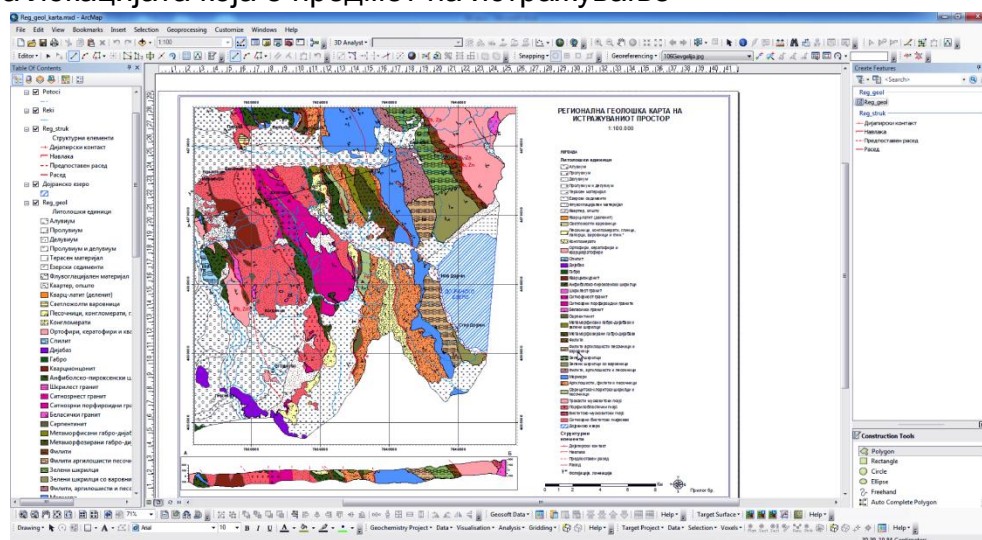
- Резултатите од поранешните истражувања
- Просторни податоци и геолошки податоци од резултати од геолошка перспекција
- Просторни податоци и резултатите добиени со лабораториски испитувања со методата на стрим седименти
- Просторни податоци и информации за типот на карпите и измените на истите добиени со геолошко картирање
- Просторни податоци и резултати од литогеохемија (Rock sampling)
- Просторни податоци и резултати од металометрија- почвено опробување "B" хоризонт
- Просторни податоци и резултати добиени од користењето на раскопување
- Просторни податоци и резултати од лабораторските истражувања од истражното длабинско дупчење



Слика 28. Изглед на прозорец на Arc Catalog

Fig. 28. The appearance of window of the Arc Catalog

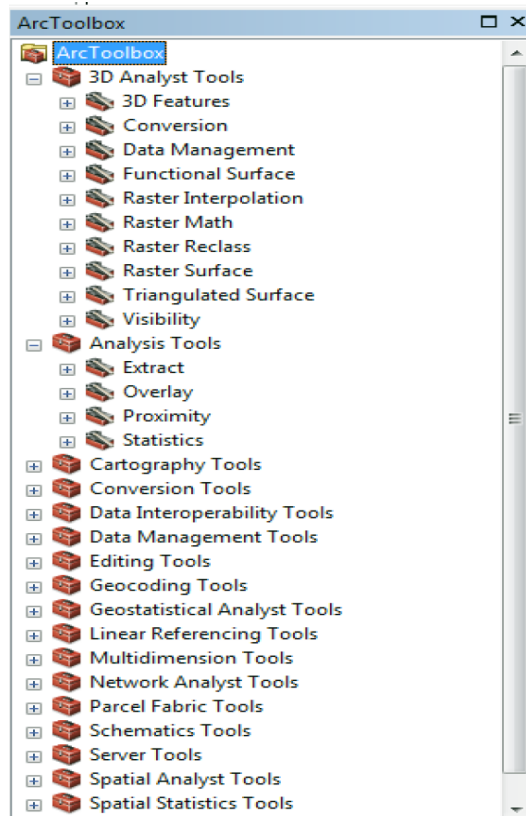
ArcMap е работна околина на ArcGIS пакет на производи и го заменува ArcView. ArcMap е моќна алатка за прегледување, уредување и анализирање на просторните и атрибутивните податоци и за создавање информација која е значајна за локацијата која е предмет на истражување



Слика 29. Изглед на прозорец на ArcMap

Fig. 29. The appearance of window of the ArcMap

ArcToolBox е пакет на алатки за анализа и обработка на просторните податоци како и на табеларените податоци. ArcToolBox можат да ја коирстат и ArcCatalog и ArcMap. Тоа содржи многу алатки, од кои некои се едноставни а други сложени како на пример: алатки за анализа, алатки за картографија, алатки за управување со податоци и други.



Слика 30. Изглед на прозорец на ArcToolBox

Fig. 30. The appearance of window of the ArcToolBox

Extensions во ArcGIS Desktop се "add-on" програми кои вршат специјализирани функции. Extensions може да се вклучуваат и исклучуваат или во ArcMap или ArcCatalog. Некои примери на домени се: 3D Analyst, ArcScan, Network Analyst, Publisher, and Spatial Analyst.

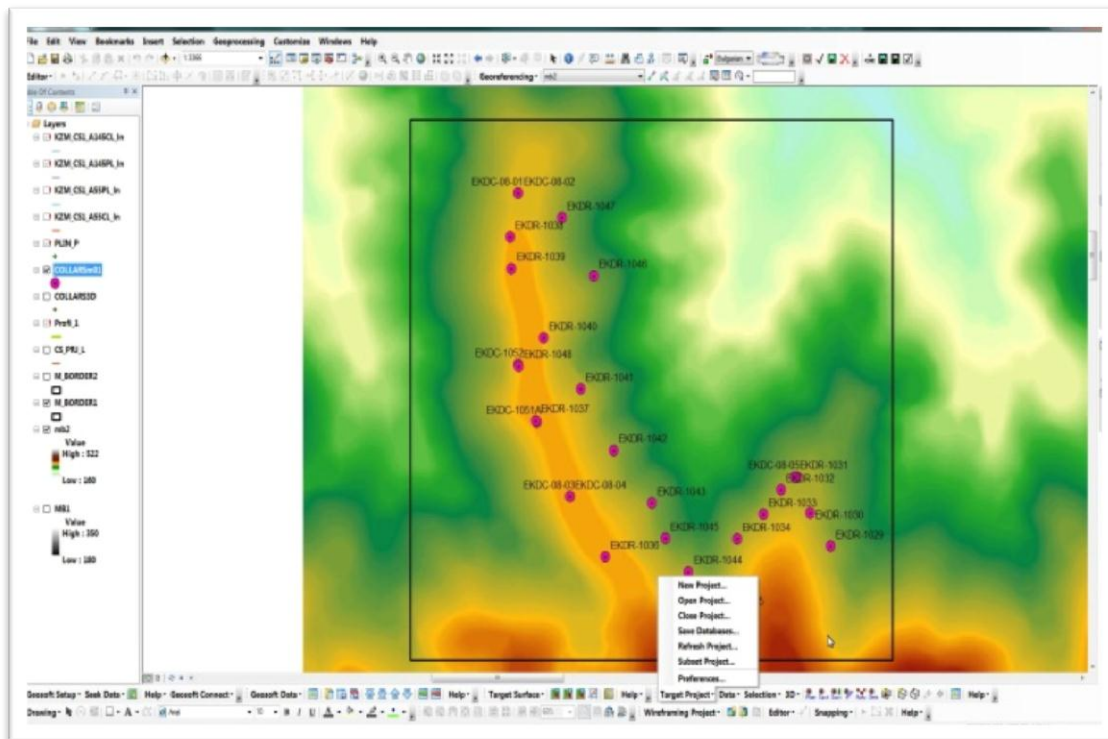


Слика 31. Изглед на прозорец на 3D Analyst

Fig. 31. The appearance of window of the 3D Analyst

Target for ArcGIS е софтверски пакет за геологија во рамките на ESRI ArcGIS кој го поедноставува 3D визуелизацијата и анализа на податоците од дупчотините во рамките ArcMap.

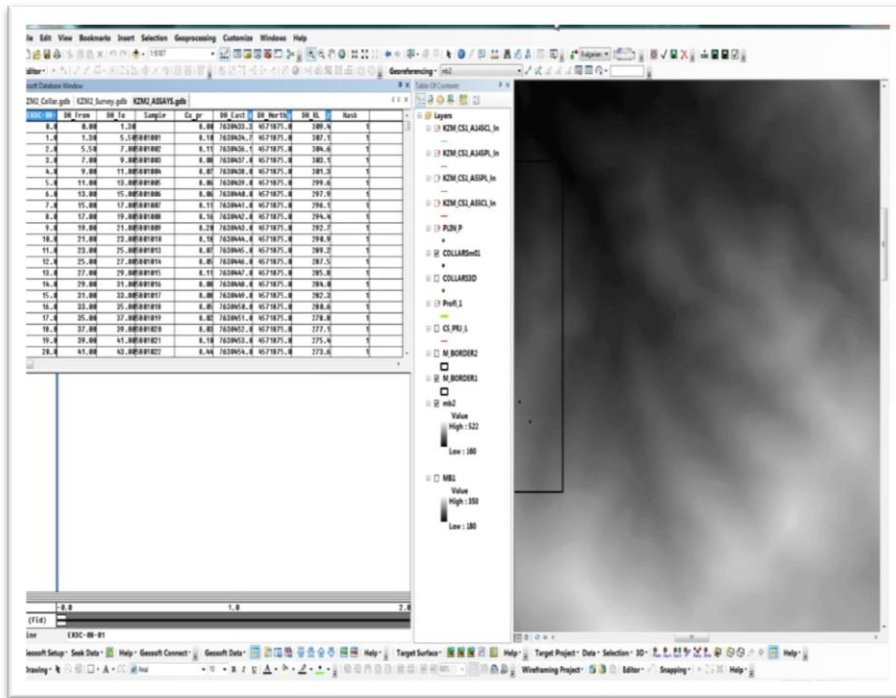
Деталните геолошки истражување покажаа интересни бакари концентрации во оксидационата зона, која претставува основа за изградба на 3D модел. Target автоматски го детектира видот на податоците кои се внесуваат, вклучувајќи: локациите на истражните дупнатини со нивното име, просторните податоци за нив координатите, котата, длабочината на дупнатината азимутот.



Слика 32. Креирање на проект во Target for ArcGIS

Fig. 32. Creating a project into Target for ArcGIS

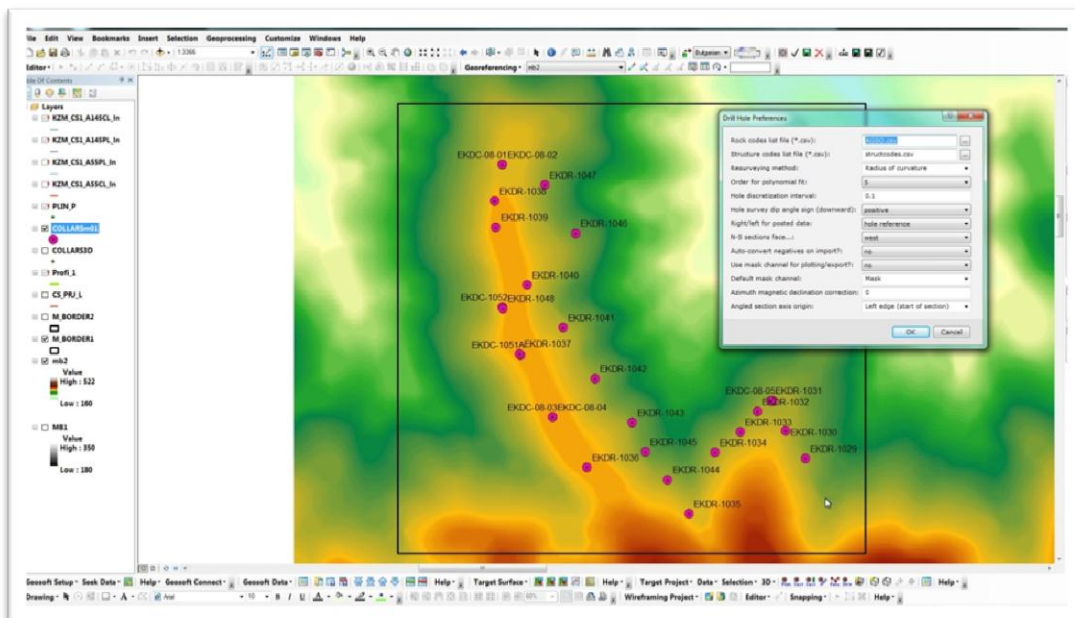
Хемиските анализи се нумерички податоци кои се добиваат од лабораторија во електронскиот формат и се внесуваат многу едноставно и брзо во Target на следниот начин: DH-Data menu> Drill Hole menu>Ascii Import Wizard>Browse>KZM_ASSAYS (Слика 33.)



Слика 33. Внесување на податоците од дупчините во Target for ArcGIS

Fig. 33. Importing the data from drill holes into Target for ArcGIS

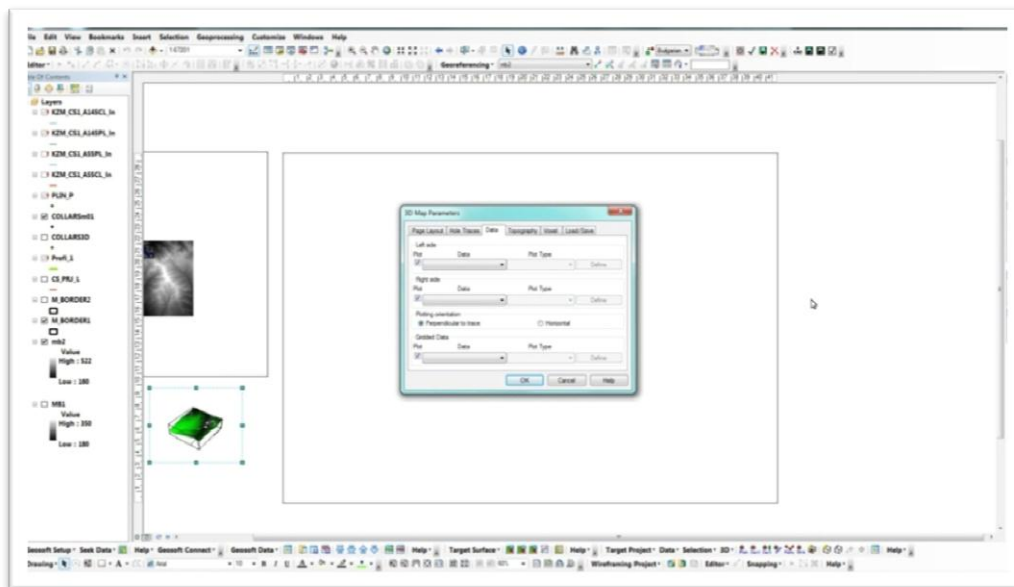
За да се започне со работа со Target 3D на почеток го одбереме просторот што ние би сакале да се концентрираме со алатката за избор. Ова ќе ни овозможи да се прикаже подрачјето со дупотините на проект кој е од интерес за нас.



Слика 34. Дефинирање на просторот за 3D моделирање

Fig. 34. Defining the area for 3D modeling

Target Drillhole> се појавува Hole Selection Tool dialog > селектирањето се прави со polygon tool за да се дефинира површината околу дупчотините (Слика 34). Исто така, за да создадеме Target 3D Voxel Grid, најпрвин ги одбираме дупчотините кои треба да бидат вклучени во Target 3D Voxel grid. Од Target Drillhole toolbar, со select Voxels>3D Gridding од Current Geosoft Database>3D Gridding dialog. Да се создаде Target 3D Map одиме на Target Drillhole toolbar>Generate 3D Drillhole Plot b>3D Map Parameters dialog, да се определат и да се пороменат бројни параметри како што се 3D погледот и фонтоот и др.

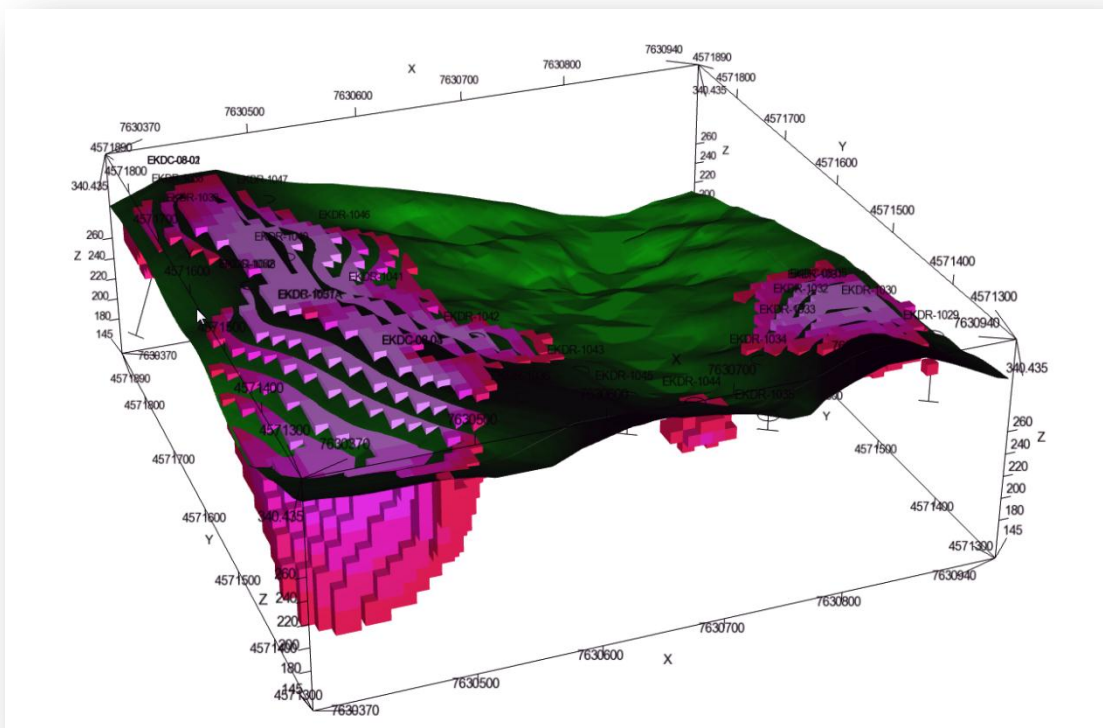


Слика 35. Креирање на 3D модел

Fig. 35. Creating a 3D model

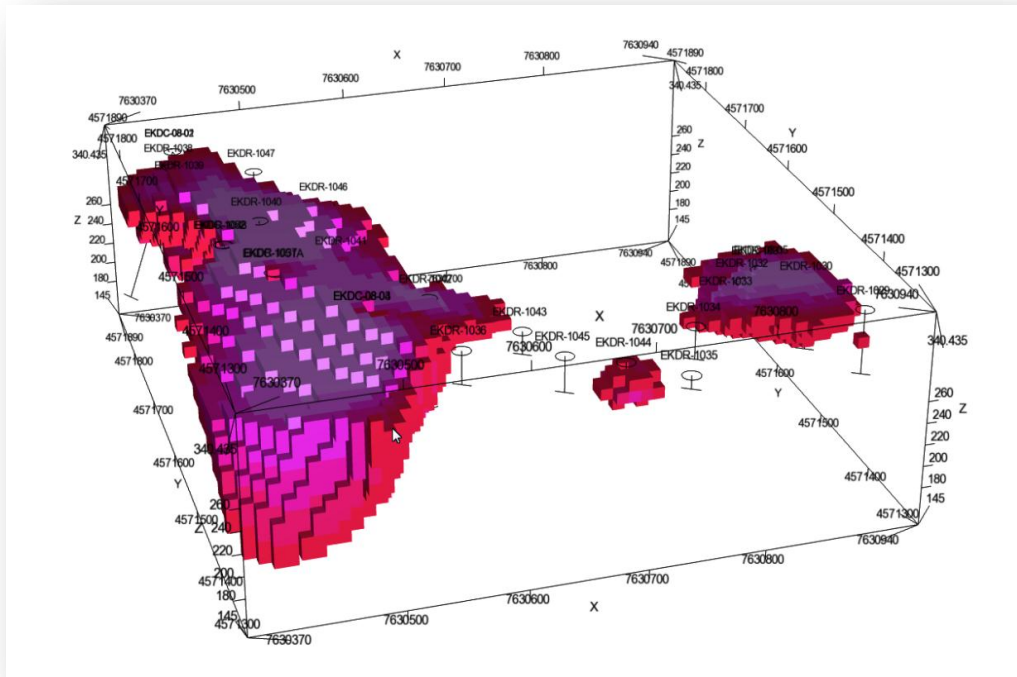
Трите понудени gridding методи се Minimum curvature, Kriging и TIN техника. Да се дефинираат Gridded data parameters> Define . Топографијата на теренот се зема со користење на Browse и се лоцира го топографија мрежа M01GGRD. Дистрибуцијата на одреден елемент се генерирана преку обични kriging метод. Обичните kriging беше развиена од страна Matheron (1971) во почетокот на шеесеттите и игра посебна улога, бидејќи овој метод е компатибилен со неподвижен модел, вклучува само вариограм и тоа е форма на kriging најмногу се користи во истражувањето на минералните резерви (Chile's and Delfiner, 1999). Обичните kriging проценки се засниваат на просечните содржини на пробите и задоволување различни дисперзни форми на податоци (Goovaerts, 1997). Пресметката на минерализација на оделни домени(полиња) е моделирана врз основа само на содржината на метал, со дефинирање на граничните содржини на метал во ноѓалиштето Казандол. При 3D моделирањето на рудното тело се земени во предвид раседните зони, геолошката средина и е во согласност со дистрибуцијата на металот.

Од 3D може да се види дека, поголемиот дел од геохемиски групи имаат силна поврзаност со литолошките единици(Слика 36). Најголемите предности на градење на 3D волумени, наместо на 2D профили е можноста да се дефинира содржината и волуменот на целата минерализирана зона (Chmielowski et al., 2013). При изградба на 3D модел на оваа рудно наоѓалиште се користени клучните карактеристики поврзани со рудната зона и генетскиот модел, како што се распоредот на елементите во рамките на целиот руден систем, како и изворот на метали во наоѓалиштето, (Fisher et al., 2013; Chmielowski et al., 2013).



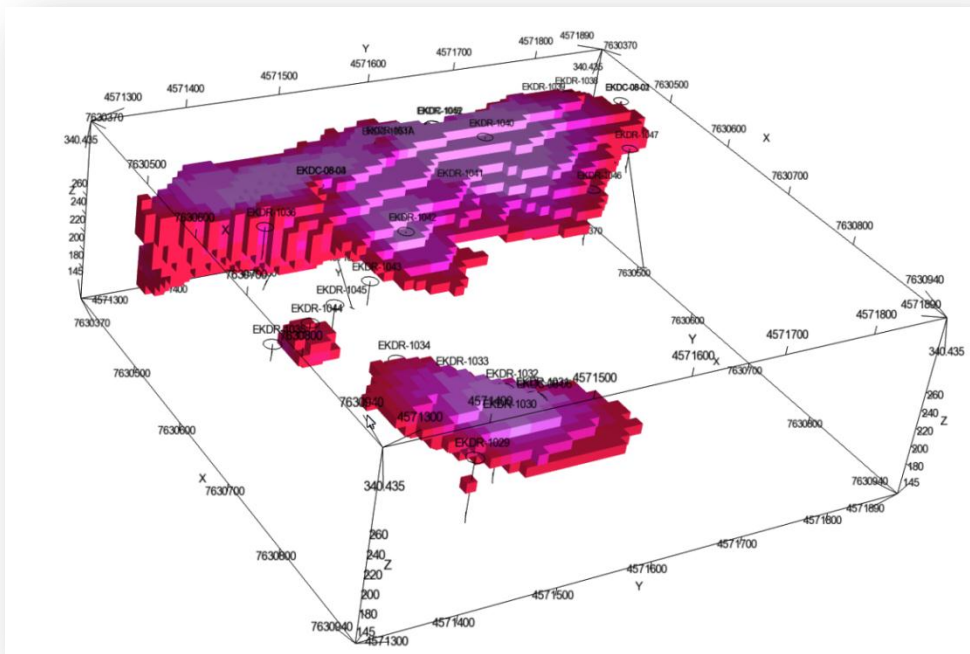
Слика 36. 3D Модел на северната страна на наоѓалиштето Казандол

Fig. 36. 3D Model of the deposit Kazandol North



Слика 37. 3D Модел на северната страна на наоѓалиштето Казандол

Fig. 37. 3D Model of the deposit Kazandol North



Слика 38. 3D Модел на северната страна на наоѓалиштето Казандол

Fig. 38. 3D Model of the deposit Kazandol North

За време на создавањето на моделот, некои делови во врска со областа на минерализација и формата на рудното тело беа специјално ажурирани (дебелина на повеќе од 160 метри); некои нови север-јужни раседни структури кои беа интерпретирани, со понатамошните истражувања ќе биде потребно да се потврдат како и нивниот металогенетски однос со минерализационите процеси.

Мора да се спомене и тоа што 3D моделот на Казандол ја рефлектира бакарната аномалија, геохимиска карта во Слика 21. Но истражните работи на Казан Дол продолжуваат и во јужните делови од наоѓалиштето, и доколку постојат позитивни бакарни и цинкови аномалии како одраз на оксидните бакарни жили во затворени во зоните на дробење зони.

Врз основа на утврдените контури на наоѓалиштето Казандол, согласно креираниот блок модел, направена е пресметка на рудните резерви со различни гранични содржини на бакар (0.05 Cu%, 0.08 Cu%, 0.10 Cu%, 0.12 Cu%, 0.15 Cu% и 0.20 Cu). Сите параметри поврзани за геолошките рудни резерви на северната страна на наоѓалиштето Казандол се дадени Табела 5, што следи подолу:

Проект	Гранична содржина Cu [%]	Волумен во [m ³]	Руда [t]	Средни содржини Cu [%]	Метал Cu [t]
Казандол	0.05	9392000	24315888	0.137976847	33550.29
Казандол	0.08	6459000	16722351	0.171582288	28692.59
Казандол	0.1	5079000	13149531	0.193845433	25489.76
Казандол	0.12	4001000	10358589	0.216506616	22427.03
Казандол	0.15	2875000	7443375	0.248880574	18525.11
Казандол	0.2	1683000	4357287	0.302671141	13188.25

Табела 5. Геолошки рудни резерви на северната страна на наоѓалиштето Казандол

Table 5. Geological ore reserves on the north side of the Kazandol

Блок моделот што е претставен во овој магистарски труд и пресметката на рудни резерви во наоѓалиштето Казандол земени се со гранични содржини на бакар од 0.10 Cu%, и изнесуваат 13.149.531t со просечна содржина од 0.193% Cu.

9. ЗАКЛУЧОЦИ

- * Со изведените детални геолошки истражувања откриена е минерализација или мало наоѓалиште на бакарно оруднување во оксидациона зона
- * Према содржината на Cu, наоѓалиштето според сегашниот степен на истраженост е сиромашно, но имајќи во предвид дека Cu е во оксидни и карбонатни минерали (малахит, тенорит и куприт како главни, а азурит, самороден бакар, халкозин, ковелин, пирит, халкопирит и др. како споредни) и овие содржини се значајни.
- * Најзначајни алтерации во наоѓалиштето се: силификацијата, серицитизацијата, кварц-серицитизацијата, аргилитизацијата, хлоритизацијата и др.
- * Степенот на истраженост е на ниско ниво и истражувањата треба да продолжат со длабинско дупчење на северниот дел и особено на јужниот дел на рудната појава „Казандол“, каде досега не е издупчена ниту една дупнатина.
- * Блок моделот што е претставен во овој магистарски труд со гранични содржини на бакар од 0.10 Cu%, и изнесуваат 13.149.531t со просечна содржина од 0.193% Cu.
- * Меѓутоа вкупниот потенцијал на руда и метал во овој момент е тешко да се оцени и истражувањата треба да продолжат.
- * Ако количините и содржините ги задоволат барањата на инвеститорите, многу брзо и ефтино може да се изгради рудник за бакар.
- * Наоѓалиштето Казандол се наоѓа во Вардарската зона и претставува добра индикација за откривање и на други потенцијални простори за истражување.
- * Истражувањата се во тек и ќе продолжат и во втората половина од 2015 година.

10. КОРИСТЕНА ЛИТЕРАТУРА

Павловиќ, С., (1940). Ги спомнува појавите на бакарна минерализација во извештајот за лист Струмица и Гевгелија. Дава извештај за рудникот Казандол, како и геолошка карта на поширокото подрачје на с.Казандол во раземер 1 10.000. Според него, овој терен е изграден од различни шкрилци, гранити и гнајсеви. Во шкрилците се најдени кварцни жици оруднети со пирит и халкопирит.

Туќан, Ф., (1940). Дава кратки белешки за геолошкиот состав на теренот, а по Втората Светска војна, најголемиот број на податоци кои ги дава се однесуваат на разни рудни појави.

Донат, М., (1950). Дава извештај за бакарните појави во Македонија, а посебно за појавите кај Казандол и смета дека настанале исклучиво во доцната хидротермална фаза. Според него-оруднувањето е поврзано со младата тектоника.

Радовќ, Н., Стојановиќ, М., (1971-72). *Трудови на Геолошки Завод на СРМ, св.15.* Истражувањата на Казандол беа вршени во период од 1967-1968 година, при што особено внимание беше посветено на геолошката градба и минеролошко-петрографските карактеристики на карпестите маси.

Ивановски, Т., (1963). *Тумач за лист Гевгелија*, Стручен фонд на Геолошки завод – Скопје

Ивановски, Т., (1971). *Тектонски склоп на теренот помеѓу реката Вардар, Струмичко поле и Југословенско-Грчката граница, како прилог кон познавањето на Вардарска зона*

Александров М., Бомбол Д., (2008). *Извештај за деталните геолошки истражувања на концесијата Казандол за период 2005 - 2008 година.*

Благоја Маркоски, (2007) „Географски информациски системи“, Геомап, Скопје 2007 година,

Anthony M. Evans, (1993) *Ore Geology and Industrial Minerals*

Damir Medak, *GEOSTATISTIKA Analiza prostornih podataka Sveucilište Zagrebu Geodetski fakultet*

Mutasim Sami Osman, (2012) *Mineral Exploration Using GIS, King Fahad University of Petroleum and Minerals*

Carlos A. Torres. *Mineral Exploration Using GIS and Processed Aster Images.*

- Emmanuel John M. Carranza, Geochemical Anomaly and mineral prospectivity mapping in GIS.
- Emmanuel John M. Carranza, Jerrysal C. Mangaoang, and Martin Hale, Application of Mineral Exploration Models and GIS to Generate Mineral Potential Maps as Input for Optimum Land-Use Planning in the Philippines.
- G. A. Partington and M J Sale, Prospectivity Mapping Using GIS With Publicly Available Earth Science Data — A New Targeting Tool Being Successfully Used for Exploration in New Zealand.
- G. F. Bonham-Carter, F. P. Agterberg, and D. F. Wright Integration of Geological Datasets for Gold Exploration in Nova Scotia.
- Imelda Gainford; Boliden Tara Mines Limited Utilising GIS in Mineral Exploration: A case study in efficiency.
- J. Monthel, P. Vadala, J.M. Leistel, and F. Cottard, Mineral deposits and mining districts of Serbia compilation map and GIS databases.
- John McGaughey. The Common Earth Model: A Revolution in Mineral Exploration Data Integration.
- Wellmer, F.-W. (1998) : Statistical Evaluations in Exploration for Mineral Deposits izdavac : Springer,.
- Dimitrijevic M., Ciric B., 1966.: Essai sur l'évolution de la masse Serbomacedonniene. Tbilisi, Geotektonika, No 5, Moskva.
- Faure, G., 1998. "Principles and Applications of Geochemistry", 2nd ed., Prentice Hall, 625p
- Grubic, A., 1980. Yugoslavia: Outline of Yugoslavian geology. 26th Int. Geol. Congress, Paris, 615, 5-49.
- Guilbert. J. M. and Park. C. F. 1996. The Geology of Ore Deposits. Fifth Printing, W. H Freeman and Company, United States of America. 985 p.
- Јанковиќ, С., 1981: Лежишта минералних сировина. Генеза рудних лежишта. Рударско-Геолошки факултет Београд, 529 стр.
- Јанковиќ, С., 1985, Економска геологија и основи економике минералних сировина
- Јанковиќ, С., 1990. Рудна лежишта Србија: Регионални металогенетски положај, средине стварања и типови лежишта. Републички фонд за геолошка истраживања и РГФ, Београд
- Јанковиќ, С., 1990. Рудна лежишта Србија: Регионални металогенетски положај, средине стварања и типови лежишта. Републички фонд за геолошка истраживања и РГФ, Београд.

- Јанковић, С., 1990. Рудна лежишта Србија: Регионални металогенетски положај, средине стварања и типови лежишта. Републички фонд за геолошка истраживања и РГФ, Београд.
- Janković, S., Milovanović, D.B. (1985) *Ekonomska geologija i osnovi ekonomike mineralnih sirovina*. Beograd: Rudarsko-geološki fakultet
- Jankovic, S., Serafimovski, T., Aleksandrov, M., 1995: The Besna Kobila-Osogovo Metallogenic zone. *Geologica Macedonica*, Vol. 9, No. 1, 39-50, Stip
- Karamata, S., 1981. Time and space plate. Tectonic modelling of tectonic magmatic and metamorphic processes in Tethysphere orogenic belts. *Bull. Acad. Serbe des Sci. et Arts, Classe des Sci. Math, et Nat.*, 21, 27-46, Belgrade
- Misra, K., 2000. *Understanding Mineral Deposits*. Kluwer Academic Publishers, Dodrecht, Netherland, 845 p.
- Serafimovski, T., Jelenkovic, R., Lazarov, P. and Tasev, G., 2006. Sulphur isotope study in sulphides from some mineral deposits in the Serbo-Macedonian metallogenic province
- Серафимовски, Т., 1990: Металогенијаназоната Леце-Халкидик Докторска дисертација, Рударско-геолошки факултет-Штип, 380 стр
- Серафимовски, Т., 1993: Структурно-металогенетски карактеристики на зоната Леце Халкидик: Типови на наоѓалишта и реонизација, РГФ-Штип, 328 стр.
- Серафимовски, Т., Александров, М., 1995: Наоѓалишта и појави на олово и цинк во Република Македонија”, Штип, 387 стр, 339-340.
- Серафимовски, Т., 2000: Рудни наоѓалишта, постојан универзитетски учебник, 471 стр., издавач Универзитет “Св. Кирил и Методиј”, Скопје, Скопје.
- Serafimovski, T., Tasev, G. and Stefanova, V., 2012. Major Alpine ore districts at the territory of the Republic of Macedonia. (Eds. A. von Quadt & T. Serafimovski) Diversity of copper and gold deposits in the Eastern Europe Balkan, Carpathian and Rhodopean belts: tectonic, magmatic and geochronological investigations; SCOPES Project-International Conference, May 29-June 02, 2012-Izgreve Hotel, Stip, Macedonia, pp. 28
- Ligovski, M., Serafimovski, T., Tasev, G. and Stefanova, V., 2014. Geochemical study and 3D modelling of the Kazan Dol copper deposit, Republic of Macedonia. *Geologica Macedonica*, Vol. 28, No. 1, pp. 7–17 (In print: ISSN 0352 – 1206; On line: ISSN 1857 –8586)

Carminati, E., Doglioni, C., Argnani, A., Carrara, G., Dubrovski, C., Dumurdzhanov, N., Gaetani, M., Mauffret, A., Sartori, R., Scionti, V., Scrocca, D., Séranne, M., Torelli, L. and Zagorchev, D., 2004. Transmed Transect III. In: Cavazza, W., Roure, F., Spakman, W., Stampfli, G., Ziegler, P. A. (Eds.), The Transmed Atlas. Springer-Verlag, Berlin

Тасев, Г., 2003. Полиметаличните минерализации поврзани со Терциерниот магматизам во Република Македонија. Магистерски труд, Рударско-геолошки факултет-Штип, Универзитет "Св. Кирил и Методиј"-Скопје, 176 стр.

Jankovic, S., Serafimovski, T., Jelenkovic, R., Cifliganec, V., 1997: Metallogeny of the Vardar zone and Serbo-Macedonian Mass. Symposium-Annual Meeting, Proceeding, 29-67, Dojran.

Popov, P., 2002. Alpine Geotectonic Evolution and Metallogeny of the Eastern Part of the Balkan Peninsula. Annual of the University of Mining and Geology "St. Ivan Rilski" , vol.45, part I, Geology, Sofia, 2002, pp. 33-38

Ivanov, T., 1965. Metallogeny of the southern part of the Vardar Zone, Doctoral Thesis, Belgrade: Faculty of Mining and Geology, University of Belgrade.

JANKOVIC, S., 1997. THE CARPATHO-BALKANIDES AND ADJACENT AREA - A SECTOR OF THE TETHYAN EURASIAN METALLOGENIC BELT, Mineralium Deposita, 32(5), pp. 426-433

Александров, М., Боев, Б., Думурџанов, Н. и Лепиткова, С., 1996. Гранитоидниот магматизам во Вардарската зона и Српско-Македонската маса во Македонија и металогенијата поврзана со него – Прва фаза. Научен Проект, Рударско-геолошки факултет Штип, Универзитет "Св. Кирил и Методиј"-Скопје, 104 стр.