

Геолошке и гемолошке карактеристике појава опала у серпентинитима Фрушке Горе

Катарина Пауновић



Дигитални репозиторијум Рударско-геолошког факултета Универзитета у Београду

[ДР РГФ]

Геолошке и гемолошке карактеристике појава опала у серпентинитима Фрушке Горе | Катарина Пауновић | | 2022 | |

<http://dr.rgf.bg.ac.rs/s/repo/item/0006535>

Универзитет у Београду
Рударско-геолошки факултет



ЗАВРШНИ РАД

Основне академске студије

**Геолошке и гемолошке карактеристике појава опала у
серпентинитима Фрушке Горе**

Кандидат

Катарина Пауновић

G16/17

Ментор

доц. др Зоран Миладиновић

Београд, септембар, 2022.

Комисија:

1. доц. др. Зоран Миладиновић, ментор

Рударско-геолошки факултет, Београд

2. проф. др. Владимир Симић

Рударско-геолошки факултет, Београд

3. проф. др. Драгана Животић

Рударско-геолошки факултет, Београд

Датум одбране: _____

РЕЗИМЕ

Геолошким истраживањима јувелирских минералних сировина у Србији, у претходном периоду није посвећено довољно пажње. Сва истраживања су вршена од стране мањег броја геолошких организација са веома скромним ресурсима. Након вишегодишњих истраживања, може се закључити да регион Фрушке Горе представља перспективно подручје налазишта јувелирских сировина. У овом раду спроведена су теренска истраживања на 4 налазишта да би се утврдило постојање опала јувелирског квалитета у серпентинитима Фрушке Горе. При утврђивању минералног састава, односно присуства опала извршене су гемолошке лабораторијске анализе, рефрактометрија (одређивање индекса преламања) и хидростатичка метода одређивања специфичне тежине. У циљу процене могућности примене јувелирског камена из поменутих налазишта, прикупљени узорци су подвргнути јувелирској обради.

Кључне речи: *опал, серпентинити, Фрушка Гора, јувелирски камен, јувелирска обрада.*

САДРЖАЈ

РЕЗИМЕ.....	3
1. УВОД.....	5
1.1. Методика истраживања.....	6
2. ГЕОГРАФСКЕ КАРАКТЕРИСТИКЕ ИСТРАЖИВАНОГ ПОДРУЧЈА.....	7
3. ПРЕГЛЕД РАНИЈИХ ИСТРАЖИВАЊА.....	10
4. ГЕОЛОШКЕ КАРАКТЕРИСТИКЕ ФРУШКЕ ГОРЕ.....	11
5. ТЕКТОНСКЕ КАРАКТЕРИСТИКЕ ФРУШКЕ ГОРЕ.....	16
6. ГЕОЛОШКЕ КАРАКТЕРИСТИКЕ НАЛАЗИШТА ОПАЛА НА ФРУШКОЈ ГОРИ.....	21
6.1. Геолошке карактеристике налазишта „Летенка”.....	22
6.2. Геолошке карактеристике налазишта „Грабово”.....	26
6.3. Геолошке карактеристике налазишта „Венац”.....	28
6.4. Геолошке карактеристике налазишта „Татарица”.....	30
7. ЛАБОРАТОРИЈСКЕ АНАЛИЗЕ.....	31
7.1. Одређивање индекса преламања светлости.....	32
7.2. Методика одређивања индекса преламања.....	33
7.3. Одређивање специфичне тежине (густине).....	37
8. ТЕХНОЛОШКЕ АНАЛИЗЕ.....	40
8.1. Јувелирска обрада.....	41
8.2. Основни типови јувелирске обраде.....	42
8.3. Примењена јувелирска обрада.....	43
9. ЗАКЉУЧАК.....	51
10. ЛИТЕРАТУРА.....	52

1. УВОД

У разноврсном рудном богатству Републике Србије значајно место заузимају јувелирске минералне сировине, поред великог броја налазишта која су пронађена, ниједно од њих није до сад било производно активно, већ се домаће потребе подмирују увозом ових минералних сировина.

Јувелирске минералне сировине представљају племените минерале, који су представљени добро развијеним кристалима, који се јављају као индивидуа или у њиховим друзама, кристалних агрегата и аморфних маса. Спадају у најлепше природне творевине и самим тим, због њихове лепоте привлаче пажњу људи. Та њихова лепота углавном зависи од форме у којој се ови минерали јављају, од њиховог понашања спрема светлости. Најважније особине јувелирских минерала су њихова боја, плеохроизам, провидност и сјајност.

Јувелирске минералне сировине у Србији су неправедно запостављене. Геолошка истраживања јувелирских минералних сировина су извршена у веома малом обиму. Из разлога мале истражености сматрало се да их у Србији готово и нема. Међутим нова истраживања су показала и показују да су наши простори и те како богати налазиштима јувелирских минералних сировина. Једно од најперспективнијих подручја са налазиштима јувелирског камена јесте Фрушка гора (*Илић, 1998*).

Конкретно, овај дипломски рад се заснива на истраживању геолошких и гемолошких карактеристика појава опала у серпентинитима Фрушке Горе. Конципиран је кроз неколико фаза у којима су укомбиновани подаци и сазнања о минералним сировинама, претходним истраживањима овог подручја, и финалном анализом и специјалним поглављем које се односи на прикупљене узорке током теренског рада.

Јувелирски камен Фрушке Горе је углавном представљен калцедоном, ахатом (и другим подваријететима калцедона), кварцом, као и карбонатно силицијском бречом и ониксом. Циљ овог завршног рада је да уврди постојање опала у серпентинитима Фрушке, како у већ познатим налазиштима тако и у новим. Такође, од кључног је значаја утврдити квалитет минералне сировине, односно, јувелирски карактер. Утврђивање постојања опала помоћи ће и потпуније сагледавање генезе налазишта јувелирског камена у серпентинитима Фрушке Горе.

Изражавам дубоку захвалност ментору – доц. др Зорану Миладиновићу, као и преосталим члановима комисије – проф. др Владимиру Симићу и проф. др Драгани Животић. Посебно бих се захвалила професору Зорану Миладиновићу на помоћи при одабиру теме, материјалу који је допринео изради овог рада, сугестијама и наравно помоћи око лабораторијских истраживања.

1.1. Методика истраживања

За израду овог рада коришћена је комбинација геолошких кабинетских, теренских и лабораторијских метода истраживања и проучавања које су прилагођене проблематици истраживања јувелирских минералних сировина на ширем подручју.

Геолошке методе – У оквиру кабинетских радова извршено је прикупљање, анализа и синтеза постојећих литературних и фондовских података о извршеним истраживањима минералних сировина Фрушке горе.

Приликом теренских геолошких радова извршено је узорковање на четири налазишта (Летенка, Грабово, Венац и Татарница) на којима се, на основу претходних истраживања претпостављало постојање опала.

Лабораторијске методе – У оквиру лабораторијских истраживања извршено је испитивање јувелирског камена коришћењем недеструктивних гемолошких метода као што су одређивање индекса преламања светлости и специфична тежина односно густина. Посебан део лабораторијских испитивања представљају технолошка испитивања односно јувелирска обрада узорка у циљу упознавања физичко-механичких особина јувелирског камена и оцене могућности њихове примене.

2. ГЕОГРАФСКЕ КАРАКТЕРИСТИКЕ ИСТРАЖИВАНОГ ПОДРУЧЈА

Фрушка Гора је планински масив који се налази у северозападном делу Србије. На северу је ограничена Дунавом, на западу брдом Телек, а на истоку десном обалом Дунава. На југу, Фрушка Гора постепено прелази у низију Савске депресије. У морфолошком погледу представља планински венац који повезује славонске планине на северозападу са шумадијским планинама на југоистоку.

Фрушка Гора се простире већим делом Бачке и читавим Сремом у дужини од 78 километара, а највећа јој је ширина између Каменице и Ирига и износи 15 километара. Површина планине је око 500 km². Највиши врх је Црвени Чот са 539 m надморске висине и због тога се убраја у ниске планине.

Према надморској висини Фрушка Гора се може поделити на три дела: Источни, од Старог Сланкамена до Осови брега где је просечна надморска висина од 200 до 300 m; централни, од Осови брега до Малог Липовца са просечном надморском висином од 300 до 539 m, са доминантним врховима Венац (434 m), Вермечки Чот (444 m), Липов Чот (472 m), Градац (471 m), Лишајев врх (490 m), Краљева столица (444 m) и Црвени Чот (539 m), и

западни део који се простире од Малог Липовца до Телеке са просечном надморском висином од 200 до 300 m.

Попречни профил Фрушке Горе је поприлично асиметричан. Северно побрђе је много шире, на тој страни опадање висине је степеничasto са стрмим одсесима, док је на јужној страни постепено. На северу Фрушке Горе су лесне заравни сведене на минимум и Дунав ту подсеца и основну планинску масу, а на југу су акумулиране творевине широко распрострањене и благо се утапају у алувијалну равн Саве. Морфолошки посматрано Фрушка Гора је опкољена двама лесним заравни висине 130-150 m и 110-120 m.



Слика 1. Прегледна карта Србије са географским положајем Фрушке Горе

Хидрографска мрежа Фрушке Горе је разграната. Са планинског венца се спушта велики број мањих водених токова. Један део водотока се слива ка северу у Дунав, а други ка југу у Саву.

Преко највећег дела Фрушке Горе простире се бујна вегетација и на њој има доста густих шума. Фрушка Гора је богата разноврсном флором (преко 1400 врста) и фауном (преко 200 врста птица), што су неки од разлога због којих је Фрушка Гора проглашена националним парком.

Фрушка Гора се одликује степскоконтиненталном климом са просечном годишњом температуром од 10 до 20°C. Средња температура током јула износи око 22°C, а максималне температуре досежу 40°C. Средња јануарска температура износи око -1°C, док минималне температуре могу бити испод -20°C. Прелазна годишња доба на Фрушкој Гори су релативно кратка. Пролеће је мало хладније од јесени. Први мразеви се могу јавити већ крајем септембра, док се последњи јављају почетком априла.

Осунчавање је знатно, док је облачност мала. Фрушка Гора годишње добија око 1200 mm падавина док је снег редовна појава зими. Поред кошаве, северног и западног ветра, дува и локални ветар који се зове фрушкогорац. Одлике климе на Фрушкој гори су: Топла лета, оштре зиме и нестабилност падавина и по количини и по распореду. Суше су честе, па је у последњих 100 година у просеку свака друга година била сушна.

Добро је развијена мрежа саобраћајница. Једни од најзначајнијих путева су Београд – Нови Сад, Нови Сад – Сремска Каменица, Фрушкогорска магистрала која се протеже од Хрватске (Илока) на западу до Чортановца на истоку. Има густу мрежу путева који су већим делом године проходни. Железнички саобраћај се обавља пругом Београд – Нови сад, а пловни Дунавом и Тисом. (З, Миладиновић, 2005.)

3. ПРЕГЛЕД РАНИЈИХ ИСТРАЖИВАЊА

Предмет геолошких истраживања од стране „Геоинститута“ из Београда у периоду од почетка 1980. године до априла 1981. године биле су јувелирске минералне сировине Фрушке Горе. Под руководством А. Антоновића у пролеће 1980. године Геоинститут извршио је геолошку проспекцију на Фрушкој Гори, првенствено у серпентинитима, која је дала позитивне резултате (А. Антоновић, 1980.).

У „Радовима Геоинститута“ 1992. године А. Антоновић и Н. Васковић објављују рад „Појаве лиственитизације у централном делу Балканског полуострва“ где у везу доводе хидротермалне процесе који су довели до стварања карбонатно-силицијске јувелирске минералне сировине са процесима лиственитизације.

М. Илић, Н. Малешевић, М. Пејчић и З. Миладиновић су 1998. године дали „Кратак приказ јувелирских минералних сировина Србије“ у коме су представљена налазишта (лежишта и појаве) јувелирских минералних сировина са јувелирског аспекта и могућност њихове примене за израду накита (као драго камење).

М. Илић 1998. године у значајној монографији „Јувелирске минералне сировине и њихова налазишта у Србији“ даје приказ резултата истраживања јувелирских минералних сировина у Србији. Где се помиње и Фрушкогорски реон „Јувелирске минералне сировине на Фрушкој Гори (калцедон и ахатонска карбонатно-силицијска бреча) су хидротермалног постанка и јављају се у виду жица бречасте текстуре у једном тектонски интензивно деформисаном серпентинисаном и лиственитисаном ултрабазитском масиву“.

Истраживања поново почињу 2003. године где је истраживач радова Геозавод ИМС и истраживања су сконцентрисана на западни део серпентинитске масе Фрушке Горе.

3. Миладиновић 2004. године спроводи геолошка истраживања јувелирских минералних сировина на Фрушкој Гори и то објављује у свом магистарском раду 2005. године „Геолошке карактеристике и практични значај налазишта јувелирских минералних сировина Фрушке горе“

4. ГЕОЛОШКЕ КАРАКТЕРИСТИКЕ ФРУШКЕ ГОРЕ

Јувелирске минералне сировине Фрушке Горе се јављају у серпентинитима који се пружају у виду зона З-И, и захватају површину од око 30 km². Серпентинити су јако деформисани, механички, често бречизирани и алтерисани – карбонатисани и силификовани. Контакти опколних формација према серпентинитима су најчешће тектонски. У алтернативним серпентинитима, лиственитима се налазе сва налазишта јувелирских минералних сировина на Фрушкој Гори. Кључни фактор за формирање рудних тела јувелирског камена су разломне зоне у серпентинитима, јер су истовремено представљали путеве којима су се кретали хидротермални раствори, али и средину у којој је извршено депоновање.

Сва налазишта су лоцирана на покривеном терену са густом вегетацијом. Шуме покривају 90% површине националног парка Фрушка Гора. Ови фактори представљају изузетно отежавајуће околности за бољу спознају геолошких карактеристика Фрушке Горе. Пошумљеност и покривеност терена представљају проблем и у лоцирању раније утврђених налазишта.

У геолошкој грађи Фрушке горе могу се наћи магматске, седиментне и метаморфне стене, различите старости, састава и генезе, а цело подручје карактерише интензивна и у више наврата обновљена тектонска активност, која условљава стварање маркантне хорст-структуре Фрушке горе.

Палеозоик – Метаморфне творевине се пружају целом дужином главног гробена Фрушке горе од Црвеног чога, на истоку, до Лежимира, на западу, а заступљене су и на јужним падинама од Јаска, на истоку, до Шишатовца, на западу. На северним падинама Фрушке горе налазе се мање појаве метаморфних стена, у источним деловима Доброг потока, Поторња и Черевихког потока. На основу минералних парагенеза, метаморфизам примарних стена је извршен у условима фације зелених шкриљаца.

Док су метаседименти представљени филитима, калкшистима, шкриљцима са карбонифицираном биљном материјом, серицитским кварцитима, серицитским шкриљцима, хлорит серицитским и албит-хлоритским шкриљцима. Метамагматити и њиховим метатүфови су представљени актинолит-цоизитским, карбонат-епидот-актинолитским и албит-епидот-хлоритским шкриљцима.

Мезозоик – Творевине тријаса су утврђене на јужним падинама Фрушке горе. У доњотријаским творевинама заступљени су аркозни пешчари, грауваке, слабо метаморфисани и љубичасти пешчари, ситнозрни конгломерати, глинци и глиновити лапорци. Преко ових слојева леже плочасти лапоровити кречњаци који се смеђују са танкослојевитим лискуновитим пешчарима и лапоровитим пешчарима. Даље, на ове слојеве налажу масивни и банковити кречњаци и на крају плочасти кречњаци са рожњачким квргама и ретким интеракцијама љубичастих лискуновитих глинаца. Доњи тријас се завршава са овим слојевима. Дебљина стена доњотријаске старости износи до 200 m. На локалитетима Јазак и Мала Ремета средњи тријас је представљен масивним и банковитим кречњацима, доломитима и битуминозним кречњацима. Код Црвене кречане средњи тријас чине бречизирани и катаклизирани кречњаци.

Према В. Јовановићу (Базичне магматске стене Фрушке горе, магистарски рад, 1985), базичне магматске стене Фрушке горе чине дијабази, габрови и спилити. Они су синхрони са метапелитима, метапешчарима и конгломератима у којима је одређена јурска старост.

У доњој креди на локалитету Селиште на 2 km југозападно од Сремских Карловаца откривени су „in situ“, кристаласти шкриљци. Кристаласти шкриљци се јављају у виду фрагмената, у горњокредним и неогеним конгломератима. Стена је изграђена од кросита, албита, епидота и фенагита, а као споредни састојци јављају се и хлорит, илименит, магнетит и калцит. Примарна стена је метаморфисана у условима високог притиска и ниске температуре (Миловановић, 1995.)

У горњој креди се могу регионално издвојити две структурно-формационе зоне „бачко-банатска“ и „сремско-славонска“.

Бачко-банатска се простире од Сртражилова, на истоку, преко Иришког венца и Краљеве столице до долине Беочинског потока, на западу. У овој зони заступљени су флишни седименти у чији састав улазе пешчари, алевролити и ређе конгломерати. Пешчари су најчешће представљени граувакама, а ређе фелдспатским граувакама.

Сремско-славонска зона се простире од Беочинских ливада на истоку, преко Црвеног чота, Дубоког потока и Орловачког потока до Дебелог цера и Градине, на западу. Ова зона је изграђена од хетерогених бреча, црвених конгломерата и пешчара, песковитих кречњака, глинаца, глиновитих пешчара, лапораца, лапоровитих и спрудних кречњака. На основу богате фауне пронађене у овим седиментима поуздано је утврђена њихова мастрихтска старост.

Кенозоик - Терцијарне творевине такође великим делом улазе у геолошку грађу Фрушке горе и њених обода. Развијени су доњи, средњи и горњи миоцен и готово цео плиоцен.

Доњи миоцен је слатководно језерски и припада бурдигалском кату. На југу Фрушке горе, доњи миоцен је распрострањен само у Врдничком басену где садржи угљене слојеве. На северној страни планине језерска серија има веће пространство и не садржи угаљ. У састав језерских серија Фрушке горе најчешће улазе брече, конгломерати, пешчари, глине, глинци и угаљ.

Средњи миоцен лежи трансгресивно преко старијих формација и маринског је развића. Представљен је конгломератима, пешчарима, туфовима и лапорцима у доњем делу и кречњацима, пешчарима и лапорцима у горњем делу.

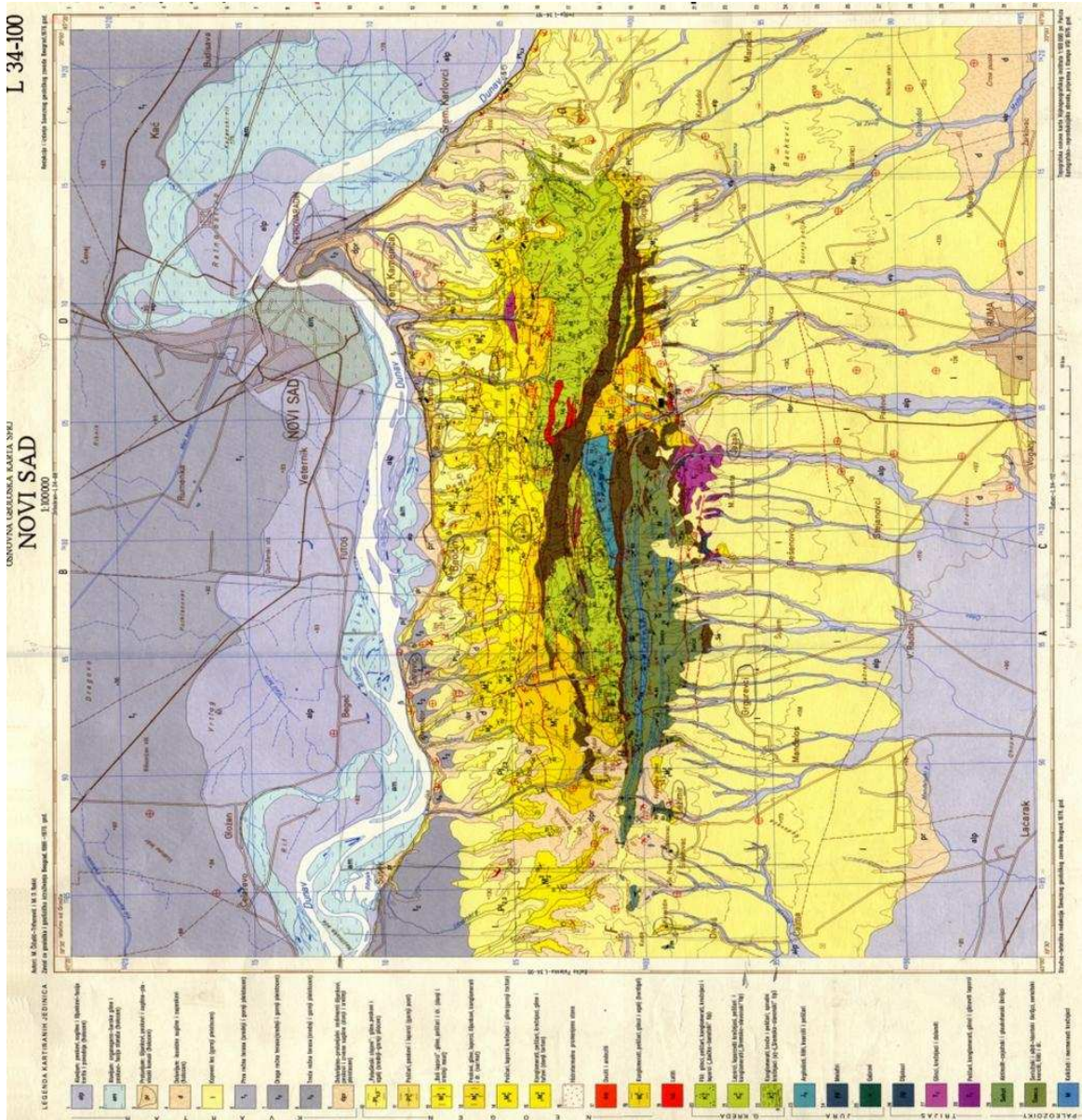
Горњи миоцен је представљен бракичним доњим сарматом у фацији пешчара, кречњака, лапораца, глина и каспибракичним паномом у фацији белих лапораца и глина.

Плиоцен је заступљен скоро у свим катовима од доњег до горњег. Недостаје доњи део доњег плиоцена због чега је прекинут континуитет таложења између панона и горњег понта. Горњи понт је каспибракичног развића. Заступљени су плитководни седименти са пешчарима, шљунковима, песковима и глинама са лигнитом. Представници дубљих фација су ређи. Средњи и горњи плиоцен представљени су слатководним „палудинским слојевима“. Средњи плиоцен или доњепалудински слојеви леже местимично трансгресивно, дискордантно преко сармати понта, а када леже преко горњег понта прелаз је посупан и тешко је повући границу између катова. Средње палудински слојеви горњег плиоцена палеонтолошки су доказани само парцијално, на северној страни Фрушке горе и леже конкордантно преко доњепалудинских слојева. Горњепалудински слојеви нису константовани на површини, него само у бушотинама. Овим слојевима припадају шљунковито песковите наслаге које леже између средњепалудинских слојева и доњег плеистоцена.

У оквиру квартарних творевина које заузимају највеће пространство на листу Нови Сад, константовани су седименти плеистоценске и холоценске старости.

У доњем и средњем плеистоцену су заступљени седименти пролувијално-делувијалног типа, док је горњи плеистоцен представљен лесним седиментима.

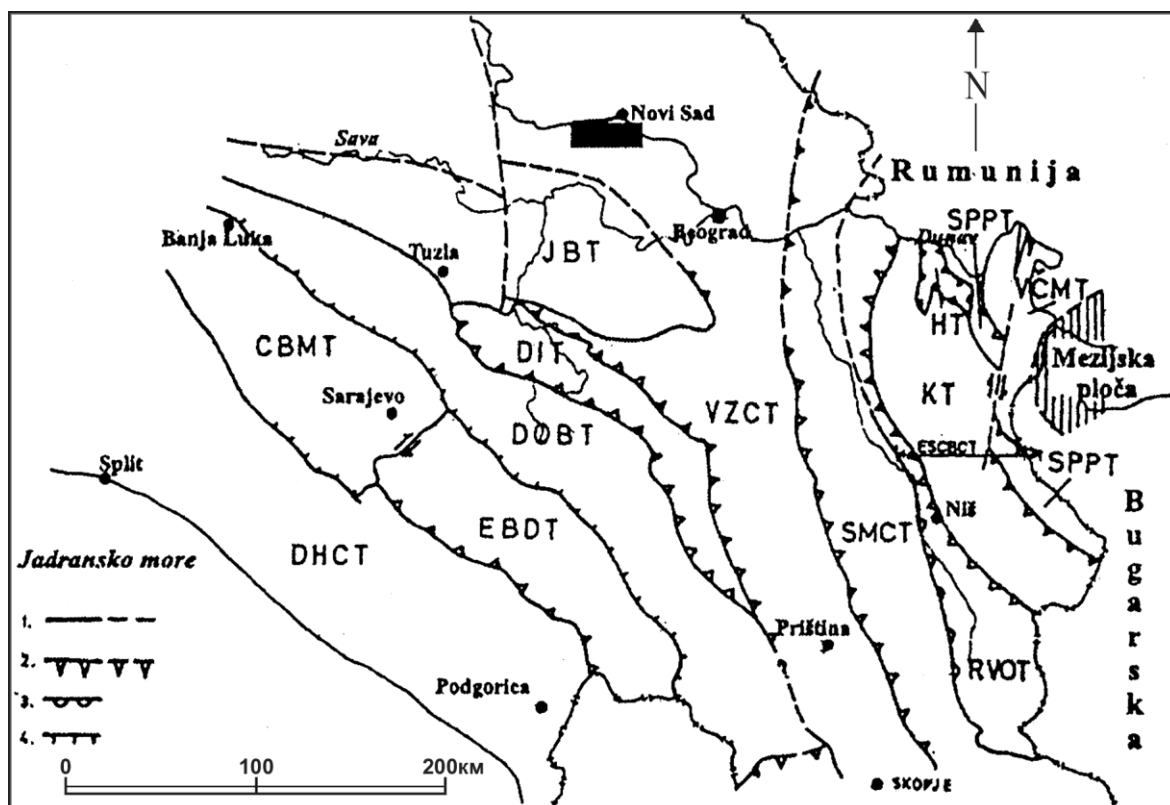
Холоцену припадају седименти пролувијума и делувијума. Делувијалне творевине су стваране на благим падинама Фрушке горе, док је пролувијални генетски комплекс представљен повременим речним токовима.



Слика 2. Геолошка карта Фрушке горе 1:100 000 (ОГК, лист Нови Сад, L34-100, М. Трифуновић, М. Ракић 1997).

5. ТЕКТОНСКЕ КАРАКТЕРИСТИКЕ ФРУШКЕ ГОРЕ

Сложени геолошки односи који су последица дуготрајних процеса обликовања су јако заступљени на простору Фрушке Горе. Бројне литостратиграфске јединице су присутне као и компликован тектонски склоп који је резултат бројних тектонских покрета. Једна од најзначајнијих тектонских целина у јужном делу панонске депресије је хорст структура Фрушке Горе која чини саставни део вардарске зоне. М. Димитријевић (1995) у оквиру вардарске зоне издваја екстерну подзону, а у оквиру ње сремски блок којем припада Фрушка Гора.

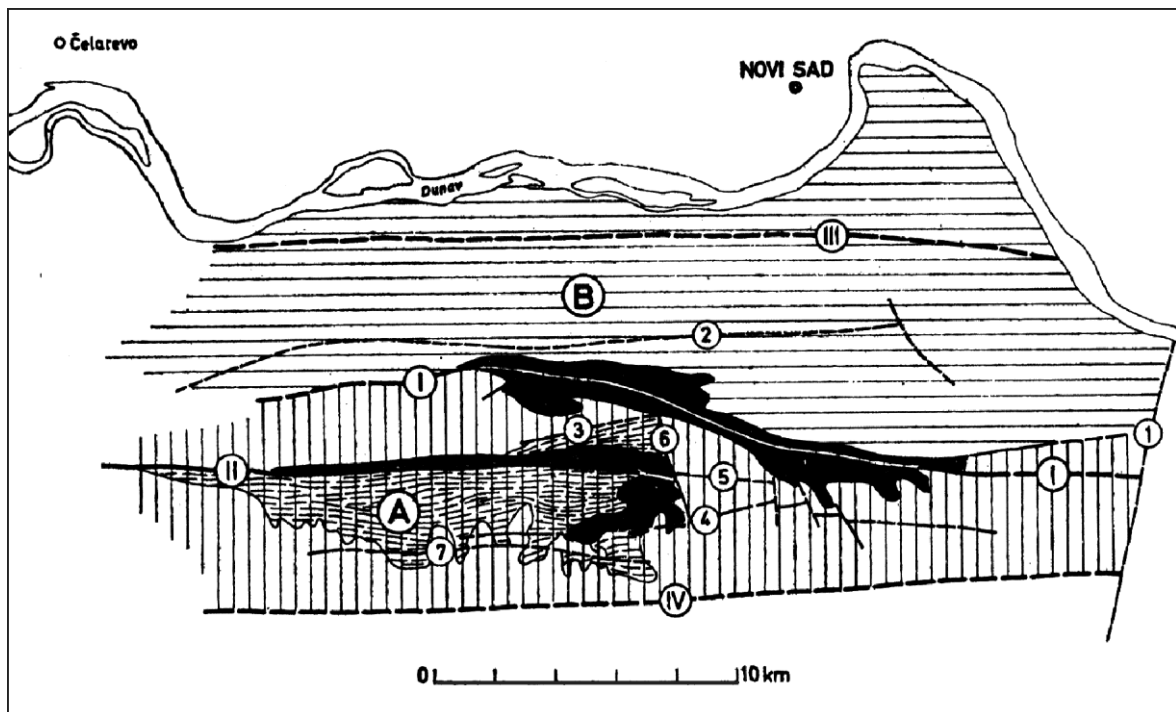


Слика 3. Положај Фрушке Горе на геотектонској скици (Карамата и Крстић, 1995.)

Легенда: ESCBCT – композитни терен Карпато-Балканида; VČMT – Вршка Чука-Мироч терен, KT – Кучај терен; HT – Хомоље терен; RVOT – Рановац-Власина-Осогово терен; SMCT – Српско-македонски композитни

терен; VZCT – вардарска зона композитни терен; ЈВТ – јадрански блок терен; ДИТ – дрињско-ивањички терен; ДОВТ – терен Динарског офиолитског појаса; ЕВБДТ – источно босанско-дурмиторски терен; СВМТ – терен централних босанских планина; ДНСТ – далматинско-херцеговачки композитни терен; 1 – расед осматран и покривен; 2 – навлака; 3 – нејасан однос; 4 – тектонизирана граница.

Фрушка Гора је бројним раседима подељена у блокове различите геолошке грађе. Две најзначајније дислокације су „сремска“ и „фрушкогорска“ и оне деле Фрушку Гору на две основне структурне јединице, северну и јужну (Чичулић и други, 1997).



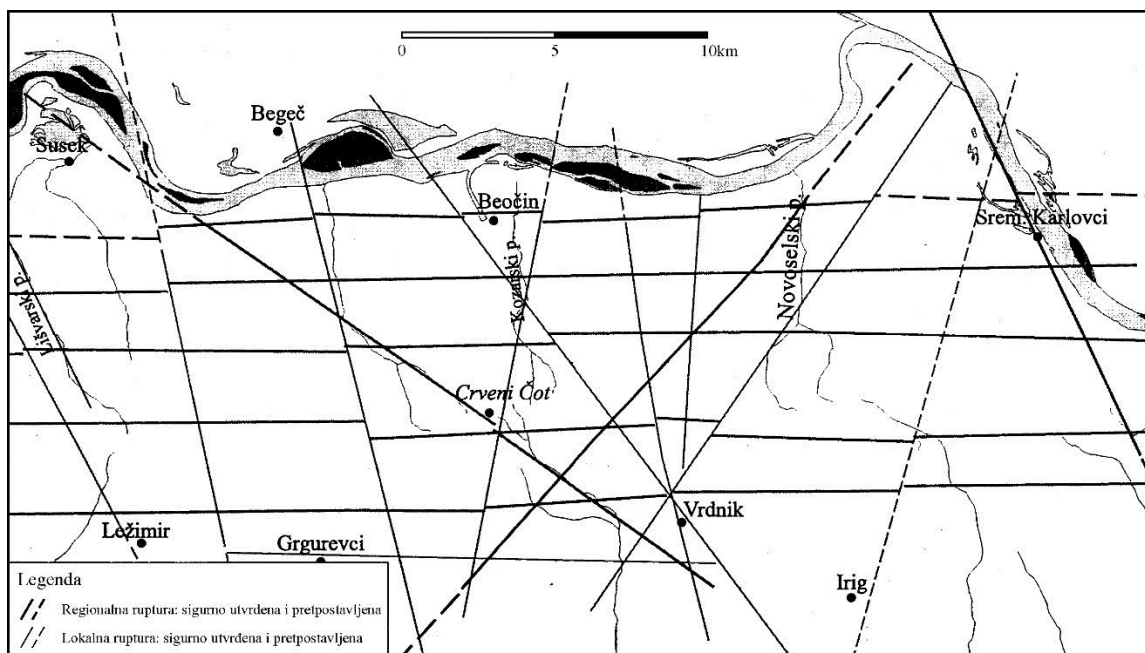
Слика 4. Прегледна тектонска карта Фрушке Горе (Чичулић и други, 1997)

А. Јужно-фрушкогорска структура. В. Северно-фрушкогорска структура. I – Сремска дислокација; II – Фрушкогорска дислокација; III – Карловачка дислокација; IV – Павловачка дислокација. 1. Чортановачки расед; 2. Параговски расед; 3. Дубочашки расед; 4. Врднички „јужни расед“; 5. Врднички „Моринтово расед“; 6. Врднички западни расед. 7. Бешеновачки расед.

Северна структурна јединица ограничена је на северу са дунавском дислокацијом, а на југу са сремском дислокацијом. Дунавска дислокација развија фрушкогорски масив од бачко-банатске дислокације.

Јужна структурна јединица налази се између сремске дислокације на северу, и иришке дислокације, на југу, која одваја фрушкогорски хорст од савске депресије.

Према Чупковићу (1997) на подручју Фрушке Горе могу се издвојити два система регионалних руптура. Први систем регионалних руптура је правца пружања 3 – И, а други ССЗ – ЈЈИ.



Слика 5. Карта регионалних руптура Фрушке Горе (Т. Чупковић, 1997)

Први систем регионалних руптура правца пружања 3 – И, формирао је хорст структуре. Најзначајнији регионални раседи ове оријентације су дунавски расед и карловачка дислокација. Утврђивање регионалних раседних структура на јужним падинама Фрушке Горе је отежано због покривености терена квартарним творевинама. Према Чупковићу (1997) на овим деловима планине ипак је могуће константовати присуство регионалне раседне структуре којом је дефинисана јужна граница издизања хорста. Овај расед на

линији пружања јужно од Иришког венца – Црвени Чот – Астал одговара Фрушкогорском раседу (Чичулић и други, 1977).

Други систем регионалних рептура је правац пружања ССЗ – ЈЈИ, обухвата две регионалне рептуре и већи број локалних структура. Први регионални расед, поменуте оријентације, се простире правцем Јазак – Црвени Чот – Баноштор, довео је до померања гребена планине на простору јужно од Црвеног Чота, док је други регионални расед константован на правцу Инђија – Сремски Карловци, и одваја централни део од спуштеног источног дела хорст структуре. Разломне структуре другог система померају руптуре првог система па се тиме утврђује њихова релативна старост.

На простору Фрушке Горе заступљен је релативно једноставан пликативни склоп, којег карактеришу субхоризонталне осе правца пружања З – И. Крила набораних структура благо падају ка северу, односно југу. Од ове правилности одступају једино осе набора у горњокредним флишним седиментима које су услед ротације слојевитости уз раседе углавном оријентисане ка северу.

У оквиру фрушкогорског хорста све геолошке формације су у различитој мери израседане и убрране.

Метаморфне стене палеозојске старости су линеарно оријентисане зоне правца пружања З – И, између Лежимира на западу, и Врдника на истоку. Током херцинске орогенезе формиран су набори на субхоризонталним осама који тону ка западу. Набори се крећу од декаметарских до метарских димензија. Оса главног набора је паралелна са „фрушкогорском дислокацијом“, дуж које су утиснути серпентинити.

Унутар Вардарске зоне, тектонско обликовање је вероватно почело пре таложења тријаских седимената. Током тријаса су изливене мање масе дијабаза.

Током фазе алпске орогенезе долази до тектонског обликовања, пренабирања палеозојског комплекса и убирања тријаских седимената. Долази и до образовања регионалних дислокација уз разламање океанске коре, а дуж дубоких разлома долази до утискивања ултрамафитских стена и габрова.

У горњој креди по завршетку седиментације, у току ларамијске и пиринејске фазе алпске орогенезе оформљено је издигнуто копно Фрушке Горе.

У мезозојским стенама најизраженији елемент склопа је слојевитост. Тријаске, горњојурске и кредне творевине су у тектонском контакту, а такав однос имају и палеозојске стене са серпентинима. Слојеви мезозојских стена су убрани са правцем пружања оса набора З – И. Убирање уз веће раседе се карактерише повијањем слојева и формирањем оса млађих набора, које најчешће тону ка СЗ односно ЈИ. На основу поменутог може се рећи да су кретања по раседима била од великог значаја у реоријентацији оса пликативних структура. Најизраженије су у подручју Градца и Иршког венца, где је по врдничком раседу и другим руптурама дошло до повијања оса набора из правца З – И у правцу ЗС – ЈИ. Положај серпентинских зона као и других литостратиграфских јединица указује на карактер тектонског кретања.

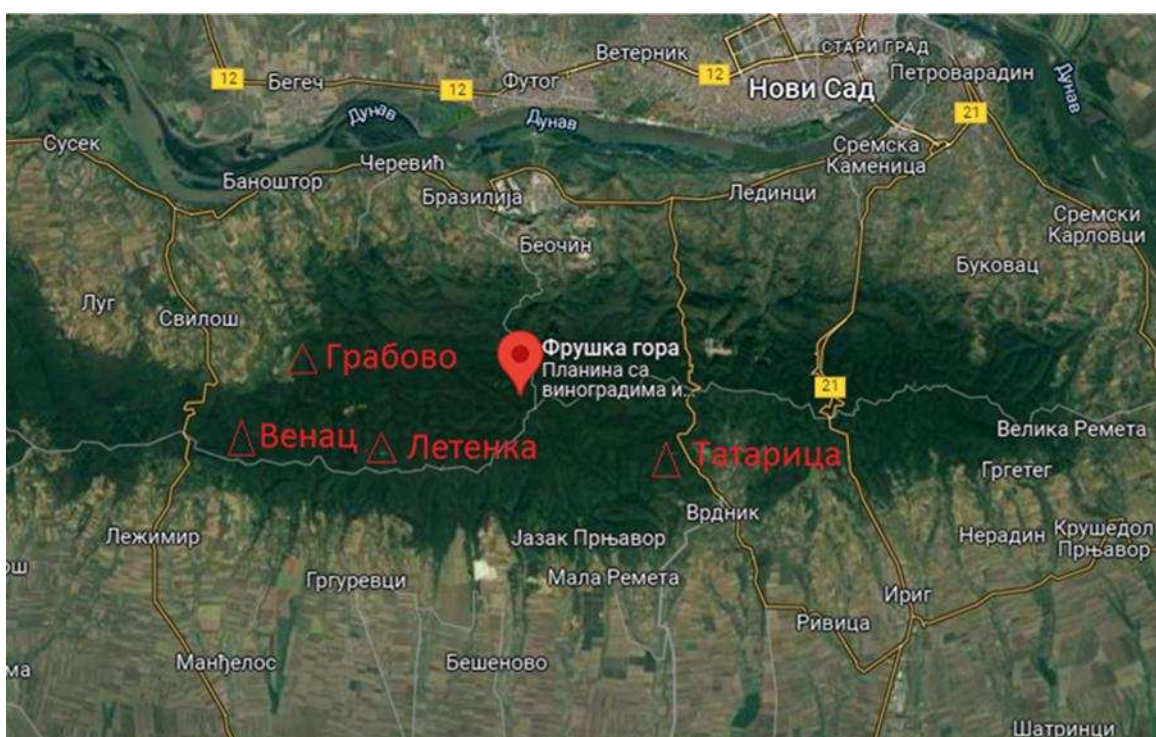
Терцијарни седименти су у већем делу захваћени раседном тектоником. Почетком олигоцена дошло је до интензивне вулканске активности која је представљена изливањем лалита дуж дубоких регионалних разлома. Сложеност постојећих пликативних структура повећавају новостворени раседи, и долази до убирања и пренабирања мезозојских стена.

Престанком дејства тангенцијалних сила крајем олигоцена долази до кретања у вертикалном правцу, углавном гравитационих, са већим скоковима уздужних раседа на периферији.

Интензивни тектонски покрети иницирали су изливање дацита и андезита, њихових пирокластита, као и хидротермалну активност током доњег и средњег миоцена

6. ГЕОЛОШКЕ КАРАКТЕРИСТИКЕ НАЛАЗИШТА ОПАЛА НА ФРУШКОЈ ГОРИ

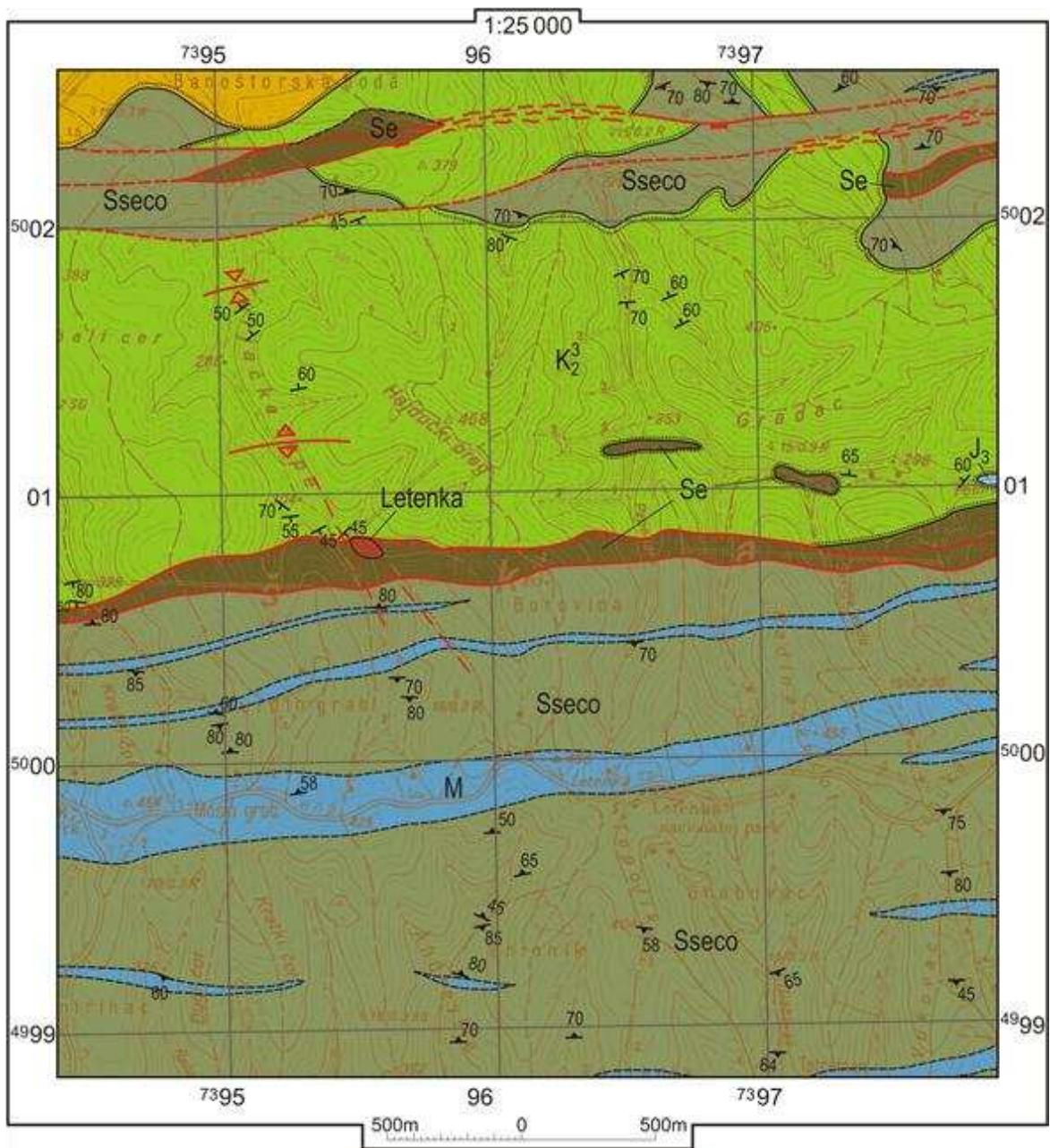
Овај завршни рад обухвата приказ четири могућа налазишта опала на Фрушкој гори: Летенка, Грабово, Венац и Татарица. Као што је већ поменуто у овом раду, сва налазишта су везана за серпентините, тачније за хидротермално алтерисане серпентините, листовените. Овај вид алтерације је представљен процесима изражене силификације и карбонитизације.



Слика 6. Географски положај налазишта опала на Фрушкој Гори (Извор Google Maps)

6.1. Геолошке карактеристике налазишта „Летенка”

Налазиште Летенка обухвата једну појаву која је откривена током истраживања Геоинститута из Београда у периоду од 1980-1981 године. Тада су на основу анализе авионских фотоснимка издвојене три појаве које Антонијевић назива Летенка.



Слика 7. Геолошка карта шире околине налазишта Летенка (Миладиновић, 2004.)

Касније су све три појаве опсервиране приликом проспекције у размери 1:25000. Њихови прецизни називи су Летенка-Ланиште, Летенка-Брдо и Летенка-Савине воде. Приликом израде магистарске тезе Миладиновић (2005) је обишао све поменуте локалитете и издвојио само једну појаву као довољно интересантну са становишта јувелирских минералних сировина. Названа је Летенка а одговара појави коју А. Антонијевић назива Летенка-Ланиште.

Легенда свих поменутих геолошких карти у даљем тексту представљена је на ОГК Нови сад поменутој у поглављу Геолошке карактеристике Фрушке горе.

Непосредну околину налазишта Летенка изграђују: палеозојски калкашисти и мерамерастни кречњаци, палеозојски шкриљци, кварцити и филити, серпентинити и горње-кредни седименти.

Палеозоик – У односу на појаву јувелирског камена која је лоцирана у уској и дугачкој зони серпентинита (углавном алтерисаним, у различитом степену), палеозојске метаморфне стене се налазе са јужне стране. Међутим врло их је тешко било уочити, јер је степен покривености терена висок.

Овај комплекс стена највећим делом представљен је филитима, изграђеним од серицита, хлорида и кварцита и калкшистима који се састоје у највећој мери од калцита (70-90%) и садрже мање количине карбонифициране биљне материје (оне могу представљати потенцијални извор угљеника при формирању хидротермалних раствора богатим CO₂). Јављају се још и серицитски, хлорит-серицитски, албит-хлоритски и албит-епидот-актинолитски шкриљци, као и серицитски кварцити. Контакт метаморфног комплекса са серпентинима је тектонски.

Серпентинити – Према Чичулићу и другима (1977), серпентинити у којима се налази налазиште Летенка, припадају средишњој серпентинској зони, која се протеже правцем З-И, почевши западно од Лежимира, преко Црвеног чота и Козарске липе до Поповог брега на западном ободу Врдничког басена. Серпентинске масе се јављају континуално у овој зони. Целокупна

средишна серпентинска зона лежи у маркантној „фрушкогорској дислокацији”, серпентинити ове зоне су најчешће хидротермално алтерисани, посебно у делу којем припада и налазиште Летенка. Са јужне стране серпентинити су у контакту са палеозојским метаморфним комплексом, док се са северне стране јављају горњокредне творевине. На самој граници није могуће утврдити непосредни контакт серпентинита са метаморфитима. тако да постоје мишљења да је граница серпентинита према метаморфним стенама нешто јужније него што је то приказано на ОГК Нови Сад 1:100000. У прилогу ове претпоставке говори морфологија терена у виду јасно израженог брда са правцем пружања СЗ-ЈИ, и највероватније маркира попречни локални расед у чијем домену је дошло до интензивније алтерације, посебно силификације, серпентинита.

Међутим, због површинског покривача ову претпоставку није било могуће потврдити. Док са северне стране већу просторну заступљеност серпентинита је било лакше утврдити, те је то и приказано на приложеној геолошкој карти. Како је на ОГК Нови Сад приказано, налазиште Летенка се највећим делом налази у горњокредним творевинама.

Горњекредни седименти – У непосредној близини налазишта, горњекредни седименти су навучени преко серпентинита и представљени су ситнозрним конгломератима, конгломератичним пешчарима, глинцима, пешчарима и лапоровитим кречњацима. Горња креда околине налазишта Летенка припада „сремско-славонском“ типу односно „сремско-славонској“ структурно-формационој зони.

У налазишту Летенка присутни су сви минерали који су карактеристични за већину налазишта јувелирског камена на Фрушкој Гори. Претходним истраживањима доказано је да су ту заступљени су калцедон, кварц, јаспис, доломит итд., као варијетет племенитог камена издвојена је и карбонатно – силицијска бреча.



Слика 8. Карбонатно-силицијске брече из налазишта Летенка са интересантним звездастим пресеком силицијске жице у тој бречи. (Миладиновић 2005.)

Карбонатно силицијска бреча са налазишта Летенка у потпуности одговара минералном саставу лиственита и изграђена је од карбонатних и силицијских минерала. Од карбоната најзаступљенији је доломит док калцита и магнезита има знатно мање. Од силицијских минерала, кварц је најзаступљенији, има доста и прозачног калцедона и у мањој мери разнобојног јасписа. Силиција се јавља у виду жица и жичица а карбонатни минерали у оквиру жица формирају разнобојне траке.

Карбонатне траке су интензивно изломљене те формирају карбонатно-силицијски оникс. Овај варијетет је јако интересантан јер он у себи подразумева и друге варијетете као што су ахат, безбојни и светло плави калцедон.

Поред карбонатно-силицијске брече на овом налазишту предходним истраживањем издвојени су: жути јаспис, жути калцит, зелени кварц и серпентинит. (Миладиновић 2005)

Лабораторијским анализама је потврђено постојање опала на узорцима са налазишта Летенка.

6.2. Геолошке карактеристике налазишта „Грабово”

Налазиште Грабово је налазиште откривено приликом реализације магистарске тезе З. Миладиновића (Миладиновић, 2005). Појава јувелирског камена откривена је у близини села Грабово у алтерисаним серпентинитима.

Шира околина налазишта Грабово изграђена је од: серпентинита, горњекредних седимената, миоценских (доњемииоценских и средњемииоценских) седимената и квартартарних творевина.

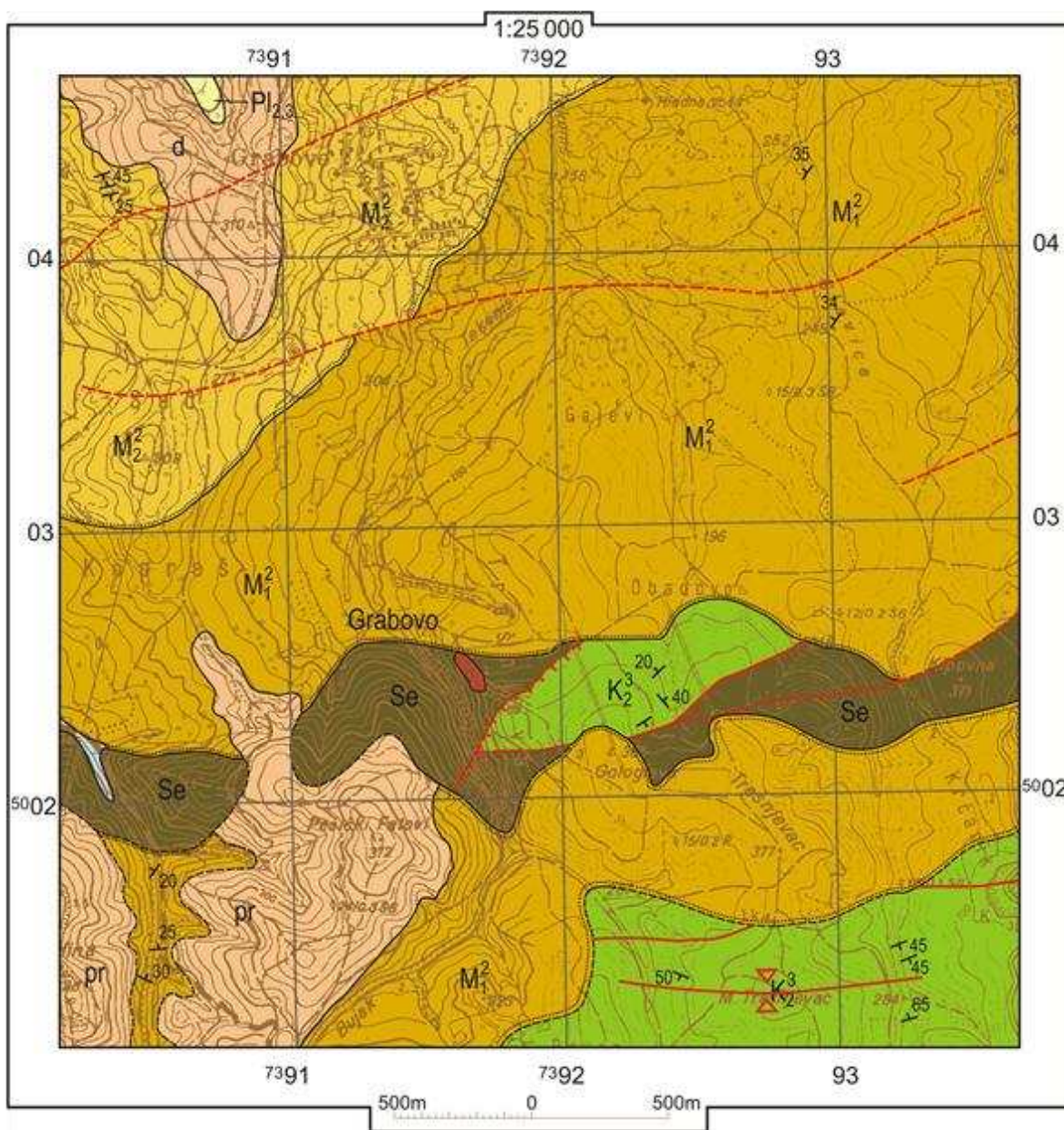
Серпентинити. – Серпентинити у којима је лоцирано налазиште Грабово припадају северној серпентинитској зони (Чичулић и др., 1977), односно њеном западном делу, који чине мање изоловане масе и представљају наставак континуалне серпентинске масе, која се протеже од Нерадина до Козјег брда.

Преко серпентинита у којима је лоцирана појава Грабово, са истока навучени су горњекредни седименти. Као последица интензивних тектонских покрета, контакт серпентинита и горње креде на овом месту карактерише се структурним односима карактеристичним за краљштасте структуре, јер долази до смене горњекредних наслага са серпентинитима.

Горња креда. – Горњекредне творевине налазишта Грабово, као и све творевине које се налазе јужно од „сремске дислокације“, припадају „сремско славонском“ типу. Уз сам контакт са серпентинском масом у којој се налази појава јувелирског камена, на овом месту горња креда је представљена глинцима и глиновитим пешчарима, који латерално прелазе у пешчаре и лапорце.

Миоценски седименти. – Преко серпентинита налазишта Грабово, са севера и југа, трансресивно леже доњемииоценски седименти, који су представљени конгломератима, пешчарима и песковитим глинама и глинцима. На нешто мање него 1 km ка северозападу, преко доњег миоцена леже средњемииоценски марински седименти, који нису у директном контакту са серпентинитима налазишта Грабово.

Квартар, - Са југа и југозапада серпентинити су прекривени кварталним делувијално-пролувијалним творевинама, углавном песком и шљунком (доњи и средњи плеистоцен) (З. Миладиновић, 2005.)

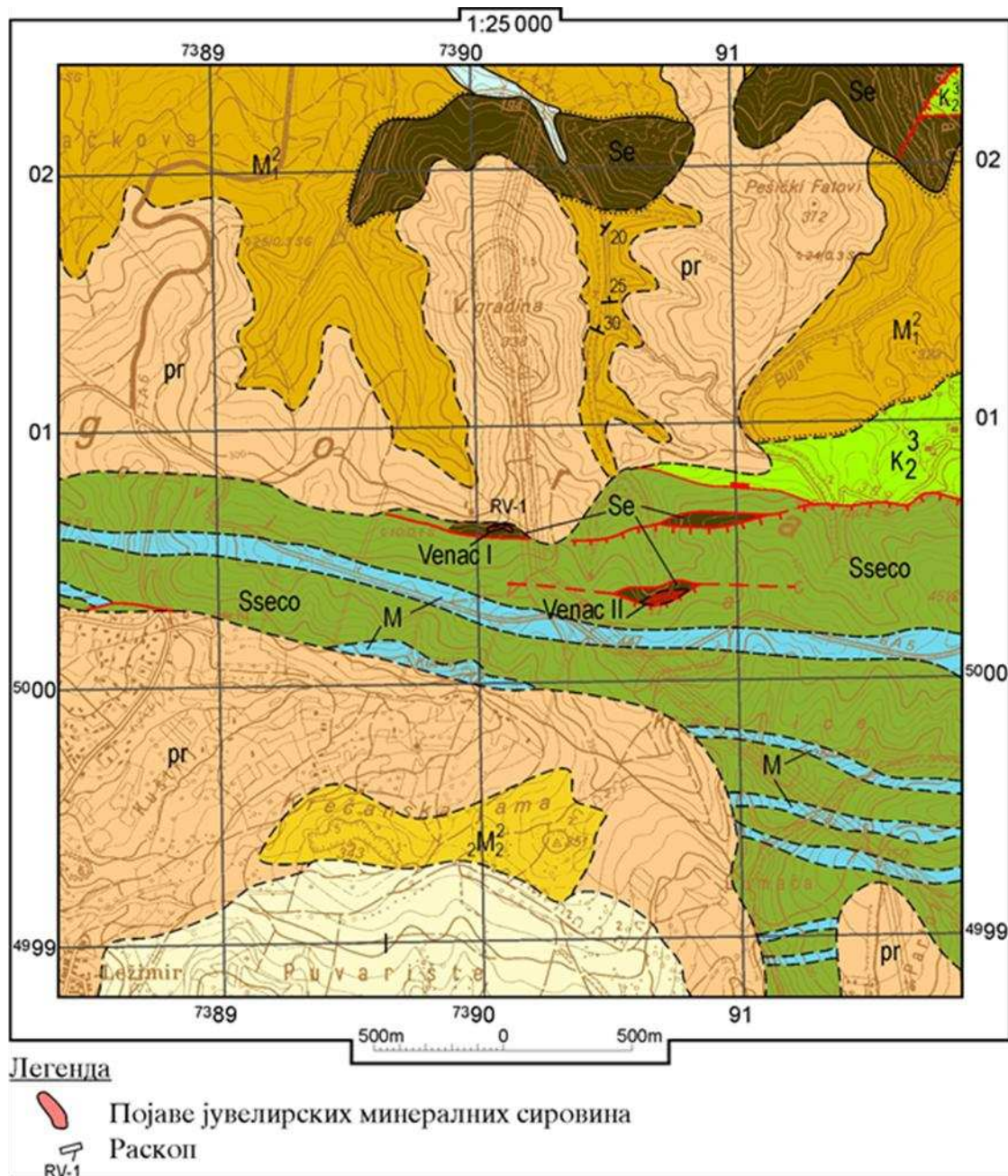


Слика 9. Геолошка карта шире околине налазишта Грабово (према ОГК ЛК 34-100, уз допуне З. Миладиновића(Миладиновић, 2005.))

За лабораторијска и технолошка испитивања са налазишта узета су и три узорка Г1, Г2 и Г3. Даљим гемолошким испитивањима у овом раду ће се утврдити да ли се стварно ради о појави опала или неком другом јувелирском камену.

6.3. Геолошке карактеристике налазишта „Венац”

Налазиште Венац се налази на западном делу Фрушке горе, у близини асфалтног пута „Фрушкогорска магистрала”, мање ид 1 km североисточно од Лежимаира.



Слика 10. Геолошка карта шире околине налазишта Венац са положајем истражних радова (Миладиновић, 2005.)

Геологија шире околине налазишта Венац обухвата палеозојске серпентините и албит хлоритске шкриљце, калкшисте и мермерисане кречњаке, горњокредне творевине, серпентините, миоценске (доње и горње тортонске) седименте и пролувијум, као и незаобилазни површински покривач.

Претходним истраживањима (Миладиновић, 2004) утврђено је да ово налазиште обухвата појаве (Венац I и Венац II) које су лоциране у две мање, међусобно блиске серпетинске масе. На том простору је терен екстремно покривен (јачо густа вегетација) и осим изданака серпентинита ниједна се геолошка јединица није могла утврдити, чак ни палеозојски шкријци, који су на радној Основној геолошкој карти 1:25 000 најзаступљенији на овом простору.

Претходним истраживањима на два локалитета уочена су два варијетете јуверског камена, тамно-зелени прозрачан калцедон и зелено-бели непровидни калцедон.

Венац I је западна појава и јавља се као мања изданачка зона на падинама брда. Ова појава је већим делом истражена на основу одломака који се налазе на овом месту. Ту се налазе површински јачо распаднути и алтерисани серпентинити, у којима се јављају бројне калцедонске жице. Димензије ових жица су од 1cm до 5-6cm. Овде су подједнако заступљени и тамно-зелени прозрачни калцедон и зелено-бели непровидни калцедон. Предпоставља се да је ово појава већих димензија и да је треба даље истраживати, јер садржи варијетете који су ретки и интересантни на простору Фрушке горе.

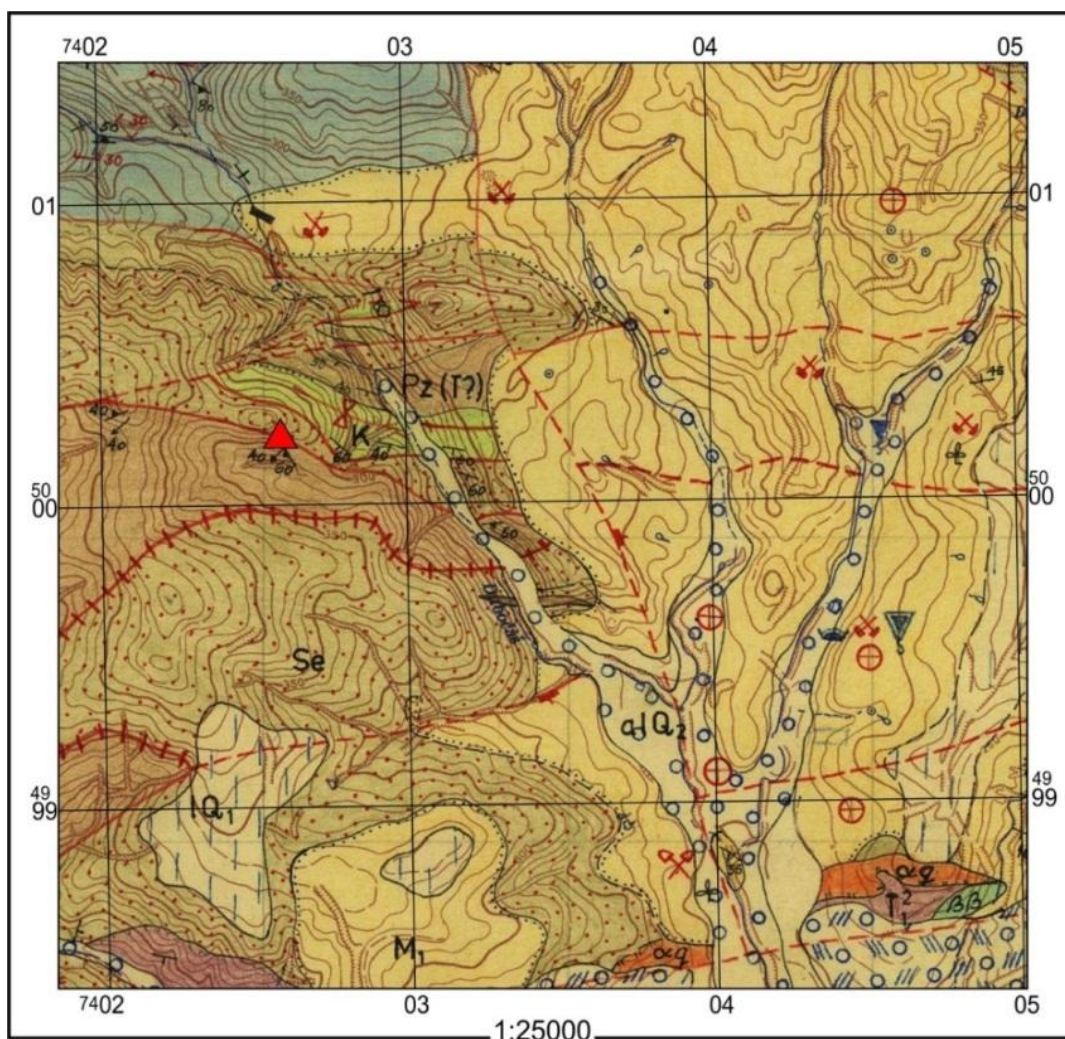
Венац II представља интензивније силификовану серпентинитску масу која није у знатној мери подвргнута површинском распадању. Овде се ради о изданачкој зони на стрмим падинама. Димензије изданака се крећу од 50 cm до 4-5 m. Серпентинити у овом делу су тектонски изломљени и јачо силификовани. Доминира зелено-бели непровидни калцедон, мада има и жица

плавичастог калцедона и мањих ахатних гнезда, чије су димензије исувише мале да би се могли користити за јувелирску обраду (З. Миладиновић 2005).

Са налазишта Венац узета су три узорка (В1, В2 и В3) у циљу утврђивања могућег појављивања опала и на овом делу Фрушке Горе.

6.4. Геолошке карактеристике налазишта „Татарица”

Налазиште Татарица се налази на југоисточном делу Фрушке горе, у близини насеља Врдник. Тачније код напуштеног Врдничког каменолома. Долазак до налазишта је јако стрм.



Слика 11. Геолошка карта шире околине налазишта Татарица са положајем налазишта

Геологија шире околине налазишта обухвата палеозојске серпентините и албит хлоритске шкриљце, калкшисте и мермерисане кречњаке, тријаске творевине у којима се јављају дацити и магнезити, горњокредне творевине, серпентините, миоценске седименте и пролувијум, као и незаобилазни површински покривач.

Татарица је локација која до сад није била истраживана, а међу колекционарима и истраживачима аматерима је зелени варијетет (сл. 20) који се овде појављује био познат као зелени опал. Са Татарице је узет један узорак (Т-1) који је подвргнут лабораторијским и технолошким анализама.

7. ЛАБОРАТОРИЈСКЕ АНАЛИЗЕ

Приликом избора гемолошких метода које ће се примењивати при реализацији завршног рада „Геолошке и гемолошке карактеристике појава опала у серпентинитима Фрушке горе“, определили смо се за две методе које су често примењиве у гемологији. Методе за које смо се определили су одређивање индекса преламања светлости и специфичне тежине (густине).

Лабораторијске анализе су спроведене на 9 узорака са 4 локације:

Летенка – 2 узорка (Л1 и Л2)

Грабово – 3 узорка (Г1, Г2 и Г3)

Венац – 3 узорка (В1, В2 и В3)

Татарица – 1 узорак (Т1).

Метода рефрактометрије тј. одрживања индекса преламања захтевала је одређену припрему узорка. Наиме неопходно је да узорак има равну добро полирану површину. Сви узорци који су подвргнути лабораторијским анализама (како одређивању индекса преламања тако и одређивању специфичне тежине) су претходно подвргнути технолошкој анализи тј.

лапидарској обради, којом су добијене кабошонске форме на такав начин да им је равна полеђина (која се често не обрађује финим абразивима) исполирана.

7.1. Одређивање индекса преламања светлости

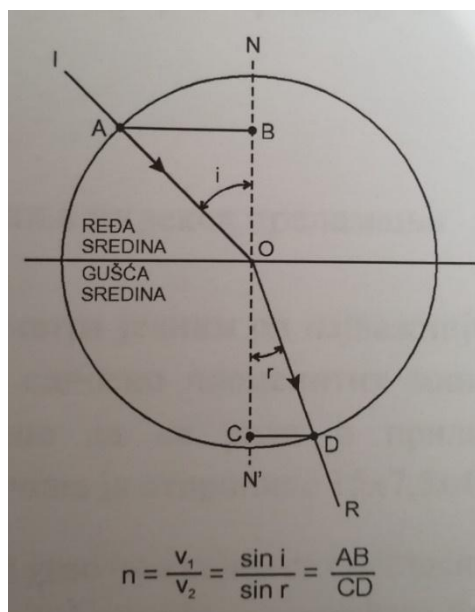
Износ рефлексије, односно преламања светлости је константан за сваки појединачни минерал, и може се користити за његову идентификацију. Та вредност преламања светлости назива се индексом преламања и дефинисана је пропорцијом између брзине светлости у ваздуху и минералу (односно неком другом материјалу). На пример брзина светлости у ваздуху (V_1) је 299700 km/sec, док је брзина светлости у дијаманту (V_2) 124120 km/sec. Индекс преламања (n) у овом случају ће бити :

$$n = \frac{V_1(299700 \text{ km / sec})}{V_2(124120 \text{ km / sec})} = 2,415$$

Ово значи да је брзина светлости у ваздуху 2,4 пута већа него у дијаманту.

Индекс преламања се може дефинисати на још један начин.

При преламању светлости, која из ваздуха улази у неки материјал веће оптичке густине, у овом случају минерал, однос између упадног и преломног угла је константан, исто као и однос брзина светлости у ваздуху и у минералу (З. Миладиновић, 2005.)



Слика 12. Графички приказ одређивања индекса преламања светлости
(Поповић-Михаиловић О. 2018.)

Код изотопних (аморфних и тесералних) минерала постоји само једна вредност индекса преламања. Код минерала који се одликују двојним преламањем светлости постоје две или три вредности индекса преламања.

У гемологији индекс преламања има велики значај, а одређује се најчешће коришћењем рефрактометра (методом одређивања критичног угла тоталне рефлексije), имерзионих течности (имерзионом методом) и микроскопа (директном методом). Рефрактометар је најпрактичнији и најчешће се примењује.

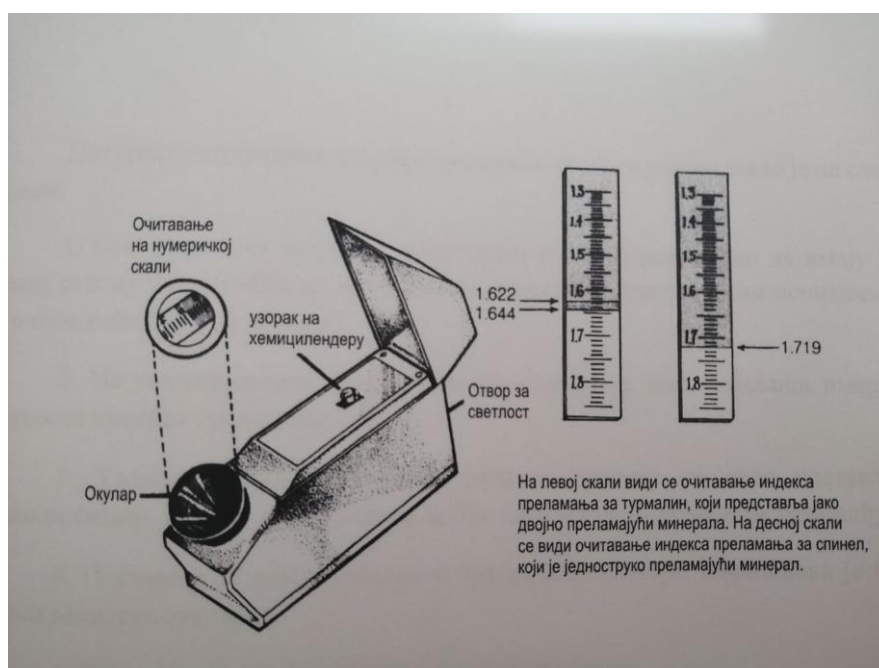
7.2. Методика одређивања индекса преламања

Рефрактометар је један од најважнијих инструмената за идентификовање драгог камења, односно племенитих минерала. Његов значај потиче и из чињенице да се ради о прилично малом а јако корисном инструменту. Његова величина је око 15x7,5x4 cm.

Рефрактометар мери угао под којим се светлосни зраци преламају путујући кроз узорак који се испитује, и омогућава бројчано читавање (индекса преламања) са скале која се види када се гледа кроз окулар.

Још једна од предности рефрактометра што се може користити и на провидним и прозачним узорцима, и на потпуно непровидним узорцима.

Рефрактометар на себи поседује скалу која показује индекс преламања испитиваног узорка, и на тој скали су могућа читавања од 1,35 до 1,80 јер се у том опсегу индекса преламања налази највећи број минерала. Малобројни су минерали који се налазе ван тог опсега, као што је нпр. дијамант.



Слика 13. Рефрактометар (Поповић-Михаиловић О., 2018.)

Ово испитивање је вршено на гемолошком рефрактометру стандардног типа као што је приказано на слици. Конкретно, ради се о геолошком рефрактометру – модел CL-181 фирме Gain Express (Hong Kong) – слика.



Слика 14. Рефрактометар CL-181 на којем су извршена испитивања.

Поступак одређивања индекса преламања за сваки узорак који имамо текао је следећим редом (З. Миладиновић, 2005.):

1. Сви узорци су исечени, избрушени и исполирани тако да имају једну страну која је равна.

2. На хемицилиндар рефрактометра ставља се мала капљица имерзионе течности индекса преламања 1,81.

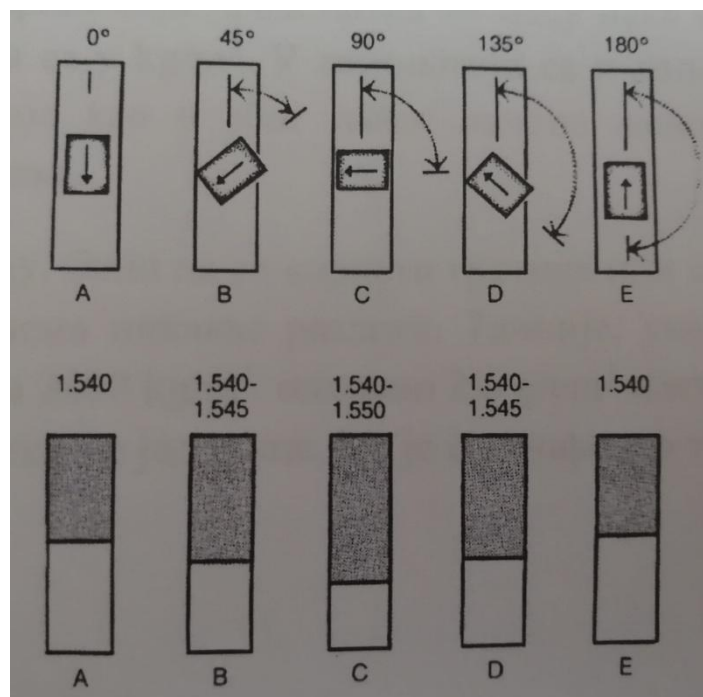
3. Узорак са равном, исполираном страном доле се поставља на хемицилиндар, пазећи да се оствари добар контакт са имерзионом течношћу.

4. Извор светлости се поставља иза рефрактометра, и у нашем случају коришћена је лампа са белом монохроматком светлошћу.

5. Поставља се поларизациони филтер на окулар.

6. Врши се прво читавање индекса преламања

7. Полако се врши ротација поларизационог филтера до 180° и прати се да ли се линија читавања на скали помера. Уколико се промена не уочава у читавању врши се ротација узорка за 45 степени и понавља ротација поларизационог филтера. Врши се поновно читавање да би се уочило да ли се линија читавања померила. Узорак се даље помера следећих 45 степени и понавља процес докле год се узорак не изротира за 180 степени (слика)



Слика 15. Очитавање индекса преламања при ротацији узорка.

Табела 1. Резултати испитивања индекса преламања светлости на узорцима са Фрушке горе:

Редни број	Локација	Ознака узорка	Индекс преламања
1.	Летенка 1	Л1 (Опал)	1,44
2.	Летенка 2	Л2 (Опал)	1,44
3.	Грабово 1	Г1 (Хетероген узорак-Кварц)	1,54
4.	Грабово 2	Г2 (Опал)	1,44
5.	Грабово 3	Г3 (Калцедон)	1,53
6.	Венац 1	В1 (Хетероген узорак-Опал)	1,45
7.	Венац 2	В2 (Хетероген узорак-Опал)	1,45
8.	Венац 3	В3 (Калцедон)	1,53
9.	Татарица 1	Т1 (Кварц)	1,54

7.3. Одређивање специфичне тежине (густине)

Специфична тежина минерала је веома важна код идентификовања неког минерала. Представља недеструктивну методу, под условом да се ради о минералима нерастворивим у води (није је пожељно користити када се ради о минералима који су растворљиви у води).

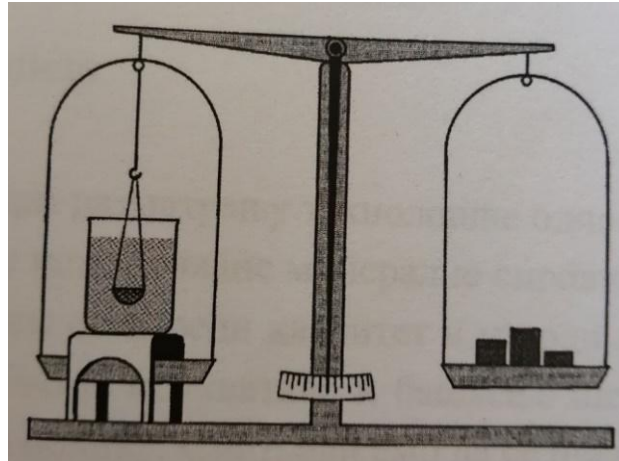
Специфична тежина се дефинише као однос масе супстанце према маси идентичне запремине чисте воде на температури од 4°C. Ова температура је значајна јер је при њој густина воде највећа – 1000kg/m³, односно g/cm³. У међународном систему јединица (SI) уместо специфичне тежине користи се густина која по дефиницији представља – масу неке супстанце по јединици запремине и изражава се у kg/m³. У гемологији се и даље користи специфична тежина због лаког начина њеног одеђивања помоћу хидростатичког поступка.

При практичном мерењу нема никакве разлике између густине и специфичне тежине. Тачније, уколико утврђена густина неког минерала износи 2600 kg/m³, односно 2,6 g/cm³, његова специфична тежина ће износити 2,6 без икакве јединице, јер је специфична тежина само однос.

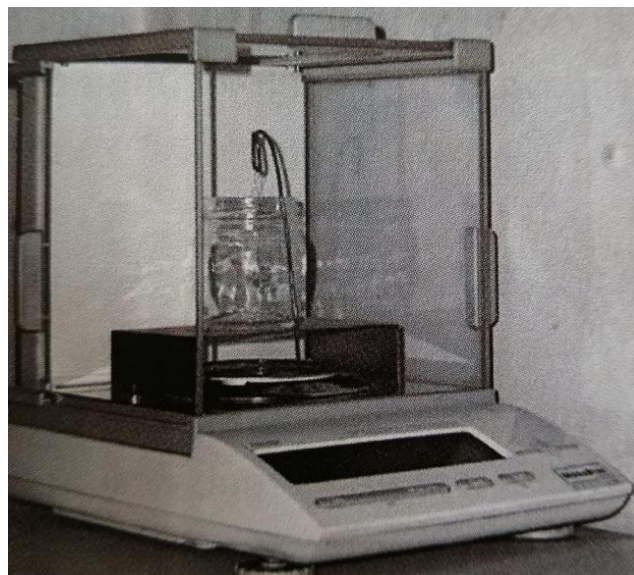
При одређивању специфичне тежине узорка прикупљених и одабраних за реализацију завршног рада *Геолошке и гемолошке карактеристике појава опала у серпентинитима Фрушке горе* определили смо се за хидростатички поступак.

Хидростатички поступак одређивања специфичне тежине подразумева мерење тежине узорка прво на ваздуху, а затим мерење његове тежине када је потпуно потопљен у води. Након тога, специфична тежина узорка се израчунава тако што тежину узорка у ваздуху поделимо са разликом тежине узорка у ваздуху и тежине узорка у води.

Да би се добили поуздани резултати, неопходно је користити вагу велике прецизности и дестиловану воду. Рад на собној температури не утиче много на прецизност мерења, тако да није било неопходно постизати температуру воде од 4°C . 3. (Миладиновић, 2005.)



Слика 16.-Приказ хидростатичког поступка одређивања специфичне тежине коришћењем аналогне ваге



Слика 17.-Приказ хидростатичког поступка одређивања специфичне тежине коришћењем дигиталне ваге

Табела 2. Резултати испитивања специфичне тежине на 9 узорака јувелирских сировина са Фрушке горе:

Редни број	Локација	Ознака узорка	Специфична тежина
1.	Летенка 1	Л1 (Опал)	2,09
2.	Летенка 2	Л2 (Опал)	1,99
3.	Грабово 1	Г1 (Хетероген узорак-Кварц)	2,52
4.	Грабово 2	Г2 (Опал)	2,19
5.	Грабово 3	Г3 (Калцедон)	2,6
6.	Венац 1	В1 (Хетероген узорак-Опал)	2,14
7.	Венац 2	В2 (Хетероген узорак-Опал)	2,13
8.	Венац 3	В3 (Калцедон)	2,5
9.	Татарица 1	Т1 (Кварц)	2,55

На основу резултата лабораторијских анализа (одређивања индекса преламања и одређивања специфичне тежине) можемо констатовати да су узорци узети са налазишта Летенка опали. Њихове вредности индекса преламања и специфичне тежине налазе се у домену референтних вредности за опал (индекс преламања опала 1,35-1,5; специфична тежина опала 1,88-2,5; Schumann1997).

Узорци са локације Грабово су дали неједнозначне резултате. Узорак Г1 поседује двојно преламање (које аморфне супстанце тј. опал немају). На основу макроскопских опсервација уочава се да је узорак поприлично хетероген због чега је било тешко утврдити вредност двојног преламања али су се вредности индекса преламања кретале у домену кварца (1,54). Врло је вероватно да и у овом узорку постоје мање количине опала, а можда и калцедона, али је кварц доминантан градивни минерал. Узорак Г2, је за разлику од претходнох поприлично хомогеног састава и у потпуности

одговара опалу (индекс преламања 1,44; специфична тежина 2,19). Узорак ГЗ је калцедон са индексом преламања 1,53 и специфичном тежином од 2,60.

Узорци В1 и В2, са локације Венац су били веома тешки за идентификацију због очигледне хетерогености састава. Очитавања на рефрактометру нису била прецизна али су се кретала у референтном опсегу за опал – око 1,45. Њихове вредности специфичне тежине су такође одговарале опалу (2,14 и 2,13). Ова два узорка је потребно у даљим испитивањима подврћи додатним анализама при чему је наша претпоставка да се ради о опалитисаном серпентиниту. Вредности узорка В3 јасно показују да се ради о калцедону.

За узорак узет са налазишта Татарица Т1 је који је хетерогеног карактера било би добро спровести даља испитивања, али се на основу резултата рефрактометрије и одређивања специфичне тежине изведених у оквиру реализације овог завршног рада може закључити да се не ради о опалу већ да је узорак Т1 доминантно изграђен од кварца (индекс преламања 1,54; специфична тежина 2,55). Са гемолошког аспекта се о овај узорак не може дефинисати као опал иако присуство опала у мањим количинама у узорку није искључено, о чему можда у прилог говори нешто нижа вредност специфичне тежине.

8. ТЕХНОЛОШКЕ АНАЛИЗЕ

При размартању технолошке односно јувелирске обраде, основни задатак је био да утврдимо да ли се истраживане минералне сировине заиста могу убројити у јувелирске сировине, да им се одреди квалитет и утврди који су типови јувелирске обраде најприкладнији. Ово обухвата и бављење питањем обраде племенитог камена у најконкретнијем облику, јер се практични значај јувелирских минералних сировина на овакав начин може најбоље и најконкретније сагледати.

Међу многобројним врстама минерала и стена само мали проценат спада у јувелирске минералне сировине. Такође, у оквиру једне минералне врсте само поједини узорци могу бити јувелирска минерална сировина.

Посебна својства која одређени минерал или стену сврставају у племенито камење су лепота, постојаност и реткост.

Лепота је прво и најважније својство које племенити камен мора да поседује. Естетска својства представљају субјективну категорију, гемолози воле да кажу: „лепота камена лежи у оку посматрача“. Естетска својства племенитих минерала и стена утврђују се на основу њихових оптичких карактеристика.

Постојаност племенитих минерала и стена представља збир физичких и хемијских особина јувелирске минералне сировине које дају обрађеном драгом камену способност да трајно задржи своју форму.

Реткост племенитих минерала и стена представља генерално правило за сваки варијетет, јер чак и оне минералне врсте које се сматрају веома честе, као што је кварц, само мали део њихових појава у природи се може сматрати лепим и корисним као јувелирски камен. Врло важно правило је да што је одређени јувелирски камен ређи његова вредност је већа. (З. Миладимовић, 2005.)

8.1. Јувелирска обрада

Обрада племенитих минерала и стена у драго камење представља једнако важан фактор као што су њихове природне особине, боја, провидност, сјајност, тврдина итд. Јувелирска обрада има јако важан задатак да истакне и појача све природне естетске одлике камена и да уколико је то могуће прикрије и отклони мане.

Који вид јувелирске обраде ће конкретно бити примењен зависи од бројних фактора који проистичу из природних својстава племенитих минерала и стена. Најзначајнији фактори који се узимају у обзир при избору јувелирске обраде су: минерална врста и варијетет, кристализованост или аморфност минерала, његов хабитус и величина, боја, сјајност, провидност, игра светлости и друга оптичка својства и ефекти, одсуство и присуство механичких и оптичких дефеката. (З. Миладиновић, 2005.)

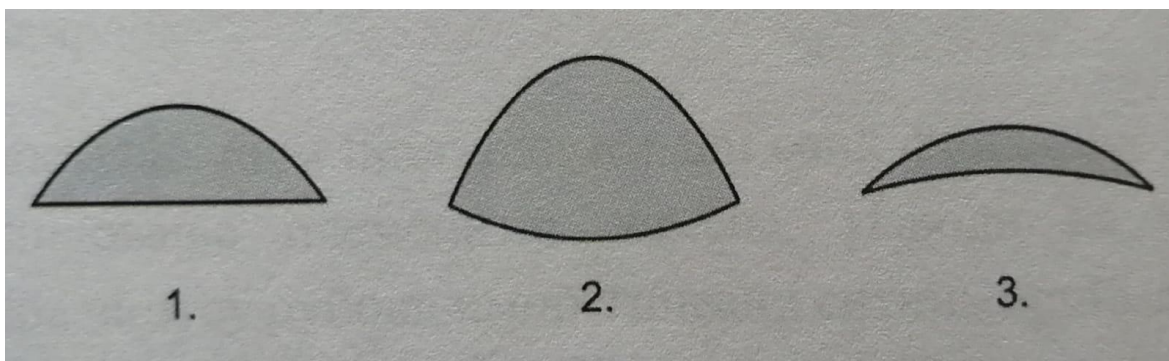
8.2. Основни типови јувелирске обраде

Према Шуману (Schumann, 1997) могу се издвојити три основна вида јувелирске обраде, обрада фасетирањем, обична (једноставна) обрада (или обрада заобљавањем) и мешовита обрада.

Обрада фасетирањем подразумева израду већег броја пљосница, односно фасета, на провидном, кристализованом племенитом минералу. Задатак овакве обраде је да светлосне зраке који улазе у унутрашњост тако обрађеног драгог камена више пута преломи одбијајући се од бројних пљосница пре него што стигне до ока посматрача. На такав начин долазе до изражаја светлосни ефекти који повећавају лепоту и вредност драгог камена. Такви светлосни ефекти се називају ватра, блиставост односно брилијанција. Овај тип обраде се користи код скупоценог драгог камења.

Шуман под једноставном обрадом подразумева обраду заобљавањем и обраду у виду израде равних исполираних површина. По њему једноставна обрада подразумева континуиране исполиране (равне или заобљене) површине које нису поремећене пљосницама (фасетима). Оваквом обрадом добијају се заобљене форме у виду кабишона, кугли и разних сфероидних облика, као и равне површине у виду различитих плочица. Једноставна обрада заобљавањем примењује се код прозачног и непровидног племенитог камења, али може се применит на племенитом камењу које поседује одређене

оптичке ефекте игре светлости. Обично се на овај начин обрађује племенити камен ниже цене, али уз значајна одступања. Пример тога представљају скупоцени рубини и сафири са израженим оптичким ефектом звезде односно астеризмом.



Слика 18. Основни типови кабишона: 1. прост, 2. биконвекстан, 3. конвексно-конкаван (Илић, 1998)

Кабошони представљају чест начин једноставне обраде заобљавањем. Могу бити простог облика, када им је доња површина равна а горња заобљена и двоструко заобљени, када су им обе позршине заобљене, биконвексни и конвексно-конкавни кабишони.

8.3. Примењена јувелирска обрада

Узорцима који су предмет овог завршног рада (непровидни, прозачни и делом прозачни) највише одговара обрада заобљавањем тј израда кабошона.

Израда јувелирских производа подразумева већи број различитих техничких поступака као што су сечење, брушење и полирање.

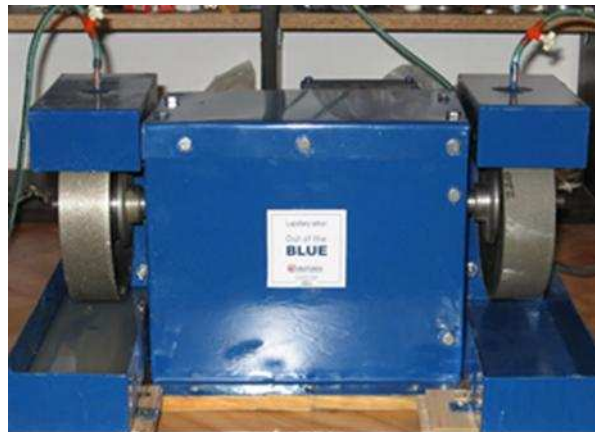
Јувелирска обрада извршена је на следећим машинама:

Сечење је извршено на машини фирме Lortone модел TS8-С. Коришћено је дијамантско сечиво пречника 20 сантиметара.



Слика 19. Тестера Lortone TS-8 на којој је извршено сечење узорка

Брушење, фино брушење и полирање извршено је на машини домаће израде (типа Lortone Beaver) са фиксним и изменљивим дијамантским брусевима (пречника 15 cm) следеће гранулације: 150, 70, 30, 15, 6 и 1 микрона.



Слика 20. Машина на којој је извршено брушење, фино брушење и полирање кабошона

Брушење и полирање равних површина извршено је на машини за фасетирање Ming Xing LZM-2E. Коришћени су дијамантски дискови, пречника 15 cm, раније наведених гранулација.



Слика 21. Машина на којој је извршено брушење и полирање равних површина јувелирских минералних сировина

Резултати испитивања јувелирске обраве на 9 узорака узетих са налазишта на Фрушкој гори:

Редни број	Локација	Ознака узорка
1.	Летенка 1	Л1 (Опал)
2.	Летенка 2	Л2 (Опал)
3.	Грабово 1	Г1 (Хетероген узорак-Кварц)
4.	Грабово 2	Г2 (Опал)
5.	Грабово 3	Г3 (Калцедон)
6.	Венац 1	В1 (Хетероген узорак-Опал)
7.	Венац 2	В2 (Хетероген узорак-Опал)
8.	Венац 3	В3 (Калцедон)
9.	Татарица 1	Т1 (Кварц)

Резултати јувелирске обраде представљени су на следећим сликама (сл. 21-29):



Слика 22. Обрађен узорак Л1- Опал (20x15mm)



Слика 23. Обрађен узорак Л2- Опал (30x22mm)



Слика 24. Обрађен узорак Г1- Хетероген узорак-Кварц (30mm)



Слика 25. Обрађен узорак Г2- Опал (22x13mm)



Слика 26. Обрађен узорак Г3- Калцедон (19x14mm)



Слика 27. Обрађен узорак В1- Хетероген узорак-Опал (32x29mm)



Слика 28. Обрађен узорак В2- Хетероген узорак-Опал (28x20mm)



Слика 29. Обрађен узорак В3- Калцедон (24x15mm)



Слика 30. Обрађен узорак Т1- Кварц (30x26mm)

Технолошком анализом, лапидарском обрадом доказано је да сви обрађени узорци могу да се сматрају јувелирском минералном сировином, односно да се од њих могу добијати јувелирски производи, кабишони који се примењују у изради накита.

Уочена су одређене потешкоће при лапидарској обради које се углавном огледају у присутности пукотина и шупљина у појединим узорцима, али се они правилним одабиром узорака могу избећи уз мало нижи степен искоришћења минералне сировине.

Опали са налазишта Летенка се карактеришу врло атрактивном комбинацијом беле и зелене боје коју донекле кваре инклузије браон боје највероватније гвожђевитог минерала (хематита или лимонита) и које приликом обраде треба што више избегавати. И поред гвожђевитих инклузија опали са Летенке постижу висок степен полираности.

Хетерогеност обогаћених узорака са налазишта Грабово је главни ограничавајући фактор. Пукотина нема пуно тако да је степен искоришћења минералне сировине доста висок. Обрадом се лако постиже доста висок степен полираности

Узорци В1 и В2 са појаве налазишта Венац због своје хетерогености не постижу висок степен исполираности али са друге стране се карактеришу врло

интересантном комбинацијом боја која их ипак чини јувелирским каменом. Степен искоришћености им је врло висок јер прслина и пукотина готово да нема. Узорак ВЗ будући да се ради о калцедону се врло лепо полира а поседује и интересантну медно жуту бран боју која подсећа на ћилибар.

Повишено присуство пукотина је уочено на узорку са појаве Татарица али се тај узорак одликује јако лепом и интензивном зеленом бојом тако да се правилном обрадом (избегавањем пукотина и прслина) добијају врло квалитетни кабошони.

9. ЗАКЉУЧАК

На Фрушкој Гори су већ дуже време позната бројна налазишта јувелирског камена. Већином се та лежишта и појаве јављају у алтерисаним серпентинитима и то у све три зоне (северној, средишњој и јужној).

Минерални састав ових налазишта је представљен врло интересантном комбинацијом силицијских и карбонатних минерала. До сада су већином познати варијетети јувелирског камена Фрушке силицијског минералног састава били представљени калцедоном и кварцом.

При реализацији овог рада извршено је узорковање у налазиштима у којима се претпостављало могуће постојање аморфне силиције, тј. опала. Обрађена су 3 од раније позната налазишта (Летенка, Грабово и Венац) као и ново налазиште – Татарица.

Резултати спроведених лабораторијских анализа представљених недеструктивним гемолошким методама (рефрактометријом и хидростатичком методом одређивања специфичне тежине) показали су присуство опала у три налазишта: Летенка, Грабово и Венац. Поред опала у налазиштима Грабово и Венац утврђено је и присуство калцедона. У налазишту Татарица зелени варијетет јувелирског камена је доминантно изграђен од кварца.

Технолошка анализа путем јувелирске обраде је утврдила да опал са Фрушке Горе представља јувелирску минералну сировину, односно да се може успешно обрађивати у кабошонске форми и користити за израду накита.

У циљу наставка истраживања опала Фрушке Горе као јувелирског камена потребно је наставити даља геолошка истраживања на већ познатим налазиштима али и на другим просторима, пре свега у алтерисаним серпентинитима.

10. ЛИТЕРАТУРА

1. Антонијевић А., *Појаве лиственизации у централном делу Балканског полуострва*, Радови Геоинститута, књига 47 (1992), Београд
2. Антонијевић А., *Извештај о истраживању и валоризацији полудрагог камена са Фрушке Горе (октобар 1981)*, Геоинститут, Београд
3. Илић М., 1998., *Јувелирске минералне сировине и њихова налазишта у Србији*, Универзитет у Београду – Рударско-геолошки факултет, Београд
4. Илић М., 2007, *Јувелирске минералне сировине*, Демократска странка – истраживачко-издавачки центар, Београд
5. Карамата С., Крстић Б., Terranes of Serbia and neighbouring areas. Terranes of Serbia, The formation of the Geologic Framework of Serbia and Adjacent Regions, Faculty of Mining and Geology, University of Belgrade, Committee for geodynamics of the Serbian Academy of Sciences and Arts, Be 1995
6. Миладиновић З., 2004., Извештај по пројекту Геолошка истраживања јувелирских минералних сировина Фрушке горе, Рударско-геолошки факултет Универзитета у Београду, Београд, 56 стр.
7. Миладиновић З., 2005., *Геолошке карактеристике и практични значај налазишта јувелирских минералних сировина Фрушке горе. – Магистарска теза*, Библиотека Рударско-геолошког факултета Универзитета у Београду
8. Миладиновић З., 2010., *Годишњи извештај по пројекту синтеза извршених геолошких истраживања јувелирских минералних сировина Србије са оценом потенцијалности*, Рударско-геолошки факултет у Београду
9. Поповић-Михаиловић О., 2018., *Геолошке карактеристике појаве јувелирског камена „Летенка” на Фрушкој Гори*, Завршни рад, Рударско-геолошки факултет у Београду

10. Schumann W., *Gemstones of the World* (translated from German, Title of original: *Edelsteine und Schmucksteine*), Revised and expanded edition, Sterling Publishing Company, Inc., New York, 1997, 271 p.
11. Симић В., (2017), *Опробавање – општи курс*, Београд
12. Чичулић-Трифунковић М., Ракић М., Основна геолошка карта 1:100000 — Тумач за лист Нови Сад, L 34-100, Савезни геолошки завод, Београд, 1977.
13. Чупковић Т., Геолошке карактеристике и геоморфолошка еволуција Фрушке горе, магистарска теза, Рударско-геолошки факултет, Београд, 1997.

ИЗЈАВА О АУТОРСТВУ ЗАВРШНОГ РАДА

Име и презиме студента Катарица Пачновић

Број индекса Г16/17

И з ј а в љ у ј е м

да је завршни рад под насловом

Геолошке и гемолошке карактеристике појава
опала у серпентинитима Фрушке горе

- резултат сопственог истраживачког рада;
- да завршни рад у целини ни у деловима није био предложен за стицање друге дипломе на студијским програмима Рударско-геолошког факултета или других високошколских установа;
- да су резултати коректно наведени и
- да нисам кришио/ла ауторска права и користио/ла интелектуалну својину других лица.

У Београду, _____

Потпис студента

ИЗЈАВА
О ИСЛОВЕТНОСТИ ШТАМПАНЕ И ЕЛЕКТРОНСКЕ ВЕРЗИЈЕ
ЗАВРШНОГ РАДА

Име (име родитеља) и презиме студента Катарина Миодрог Љачковић
Број индекса Г16/14
Студијски програм Геологија
Наслов рада Геолошке и гемолошке карактеристике
појава опала у серпентинитима Фрушке
горе
Ментор доц. др. Зоран Миладиновић

Изјављујем да је штампана верзија мог завршног рада истоветна електронској верзији коју сам предао/ла ради одлагања у Дигиталном репозиторијуму Рударско-геолошког факултета.

Дозвољавам да се објаве моји лични подаци везани за добијање академског звања, као што су име и презиме, година и место рођења и датум одбране рада.

Ови лични подаци могу се објавити у електронском каталогу и у публикацијама Рударско-геолошког факултета.

У Београду, _____

Потпис студента

ИЗЈАВА О КОРИШЋЕЊУ ЗАВРШНОГ РАДА

Овлашћујем библиотеку Рударско-геолошког факултета да у Дигитални репозиторијум унесе мој завршни рад под насловом:

Геолошке и гемолошке карактеристике појава
опала у серпентинитима Фрашке горе

који је моје ауторско дело.

Завршни рад са свим прилозима предао/ла сам у електронском формату погодном за трајно архивирање.

Мој завршни рад одложен у Дигиталном репозиторијуму Рударско-геолошког факултета је (заокружити једну од две опције):

- I. редуковано доступан кроз наслов завршног рада и резиме рада са кључним речима;
- II. јавно доступан у отвореном приступу, тако да га могу користити сви који поштују одредбе садржане у одабраном типу лиценце Креативне заједнице (Creative Commons) за коју сам се уз сагласност ментора одлучио/ла.

- 1. Ауторство (CC BY)
- 2. Ауторство – некомерцијално (CC BY-NC)
- 3. Ауторство – некомерцијално – без прерада (CC BY-NC-ND)
- 4. Ауторство – некомерцијално – делити под истим условима (CC BY-NC-SA)
- 5. Ауторство – без прерада (CC BY-ND)
- 6. Ауторство – делити под истим условима (CC BY-SA)

(Заокружите само једну од шест понуђених лиценци. Кратак опис лиценци је саставни део ове изјаве.)

У Београду, _____

Потпис ментора

Потпис студента

1. **Ауторство.** Дозвољава умножавање, дистрибуцију и јавно саопштавање дела, и прераде, ако се наведе име аутора на начин одређен од стране аутора или даваоца лиценце, чак и у комерцијалне сврхе. Ово је најслободнија од свих лиценци.
 2. **Ауторство – некомерцијално.** Дозвољава умножавање, дистрибуцију и јавно саопштавање дела, и прераде, ако се наведе име аутора на начин одређен од стране аутора или даваоца лиценце. Ова лиценца не дозвољава комерцијалну употребу дела.
 3. **Ауторство – некомерцијално – без прерада.** Дозвољава умножавање, дистрибуцију и јавно саопштавање дела, без промена, преобликовања или употребе дела у свом делу, ако се наведе име аутора на начин одређен од стране аутора или даваоца лиценце. Ова лиценца не дозвољава комерцијалну употребу дела. У односу на све остале лиценце, овом лиценцом се ограничава највећи обим права коришћења дела.
 4. **Ауторство – некомерцијално – делити под истим условима.** Дозвољава умножавање, дистрибуцију и јавно саопштавање дела, и прераде, ако се наведе име аутора на начин одређен од стране аутора или даваоца лиценце и ако се прерада дистрибуира под истом или сличном лиценцом. Ова лиценца не дозвољава комерцијалну употребу дела и прерада.
 5. **Ауторство – без прерада.** Дозвољава умножавање, дистрибуцију и јавно саопштавање дела, без промена, преобликовања или употребе дела у свом делу, ако се наведе име аутора на начин одређен од стране аутора или даваоца лиценце. Ова лиценца дозвољава комерцијалну употребу дела.
 6. **Ауторство – делити под истим условима.** Дозвољава умножавање, дистрибуцију и јавно саопштавање дела, и прераде, ако се наведе име аутора на начин одређен од стране аутора или даваоца лиценце и ако се прерада дистрибуира под истом или сличном лиценцом. Ова лиценца дозвољава комерцијалну употребу дела и прерада. Слична је софтверским лиценцама, односно лиценцама отвореног кода.
-