





УНИВЕРЗИТЕТ У БАЊОЈ ЛУЦИ  
UNIVERSITY OF BANJA LUKA

АРХИТЕКТОНСКО-ГРАЂЕВИНСКО-ГЕОДЕТСКИ ФАКУЛТЕТ  
FACULTY OF ARCHITECTURE, CIVIL ENGINEERING AND GEODESY



# РЕВИТАЛИЗАЦИЈА ТВРЂАВЕ КАСТЕЛ У БАЊАЛУЦИ

*Примјена истраживачког рада у одређивању технике и  
технологије извођења конзерваторско-  
рестаураторских радова*

МАСТЕР РАД

ментор:

Проф. Др Милијана Окиљ

кандидат:

Јовица Благојевић 66М/10

Бања Лука, мај 2024. године



УНИВЕРЗИТЕТ У БАЊОЈ ЛУЦИ  
UNIVERSITY OF BANJA LUKA

АРХИТЕКТОНСКО-ГРАЂЕВИНСКО-ГЕОДЕТСКИ ФАКУЛТЕТ  
FACULTY OF ARCHITECTURE, CIVIL ENGINEERING AND GEODESY



# REVITALIZATION OF THE „KASTEL“ FORTRESS IN BANJA LUKA

*Application of research work in determining the technique  
and technology of performing conservation and restoration  
works*

MASTER THESIS

Mentor:

Prof. Milijana Okilj, PhD

Candidate:

Jovica Blagojević 66M/10

Banja Luka, May 2024.

**Ментор:**

Проф. Др Милијана Окиљ

Ванредни професор

Архитектонско-грађевинско-геодетски факултет Универзитета у Бањој Луци

**Наслов мастер рада:****РЕВИТАЛИЗАЦИЈА ТВРЂАВЕ КАСТЕЛ У БАЊАЛУЦИ**

*Примјена истраживачког рада у одређивању технике и технологије извођења конзерваторско-реставраторских радова*

**Резиме:**

Рад је конципиран на начин да на конкретном примјеру из праксе покаже неопходност истраживачког рада кроз све фазе реализације пројекта ревитализације културних добара.

Кроз преглед историјског развоја тврђаве „Кастел“, анализе стања тврђаве прије почетка извођења радова, увида у пројектоване услове конзервације и реставрације добија се јасна слика тренутка у коме су вршени предметни радови. Даље, кроз испитивања материјала, преглед технике и технологије извођења радова, као и евидентирања и анализе нових информација добијених у току извођења радова, детаљније се појашњава сам процес извођења радова. На крају се кроз закључак и упутство за одржавање објекта оставља могућност за надоградњу и проширење самог истраживања кроз даље фазе реализације радова на ревитализацији тврђаве „Кастел“.

Приликом истраживања кориштене су методе доказивања, класификације, теоријске анализе и историјски метод.

Очекивани резултати истраживања су првобитно стицање јасне слике о начину градње, техникама које су кориштене и материјалима који су употребљавани приликом изградње тврђаве Кастел. На тај начин максимално задржати аутентичност појединих дијелова тврђаве приликом процеса ревитализације.

**Кључне ријечи:**

*Ревитализација*

*Истраживачки рад*

*Културно наслеђе*

**Научна област:** Архитектура и урбанизам

**Научно поље:** Заштита и ревитализација градитељског наслеђа

**Класификациона ознака (CERIF):** Архитектура, уређење ентеријера (Т240), Високо градња (Т230), Заштита и реставрација умјетничких дјела (Н314).

**Тип одбране лиценце Креативне заједнице:** CC BY-NC-SA

**Mentor:**

Milijana Okilj, PhD, full professor

Faculty of Architecture, Civil Engineering and Geodesy, University of Banja Luka

**Master's thesis title:****REVITALIZATION OF THE „KASTEL“ FORTRESS IN BANJA LUKA**

*Application of research work in determining the technique and technology of performing conservation and restoration works*

**Summary:**

The paper is conceived in such a way to show, on a concrete example from practice, the necessity of research work through all phases of the the cultural goods revitalisation project.

An overview of the historical development of the „Kastel“ fortress, the analysis of the condition of the fortress before the beginning of works, the insight into the projected conditions of conservation and restoration, are to create a clear picture of the moment in which the works in question were carried out. Furthermore, testing of materials, reviewing the technique and technology of the performance of works, as well as recording and analysing new information acquired during the performance of works, will explain, at a greater detail, the process of execution of works. Finally, the conclusion and the instructions for the maintenance of the facility, leave the possibility for upgrading and expanding the research itself through further phases of the performance of works on the revitalization of the "Kastel" fortress.

During the research, methods of proof, classification, theoretical analysis and historical method were used.

The expected results of the research are the original acquisition of a clear picture of the method of construction, the techniques and materials used in the construction of the „Kastel“ fortress. Thus, the authenticity of certain parts of the fortress are to be maximally maintained during the revitalization process.

**Keywords:**

*Revitalisation*

*Research work*

*Cultural heritage*

**Scientific field:** Architecture and urbanism

**Scientific field:** Protection and revitalization of architectural heritage

**Classification Mark (CERIF):** Architecture, Interior Design (T240), High Construction (T230), Protection and Restoration of Works of Art (N314).

**Creative Community License Defense Type:** CC BY-NC-SA

## САДРЖАЈ

---

1. Увод .....	1
2. Историјат тврђаве Кастел у Бањалуци.....	2
3. Преглед конзерваторско-рестаураторских радова на тврђави Кастел у Бањалуци .....	4
4. Пројектантски услови конзервације, рестаурације и ремоделације.....	5
5. Стање тврђаве Кастел прије почетка извођења радова и узроци девастације.....	6
6. Резултати истраживачког рада у току извођења радова.....	8
7. Анализе и испитивања.....	12
8. Технички опис изведених радова	
а. Бедеми од сјеверне улазне капије до почетка бастiona 1.....	13
б. куле 1, 2, 3 и 4 .....	15
в. Кула 1.....	17
г. Кула 2.....	18
д. Кула 3.....	19
ђ. Кула 4 .....	22
е. Методологија израде хростове шиндре.....	24
9. Упутство за одржавање објекта након извршених конзерваторско-рестаураторских радова.....	29
10. Закључак.....	30
11. Прилози .....	32
а. Анализа камена .....	33
б. Анализа малтера.....	72
с. Анализа узорка фуговања.....	94
12. Литература .....	109

## 1. Увод

---

Када је у питању пројектовање и извођење радова на новоградњи ствари су прилично јасно дефинисане истраживачким радовима, пројектним задатком, урбанистичко-техничким условима, захтјевима инвеститора, изграђеношћу средине и сл. У том случају до изражаја долази умијеће пројектанта да што боље искористи улазне податке и искомбинује их у складну цјелину која ће задовољити захтјеве у смислу форме и функције.

Када су у питању реконструкције већ постојећих објеката, ту су ствари мало компликованије јер пројектант није у могућности да сагледа комплетну слику објекта, те је неопходно објекат додатно испитати, прије израде конзерваторско-рестаураторског пројекта и у току извођења радова. Нажалост, у данашње вријеме овај „метод“ се у пројектовању све чешће користи као изговор за недовршене и мањкаве пројекте, искључујући ријетке појединце који проводе веома опсежне истраживачке радње приликом израде пројеката на реконструкцији објеката.

Ако су објекти који су предмет реконструкције културна добра, ствари постају још изазовније јер се и пројектовању и извођењу мора приступити са додатном дозом одговорности према културној и историјској вриједности тих објеката како не би нарушили њихову аутеничност.

На основу свега наведеног, неопходно је посветити посебну пажњу значају истраживачког рада приликом одређивања технике и технологије извођења радова, нарочито на објектима који чине дио културно-историјског наслеђа.

Рад је писан формирајући двије хипотезе:

01. *Изостанак истраживачког рада у практичном дијелу извођења радова увелико умањује квалитет изведених радова*
02. *Иако се реконструкција као метод обнове културних добара не препоручује, постоје случајеви када је могућа*

Ове двије хипотезе су доказиване користећи се истраживачким методама доказивања, класификације, теоријске анализе и историјског метода а све на конкретном примјеру ревитализације тврђаве „Кастел“ у Бањалуци.

## 2. Историјат тврђаве Кастел у Бањалуци

---

Тврђава „Кастел“, представља историјско језгро Бањалуге и први је њен урбани нуклеус у развоју физичке структуре града. Смјештена је на благом узвишењу уз лијеву обалу ријеке Врбас. Геоморфолошки положај тврђаве указује на погодно стратешко подручје чије се насељавање може пратити још од праисторије. Почети настанка насеља на мјесту данашњег Кастела датирају из палеолитског доба, које се даље развијало у неолиту и бронзаном добу.<sup>1</sup> Од тих најранијих времена овај простор се развијао, живио кроз историјске епохе, са народима који су га освајали и насељавали, почев од Римљана, преко словенских племена, до Турака и Аустроугара. О постојању античког насеља на мјесту данашњег Кастела свједоче археолошка истраживања античких географских карата која потврђују да се на овом мјесту налазило насеље *Castra*, које се уз скромне материјалне доказе развијало од II до VI вијека.<sup>2</sup>

Утврђење је подигнуто послје 1463. године, као дио границе на Врбасу у систему одбране угарског краљевства против Турске. Интензивна изградња отпочиње крајем XVI вијека, за вријеме турске власти и владавине Ферхад паше Соколовића (1574-1580). За вријеме султана Мехмеда III, (1595-1603) на прелазу између XVI и XVII вијека, тврђава је претворена у град, када је била саграђена и џамија која је била посвећена поменутом султану, да би утврђење потом било више пута обнављано и проширено. Данашње обресе тврђава је добила током обнове 1712. - 1714., за вријеме Нуман паше Ђуприлића, а која је била подстакнута учесталим

---

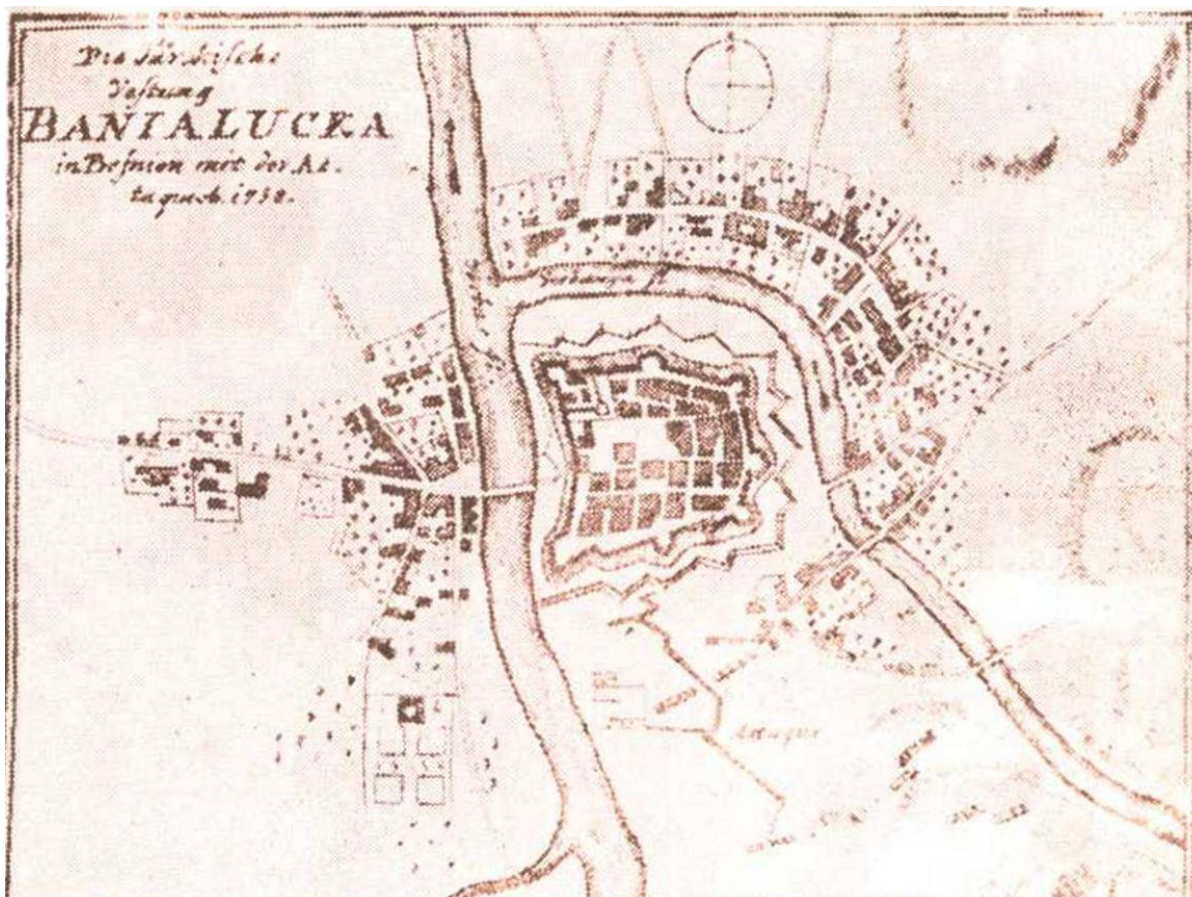
<sup>1</sup> B. Graljuk, *Novija arheološka otkrića i ispitivanja na području Banjaluge i okolice*, Zbornik I, Arheološka problematika Zapadne Bosne, Arheološko društvo Bosne i Hercegovine, Sarajevo 1983, 23-40.

<sup>2</sup> I. Bojanovski, *Bosna i Hercegovina u antičko doba*, Akademija nauka i umetnosti Bosne i Hercegovine, *Djela knjiga LXVI*; Centar za balkanološka ispitivanja, knjiga 6, Sarajevo 1988., 375.



аустројско-турским ратовима на прелазу из XVII у XVIII вијек. Тврђава је проширена по тзв. Ваубановом систему, чиме је утврђење добило своју данашњу издужену трапезасту форму. Омеђена је бедемима са бастионима и кулама. До тврђаве су тада водила два моста, а ријеке Врбас и Црквену повезивао је велики шанац, тако да је заправо била окружена са свих страна водом као утврђено острво. Тврђава са истуреним бастионима са свих страна је опасана бедемима на којима се налазе пушкарнице и топовнице. Унутар бедема, које чине девет бастиона и три куле, налазило се више објеката – логор са двије куле и малим арсеналом, централни арсенал, касарна, казамати, барутане, амбари за жито и др.

О изгледу тврђаве и града из периода прве половине XVIII вијека говоре бројни аустроугарски извори из времена аустројско-турског рата. Аустројске трупе су 1737. године покушале да заузму тврђаву и у томе нису успјеле. Рат је завршен Београдским миром 1739. године.



Сл.1. Аустројска мапа из 1738. године<sup>3</sup>

<sup>3</sup> I. УСЛОВИ ЧУВАЊА, ОДРЖАВАЊА, КОРИШЋЕЊА КУЛТУРНИХ ДОБАРА И УТВРЂИВАЊЕ МЈЕРА ЗАШТИТЕ ЗА УРБАНИСТИЧКИ ПЛАН ГРАДА БАЊА ЛУКА - валоризација, радни тим: мр Милијана Окиљ,

Почетком XIX вијека извршене су веће поправке на Кастелу, а последња у низу била је 1868. године када опада значај и моћ бањалучке тврђаве. Послије Другог свјетског рата, па до 1959. године, Тврђава је и даље служила у војне сврхе, да би током XX вијека коришћена и изграђивана новим објектима савремене намјене, који су касније уклоњени.<sup>4</sup>

### 3. Преглед конзерваторско-рестаураторских радова на тврђави Кастел у Бањалуци

---

Тврђава Кастел је од 1950. године под заштитом државе,<sup>5</sup> а ревизија одлуке спроведена је 1962. године. Просторним планом Босне и Херцеговине до 2002. године валоризована је у II категорију, а за национални споменик проглашена је 2005. године.<sup>6</sup>

Први радови на санацији тврђаве услиједили су по напуштању Кастела од стране Југославенске народне армије, 1963. године. Републички завод за заштиту споменика културе Босне и Херцеговине вршио је конзерваторске радове на сјеверним и западним дијеловима бедема и кула у периоду од 1969.-1975. године, да би били настављени санацијом јужног бедема код куле 2 и јужног арсенала (Т.2). Радови на инфраструктурном опремању су извршени током 1980.-1982. године (канализација, водовод, ПТТ). У периоду 1982.-1984. уређен је јужни арсенал (Т.2), скидани су вишеслојни земљани тампони са казамата.<sup>7</sup>

Готово 20 година нису вршени конзерваторско-рестаураторски радови на Кастелу. Тек 2002. године, извршена је замјена кровне конструкције на улазној кули (К1). Наставак конзерваторско-рестаураторских радова услиједио је 2013. и 2014. године, захваљујући инвестицијама које су одобрене од стране Делегације Европске уније у Босни и Херцеговини. Предмет прве фазе радова био је јужни бедем, кула 5 и Камена кућа, а предмет друге фазе били су дијелови сјеверног бедема од сјеверне улазне капије до угла сјеверног и западног бедема, дио западног бедема од угла сјеверног и западног бедема до краја бастиона 1 тј. до краја цјелине 2 и куле 3 и 4 са

---

дипл. инж. арх. Јелена Савић, дипл. инж. арх. Сњежана Глигорић, дипл. етнолог-антрополог Горан Панић, дипл. географ-демограф Љубица Срдић, проф. Археологије Горан Калинић, дипл. Археолог Небојша Милићевић, дипл. комуниколог, Бања Лука 2007.

<sup>4</sup> Л.Жеравица, Хронолошки оквир тврђаве Кастел у Бања Луци, Путеви 6, Журнал књижевности и културе, Бања Лука 1976, 685-692.

<sup>5</sup> Решењем Земаљског завода за заштиту споменика културе и природних ријеткости НР БиХ, Сарајево, бр.726/50 од 16.јуна 1950. године, Решењем Земаљског завода за заштиту споменика културе и природних ријеткости НР БиХ бр. 02-40-102/70 од 18.јуна 1962. године,

<sup>6</sup>Одлука о проглашењу историјског подручја тврђаве Кастел за национални споменик Објављена у "Службеном гласнику БиХ", број 36/05

<sup>7</sup> Б.Граљук, Бања Лука /Кастел, Археолошки преглед, Љубљана 1986, 136-137.

припадајућим бедемима.<sup>8</sup> У годинама које слиједи (2017. 2018. и 2019.) Градска управа Града Бања Лука је сопственим средствима наставила ревитализацију тврђаве у три одвојене инвестиције. У том периоду обновљена је кровна и међуспратна конструкција, као и кровни покривач улазне Куле 1 која је изгорела у пожару 2013. године, такође је обновљен и дио западног бедема од куле 1 до почетка Бастиона 1, затим кровна конструкција и кровни покривач Куле 2 и сегмент јужног бедема од Куле 2 до Бастиона 9.



Сл. 2 Стање цјелине 4 прије и послје извођења радова<sup>9</sup>

#### 4. Пројектантски услови конзервације, рестаурације и ремоделације

Пројекат је, према конзерваторским принципима, јасно дефинисао материјале и технике уградње материјала, како не би дошло до нарушавања оригиналног ткива зиданих структура на самој тврђави, а и да би се очувао аутентични амбијент. Ипак, прије самог почетка радова извршена су испитивања минералошко-петрографског састава камена који је уграђиван на тврђави као и везива које је коришћено за градњу. Ова испитивања обављена су на Институту за испитивање материјала „ИМС“ у Београду.<sup>10</sup> Такође су прикупљени узорци камена са оближњих каменолома, те су упоређивани са

<sup>8</sup> Целина 2. од укупно девет целина дефинисаних по пројекту који је израдила фирма „Грађење“ а.д. из Источног Сарајева, а све према награђеном раду на Међународном конкурс за израду идејног архитектонско-урбанистичког решења ремоделације и ревитализације Тврђаве „Кастел“ (2006. године). Рад је дело инжењера архитектуре Зорице Савичић, Радивоја Динуловића, Драгане Васиљевић Томић, Владимира Анђелковића, Дијане Аџековић, Марка Димитријевића, Марије Павловић, Бојана Тешића са сарадницима Татјаном Карабеговић и Александром Богојевић.

<sup>9</sup> Аутор фотографија Skysense студио Нови Сад

<sup>10</sup> Студије Института за испитивање материјала „ИМС“ из Београда бр.41-3948 од 08.04.2015. године и 41-6458 од 03.06.2015. године са минеролошко-петрографским и физичким испитивањима узорака камена

узорцима са тврђаве. На основу добијених резултата одређено је и коришћено више одговарајућих врста камена за зидање бедема, како не би дошло до нарушавања аутентичности бедема. Исти поступак поновљен је и са малтером. Пробни узорци, сачињени на терену упоређивани су са узорцима оригиналног малтера који су узорковани са тврђаве <sup>11</sup>. Како би у највећој мери остварили постављене услове рестаурације, коришћене су оригиналне технике за обраду материјала као што је ручно клесање камена, ручно цијепање шиндре и шашоваца и ручно тесање дрвене грађе.

## 5. Стање тврђаве Кастел прије почетка извођења конзерваторско-рестаураторских радова и узроци девастације

Дијелови тврђаве „Кастел“ су прије почетка радова били у веома лошем стању. Испране фуге и дивља вегетација су угрозили стабилност бедема (лица и дијела масе бедема), те је бедемима био забрањен приступ и били су заштитном оградом изоловани од посјетилаца. Кровна конструкција и кровни покривач свих кула је био у јако лошем стању што је довело до урушавања одређених дијелова зидова кула и унутрашње међуспратне конструкције.

---

<sup>11</sup> Извештаји ВХМ459/215, 0011/15-ГП, 0012/2015-ГП, 0013/2015-ГП Института за испитивање материјала “ИМС” из Београда о испитивањима узорака малтера



Сл. 3 Стање тврђаве прије почетка извођења радова <sup>12</sup>

Поред атмосферских утицаја, као што су киша, снијег, лед и вјетар, највећу штету самим бедемима је нанијела дивља вегетација. Растиње, које је свој пут започињало у малим пукотинама у камену, или шупљинама у испраним фугама, развијало је свој коријен до великих димензија унутар масе бедема, што је на појединим дијеловима у потпуности одвајало лице зида од његовог језгра. Поред природних фактора који су угрозили стабилност појединих деијелова, тврђава је била захваћена и људским немаром и неадекватним и нестручним рестаурацијама у претходном периоду те је било потребно уклонити трагове тих интервенција на бедемима и кулама.

<sup>12</sup> Аутор фотографија Јовица Благојевић



Сл. 4 Узроци девастације тврђаве Кастел <sup>13</sup>

## 6. Резултати истраживачког рада у току извођења радова

Током извођења радова на конзервацији и рестаурацији тврђаве „Кастел“ откривено је доста нових података који нису били познати приликом израде пројектне документације. На основу новооткривених података, користећи се истраживачким методама уз консултације са конзерваторским надзором те уз сагласност пројектанта вршене су измјене одређених дијелова пројекта.

Након скидања више слојева малтера у кули 4 откривене су пушкарнице и нише које су биле зазидане и омалтерисане и на тај начин скривене. Откривене пушкарнице и нише су биле у јако добром стању, осим надвојних дрвених греда које су биле видно оштећене дјеловањем ватре највероватније приликом пожара који је у неком тренутку захватио кулу 4. Дрвене греде замјењене су новим ручно

<sup>13</sup> Аутор фотографија Јовица Благојевић

тесаним храстовим гредама а камене пушкарнице су очишћене и конзервиране. Како би се рестаурисане пушкарнице адекватно презентовале, а да се ипак унутар простора куле може створити микро клима како би простор могао бити у функцији, затворене су стаклом са танким металним оквиром како не би нарушавли оригинални изглед куле. Дио бедема којим је кула 4 била опасана, који је накнадно дозидан као ојачање сјеверног и западног фасадног зида куле, реконструисан је до висине новооткривених пушкарница како би оне остале видне и са спољне стране. Тада су коришћени сви подаци који се могу наћи на лицу мјеста те су конзервирани остаци дозиданог дијела бедема као ојачања куле 4. На тај начин је и даље видљиво да је ојачање бедема извршено накнадно али је такође презентован и старији дио саме куле, као и њена одбрамбена функција прије самог ојачавања.



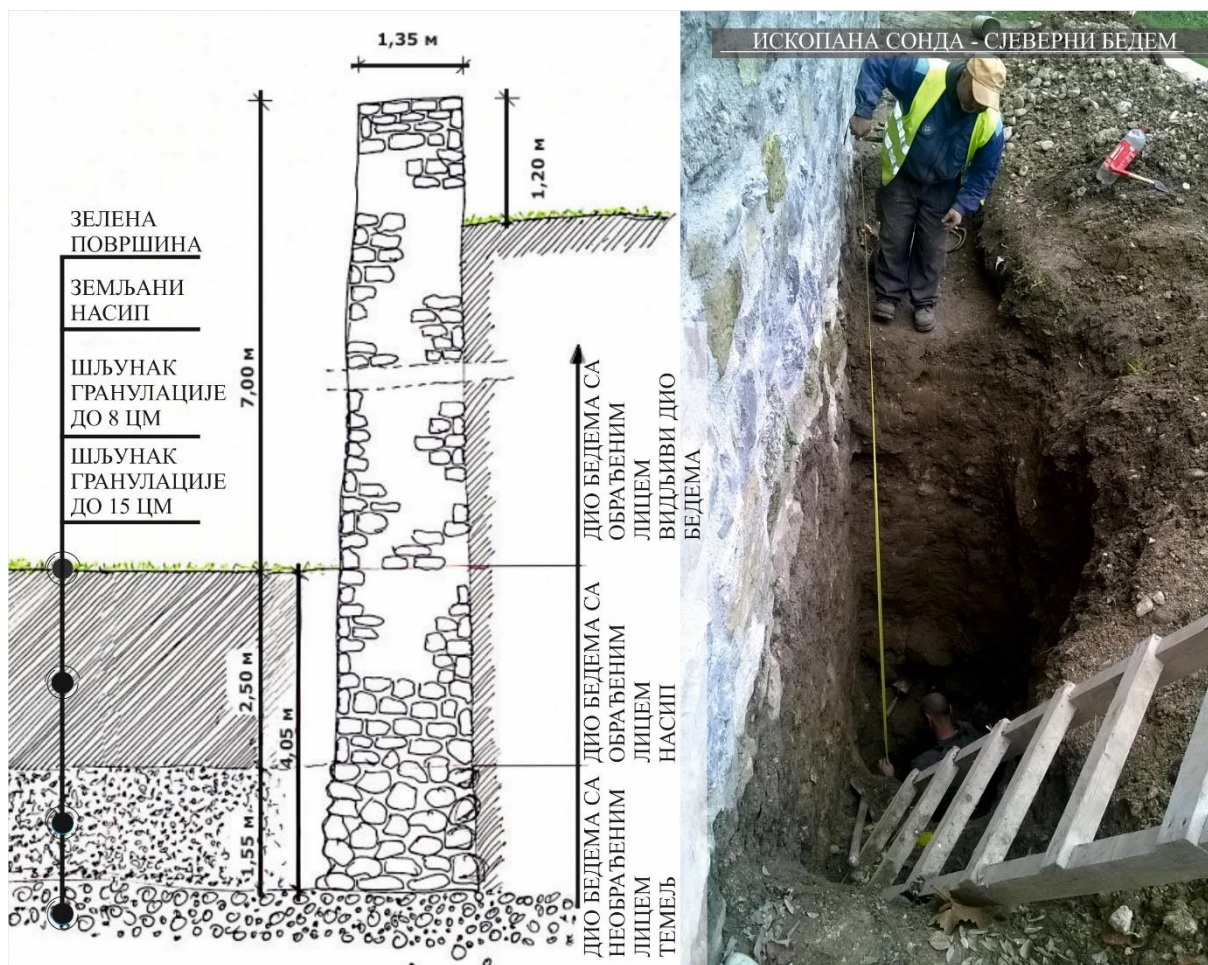
Сл.5 Изглед пушкарница у току и након реконструкције <sup>14</sup>

<sup>14</sup> Аутор фотографија Јовица Благојевић

Касније, приликом реконструкције бедема који повезују Кулу 3 и Кулу 4, у бедемима су пронађене пушкарнице које су истог облика, зидане од исте вртсте камена као и оне које се налазе у Кули 4 из чега се да закључити да су Куле 3 и 4 заједно са припадајућим бедемима биле дио мањег утврђења прије него је комплетна тврђава попримила данашњи облик. Пушкарнице које су пронађене у кули 4 су орјентисане на сјеверну и западну страну док су пушкарнице пронађене у самим бедемима орјентисане на јужни и западну страну. На западном дијелу бедема који повезује куле 3 и 4 је такође видно ојачање које се протеже од западног зида Куле 4 све до Куле 3, укључујући и оба бедема који се налазе око Куле 3. Ојачање је мање видно на јужном дијелу бедема око Куле 3 али је јасно да је исто изведено, јер су овим ојачањем зазидана вањска лица пушкарница које су пронађене са унутрашње стране овог бедема.

Темељ је сондиран на девет мјеста, сонде су откриле добро очуване темеље на сјеверном и западном бедуу као и на бедемима који спајају Куле 3 и Куле 4, и на самим кулама. Поред тога, на сјеверном бедуу сегмент 1, ископана је сонда којом је утврђено да је кота дна фундаирања на 4,05 m од тренутне коте терена. До дубине од 2,50 m камен је фино обрађен у лицу што указује на чињеницу да је некада био дио лица бедема те да су оригинални темељи били укопани 1,55 m. Висина видног дијела бедема на том дијелу данас је 7,00 m тако да укупна висина сјеверног бедема оригинално била 9,50 m.





Сл. 6 Сонда за утврђивање коте дна темељења<sup>15</sup>

Поред западне улазне капије, у доњем дијелу бедема откривен је дио лука зидан од правилно клесаних камених блокова. Претпоставља се да лук припада пролазу кроз бедем који се некада налазио на знатно нижој коти, што потврђује да су бедеми оригинално били знатно веће висине како је утврђено ископавањем сонди. Овај лук је конзервиран са наглашеном позицијом увлачењем зазиде отвора како би и тај дио бедема био заштићен од даљег пропадања.

Свод западне улазне капије је у току неке од ранијих реконструкција озидан пуном опеком. Евидентно је да овај материјал није оригинално употребљаван приликом изградње тврђаве. Сам свод је постојао јер је био основа за шетну стазу која се протеже цијелом дужином бедема и формира осматрачницу. У овом случају се приступило потпуној реконструкцији улазног свода јер је постојало довољно информација на основу којих је могуће урадити егзактну реконструкцију. Камен који се користио за реконструкцију свода и лука Западне улазне капије је вађен из седиментне стијене. Ова врста камена је карактеристична по томе што је

<sup>15</sup> Аутор фотографија и илустрације Јовица Благојевић

једноставна за обраду, из тог разлога је и приликом градње саме тврђаве кориштена за обраду углова бастiona, кула, улазних капија и сводова.



Сл. 7 Реконструкција западне улазне капије<sup>16</sup>

## 7. Анализе и испитивања

Како је раније наглашено, прије самог почетка радова извршена су потребна испитивања материјала који су коришћени за зидање тврђаве. Испитано је укупно 14 различитих узорака камена и 4 различита узорка малтера. Поредеди резултате испитивања уграђеног камена на тврђави „Кастел“ са резултатима испитивања узорака камена са оближњих каменолома установљено је да неколико врста камена одговара својим петрографским и физичким карактеристикама па су у мањој или већој мери коришћени приликом рестаурације бедема и кула. Сва

<sup>16</sup> Аутор фотографија Јовица Благојевић

испитивања су вршена на институту за испитивање материјала ИМС у Београду и копије истих се налазе у прилогу овог рада.<sup>17</sup>

Поред минеролошко-петрографских својстава испитаних материјала јако су битна и она физичка својства истих. Како би се у максималној могућој мјери испоштовао оригинални изглед тврђаве, за реконструкцију је кориштен камен са неколико каменолома како за зидање тако и за израду агрегата за фуговање. Што се тиче самих fuga, направљено је 13 узорка фуговања комбинујући различитих гранулација агрегата са различитих каменолома као и однос везива, воде и агрегата како би се добио тон фуге који најприближније одговара оригиналном тону фуге. За фуговање бедема је изабран узорак бр. 11.<sup>18</sup>

## 8. Технички опис изведених радова

---

### а. Бедеми од сјеверне улазне капије до куле 1, и од куле 2 до бастиона 9

Упоредо са испитивањима извођени су радови на рашчишћавању и разиђивању. Прво је уклоњена дивља вегетација око и са зидова западног и сјеверног бедема како би омогућили лакши прилаз и постављање радне скеле. Дивља вегетација је уклоњена хемијским средствима а веће растиње физичким путем. Након израде пројекта скеле и елабората заштитен на раду, приступило се постављању радне скеле на око 3000 m<sup>2</sup> спољашњих бедема. По завршетку извођења мјера за заштиту на раду кренуло се са пажљивим уклањањем цементних fuga и разиђивањем нестабилних дијелова бедема. Након разиђивања уклоњено је преостало коријење већег растиња и затим су све површине добро опране водом под притиском и механичким путем и челичним четкама је очишћен разидани камен и депонован је на градилишту до поновне уградње. Уклањање цементних fuga и разиђивање нестабилних дијелова бедема преклапало се са земљаним, зидарским и каменорезачким радовима, те је због широког фронта рада и интерно одређеног краћег рока од 6 месеци за завршетак грубих радова, свакодневно на тврђави радило преко 70 радника. Свакодневно присуство стручног надзора на градилишту, чести састанци и обилазак радова са конзерваторским надзором, стручан кадар на градилишту који су чинила 2 инжињера, неколико грађевинских техничара, велики број специјализованих

---

<sup>17</sup> Студије Института за испитивање материјала "ИМС" из Београда бр.41-3948 од 08.04.2015. године и 41-6458 од 03.06.2015. године са минеролошко-петрографским и физичким испитивањима узорака камена

Извештаји ВХМ459/215, 0011/15-ГП, 0012/2015-ГП, 0013/2015-ГП Института за испитивање материјала "ИМС" из Београда о испитивањима узорака малтера.

<sup>18</sup> Елаборат узорака фуговања.

мајстора за каменорезачке радове на објектима који су под заштитом и велики број помоћних радника са искуством у грађевинским пословима, довели су до високог квалитета изведених радова. Посебна пажња посвећена је каменорезачким радовима, поготову када су у питању недостајући блокови седре који су се налазили на угловима батиона, топарница и пушкарница, кордон вијенцима као и сводовима и луковима улазних капија. Обиљежене су позиције свих недостајућих блокова, камен је обезбеђен са оближњег камеолома, узимајући у обзир појединачне димензије сваког блока како би се што боље уклопили на предвиђене позиције. Специфичан је случај западне улазне капије који је највише био нарушен неадекватном санацијом у претходном периоду. Скинута је земља са пролаза изнад западне улазне капије и разидан је свод од опеке у цементном малтеру који је изведен приликом једне од ранијих интервенција. Постављена је ремената, прво за улазни лук који је озидан од камених блокова димензија 35x40x90 cm који су тежили и до 250 kg, а затим и за свод западне улазне капије. Озидани су лук и свод од седре-сиге у продужном кречном малтеру, а преко свода постављен је хидроизолујући слој малтера како вода не би у будућности испирала фуге и угрожавала стабилност свода што се десило у протеклом периоду. За зидање бедема такође је коришћен продужни кречни малтер. Пре самог зидања прописно су очишћене разидане површине, што физичким путем што водом под притиском, на очишћену површину наношен је тзв „шприц“ и затим се приступило зидању самог бедема. Камен је пре уградње квашен водом а након зидања на озидане делове бедема стављана је јутана саргија наквашена водом како би одржавала влажност везивног материјала и спречиле прегоревање малтера.

Сав сачувани разидани камен поново је уграђен у зидове док су нови камени блокови клесани ручно од више врста камена. Приликом зидања коришћени су већи камени блокови „дужњаци“ којима је једна димензија знатно већа од друге две, како би лице зида било повезано са његовим језгром. По завршетку зидања очишћене су све спојнице да би се бедеми припремили за фуговање. Пре самог фуговања урађено је 13 пробних узорака за фуговање комбиновањем различитих гранулација агрегата са различитих камеолома у различитим односима са готовим везивом на бази креча „Mapei Antique LC“<sup>19</sup>. Узорци су анализирани са стручним и конзерваторским надзором, а одабран је један узорак за који смо се сложили да тоном, структуром и испитаним карактеристикама најбоље одговара сачуваним партијама са оригиналним спојницама. Фуговање је изведено у више фаза. Након наношења малтера за фуговање у више слојева, фуге су у неколико наврата четкане како би се постигла жељена текстура и како би „ослободили“ ивице камена које овим поступком долазе у први план. На исфуговане дијелове бедема као заштита постављена је наквашена јутана саргија. Саргије су редовно

---

<sup>19</sup> „Mapei antique LC“ бесцементно везиво за справљање малтера

квашене у наредних 5 дана како би се одржао ниво влажности у фугама и било спречено нагло исушивање које би довело до пуцања и одвајања фуга.

Са посебном пажњом изведена су сва завршна зидања круна бедема, посебно водећи рачуна о одводњавању воде минималним падом ка споља. Сондирањем темеља бедема и Кула и детаљном анализом уз консултације са стручним и конзерваторским надзором дошло се до закључка да су темељи тврђаве очувани и у одличном стању и да нема потребе за даљим интервенцијама на самим темељима. И ако је пројекат предвидјео велике интервенције и оштећења на бедемима као и велике количине материјала за ињектирање, ињектирање бедема као вид ојачања је изведено у јако малим и практично занемарљивим количинама, што је указало да су бедеми у добром стању и да стабилност бедема није угрожена.

## б. Куле 1, 2, 3 и 4

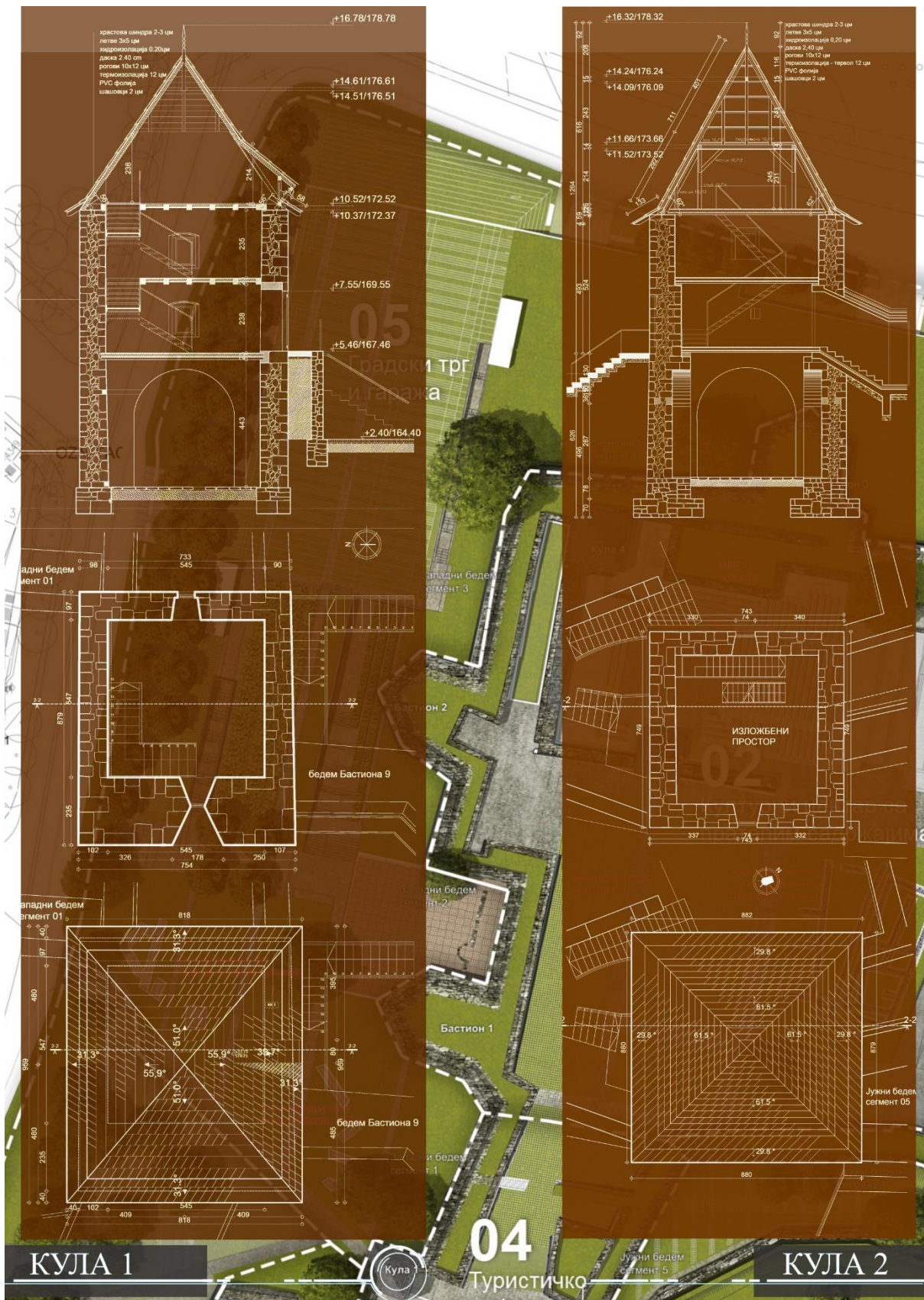
На кров све четири куле<sup>20</sup> смо поставили све прописане слојеве од ручно цијепане хрестове шиндре као кровног прокривача, преко хоризонталне и вертикалне летве, паропропусне-водонепропусне фолије и даске.



Сл. 8 Пројекат са означеним позицијама кула које су биле предмет радова <sup>21</sup>

<sup>20</sup> Куле 3 и 4 су реконструисане 2015. године, док су куле 1 и 2 реконструисане 2018. године.

<sup>21</sup> Аутор илустрације Јовица Благојевић

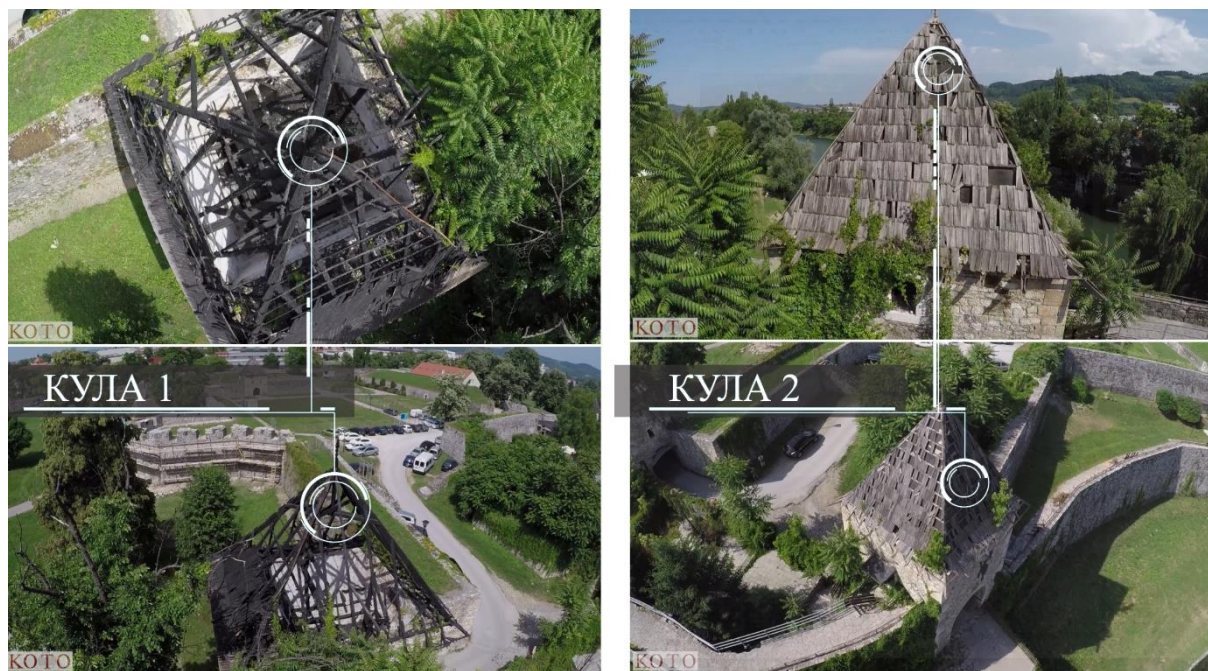


Сл. 9 Основе и пресеци Куле 1 и Куле 2<sup>22</sup>

<sup>22</sup> Пројекат за извођење ремоделације и ревитализације тврђаве Кастел у Бањалуци – Грађење а.д.

## в. Кула 1

Кула 1 уједно представља и западну улазну капију на тврђаву Кастел. Налази се између бастиона 9 и Бастиона 1. Кула је обезбијеђена масивном дрвеном капиом и састоји се од приземља које представља улаз у тврђаву, једног спрата и поткровља. Димензије Куле 1 су 7,54 m x 8,79 m.



Сл. 10 Фотографије Кула 1 и 2 прије реконструкције<sup>23</sup>

Кула 1 разликује се по димензијама од осталих кула које у основи чине готово идеалан квадрат. До разлике у димензијама страница Куле 1 долази због тога што је улазна фасада куле у неком тренутку ојачана додавањем још једног одбранбеног зида. Развојем оружја кроз историју развијали су се и начин одбране, тако је и ова кула у неком тренутку додатно ојачана још једим зидом са спољашње стране и на тај начин добила облик правоугаоника у основи. Геометрија ове куле диктира разлику у нагибима крова у односу на остале куле које се налазе на тврђави Кастел. Тип крова на свим кулама је шатораста четвероводни кров<sup>24</sup> са једним нагибом у делу крова који се мења у делу стрехе. Због свог облика кула 1 има 3 различита нагиба крова, на делу крова су нагиби од 51° и 56°, док је нагиб на дијелу стрехе приближно 30°. Кула 1 се још једним детаљом издваја од осталих кула а то је баца<sup>25</sup> која се налази на јужној страни четвероводног крова. Баца је ширине 80 cm и окренута је према ријеци Врбас.

<sup>23</sup> Аутор фотографија Skysense студио Нови Сад

<sup>24</sup> Овакав тип крова се кристио приликом покривања кула због врсте кровног покривача који је кориштен. Дрвена шиндра захтјева већи нагиб крова како би остварила водонепропусност.

<sup>25</sup> Баца - Отвор на дрвеном крову који служи за довод свјетлости или одвод дима и вјетрење простора.

Кровна конструкција, прије монтаже на кулама, скројена је на терену како би се увјерили да сви елементи одговарају задатим мјерама те је након тога монтажа извршена на пројектованој коти што је у великој мјери допринијело једноставности монтаже а самим тим и сигурности свих радника који су били укључени у сам процес монтаже кровне конструкције. Сва грађа која је кориштена за израду кровне конструкције је заштићена адекватним премазима против пожара и против инсеката. За кровни покривач је кориштена ручно цијепана храстова шиндра о којој ће детаљније бити говора у наставку рада. Приликом израде крова, према пројектованим условима, додати су слојеви даске и паропропусне-водонепропусне фолије како би се продужио вијек трајања самог крова.

### г. Кула 2

Димензије Куле 2 су 7,43 m x 7,49 m што чини приближно квадратну основу. Кула 2 има два нагиба кровних равни и то на делу крова нагиб од 61° и на дијелу стрехе нагиб приближно 30°. Кров Куле 2 је због дугогодишњег немара попустио под временским неприликама и на тај начин отворио пут даљој девастацији комплетног ентеријера куле. Приликом релаизације ове фазе пројекта вршени су радови на рестаурацији и конзервацији круне на Кули 2, и реконструкција кровне конструкције и кровног покривача. Што се тиче саме круне президана је круна и фуговани су дијелови на фасади који су президани како би се створила квалитетна подлога за ослањање кровне конструкције. Реконструисана је кровна конструкција на начин да су здаржани оригинални нагиби кровних равни, као и материјал којим се били изведени конструкција и кровни покривач. Као и на осталим кулама, према пројектованим условима, додати су слојеви додатне заштите од атмосферских утицаја. Као кровни покривач је као и на осталим кулама које су реконструисане кориштена ручно цијепана дрвена храстова шиндра.





Сл. 11 Фотографије кула 1 и 2 након реконструкције <sup>26</sup>

#### д. Кула 3

Постављањем скеле око фасадних зидова, крова и унутар куле започели су радови на рестаурацији и санацији куле. Спољашње димензије Куле 3 су 7,10 x 7,08 m, дебљина зидова се креће од 1,50 m до 1,80 m тако да су димензије унутрашњег простора 3,50 m x 4,09 m. У приземљу куле, које са нишама заузима око 25 m<sup>2</sup> површине, пројектом је предвиђен пролаз у коме је смештен главни дистрибутивни електро ормар који ће да опслужује комплетну лјетну сцену. Плафон од грубо обрађених греда, ручно цијепаних „шашоваца“ у комбинацији са капијама од храстовог масива и челичних профила даје овом пролазу аутентичан изглед. Улазну капија је изведена од храстовог масива са оковима од кованог гвожђа и дрвеним мандалом обложеном металним оковима као системом за затварање. Друга капија је изведена као браварска од металних профила са

<sup>26</sup> Аутор фотографија Skysense студио Нови Сад

оквиром од челичног флаха дебљине 1 cm и ширине 10 cm, и офарбана је црном мат бојом.

Највећа оштећења на кули су свакако она на кровном покривачу, што је довело до продора воде у зидове, а што је касније довело и до великих оштећења фасадних зидова у горњој зони. Након скидања кровног покривача установљено је да је кровна конструкција у добром стању осим у дијелу који чини саму стреху крова те су оштећени рогови у потпуности замењени новим. Након скидања оштећених дијелова кровне конструкције и кровног покривача уследила је рестаурација и санација крова. Преко рогова је постављена даска, преко даске паропропусна водонепропусна фолија учвршћена вертикалним летвама које су образовале слој за ветрење. На вертикалне летве постављене су хоризонталне летве као носачи ручно цепане храстове шиндре. Шиндра је постављена под углом и по систему на перо и жлијиб са довољним преклопима како би се осигурала водонепропусност кровног покривача. На самом врху конструкције постављен је храстов дрвени клин димензија 18 cm x 18 cm и висине 1,40 m који уједно служи за укрупњавање дрвене конструкције као и завршни елемент на врху крова који обезбеђује водонепропусност цијелог система. Термоизолација је постављена преко изравнавајућег слоја који се налази изнад свода који образује плафон спрата куле. Спрат куле је пројектован као канцеларијски простор у функцији летне сцене приликом свих врста дешавања. Како би и овај простор био амбијентално повезан са тврђавом и кулом у којој се налази у ентеријеру су остављени као видни велики обрађени камени блокови око прозора док је остатак зидова и свод омалерисали кречним малтером наглашавајући грубљу текстуру малтера. Улазна врата су лучна израђена од храстовог масива укупне дебљине 10 cm, од истог материјала израђени су и прозори. Међуспратна конструкција је од греда димензија 18 cm x 20 cm. Између греда постављен је ручно цијепани шашовац, а преко њега пвц фолија и термоизолацију од 10 cm. Преко греда је постављен слијепи под од 2,5 cm и преко њега храстов бродски под укупне дебљине 2,3 cm. Сви елементи су премазани тонираном импрегнацијом и заштитом од инсеката и након тога протвпожарним премазом да би задовољили све противпожарне стандарде.



Сл. 12 Фотографије Куле 3 прије и после реконструкције<sup>27</sup>

Рестаурацију и санацију фасада зидова чинили су већи захвати у горњој зони гдје је на свим фасада у потпуности президано лице зида у висини од 2,50 m што чини нешто више од 1/3 укупне површине фасадних зидова од око 190 m<sup>2</sup>. Презиђивање је вршено у етапама како би био испраћен слог зидања у што већој мери и како би био враћен употребљив камен на позиције са којих је и демонтиран. Са остатка фасадних зидова уклоњени су трагови неадекватних ранијих интервенција блокавањем, мањим презиђивањем и обијањем цементних фуга. На појединим мјестима сачуване су оригиналне кречне фуге које су заштићене и задржане. Обзиром да су куле зидане другом врстом камена и да су дерсоване у односу на бедеме који су били фуговани урађена су 2 узорка фуговања на фасадном зиду Куле 3 по узору на сачуване кречне фуге. Након консултација са конзерваторским и стручним надзором приступили се дерсовању фасадних зидова Куле 3 уз свакодневно његовање исфугованих дијелова наквашеним јутаним саргијама. Након завршетка радова на дерсовању, демонтирана је скела и приступило се рестаурацији и санацији спољашњег зиданог каменог степеништа које води до улаза у канцеларијски простор на спрату Куле 3. Озидана је камена ограда и постављен је метални рукохват како би осигурали безбједно кориштење степеница. На зидање оштећених дијелова фасадних и унутрашњих зидова Куле 3 као и на зидање самог степеништа утрошено је преко 45 m<sup>3</sup> камена, око 90 %

<sup>27</sup> Аутор фотографија Јовица Благојевић

уграђеног камена је нови камен а само 10% разиданог камена је било употребљиво и враћено је на позиције са којих је и уклоњен.

## ђ. Кула 4

Кула 4 је знатно већих димензија од Куле 3, како у хоризонталном тако и у вертикалном плану. Димензије Куле 4 у основи су 8,90 m x 9,00 m, и састоји се од укупно 4 етажe - сутерена, приземља, првог спрата и поткровља са галеријом. Као и у остатку тврђаве и Кули 4 највећу штету је причинила дугогодишња изложеност временским неприликама као и људски фактор. Оно што је кули узроковало додатна оштећења јесте да се кула својим сјеверним и западним фасадним зидом наслања на бедем у висини сутерена и приземља. Спој ова два зида је неадекватно ријешен те је вода продрла у само језгро зида и тако нанијела огромну штету унутрашњим зидовима. Вода је велику штету нанијела и кровној конструкцији која је делом била откривена због оштећења на кровном покривачу. Након постављања скеле на око 250 м<sup>2</sup> фасадних зидова и 250 м<sup>2</sup> око кровне конструкције и након уклањања кровног покривача летве и даске установили смо да је кровна конструкција у потпуности уништена и да је потребна комплетна замјена. Снимљене су тачне димензије елемената кровне конструкције и пажљиво је све уклоњено. Исти поступак је поновљен и у унутрашњој куле са међуспратном конструкцијом. Након постављања скеле приступило се уклањању унутрашњег малтера и цементних фуга са фасадних зидова куле. У сутерену куле се налазио санитарни чвор који је пројектом одређен за уклањање као и дијелови претходних неадекватних радова у виду бетонске плоче у више слојева у северозападном делу сутерена куле. Ономогућен је продор воде у спој између фасадних зидова куле и зидова који су дозидани као ојачање, извршено је и ињектирање зидова куле масом за ињектирање „Костер Маутрол 2Ц“ ради спречавања капиларне влеге<sup>28</sup>. Споља спој бедема и зидова куле заштићен је „Силоксан“ хидрофобом<sup>29</sup>.

Кровна конструкција је склопљена на терену како би се провјерило да сви елементи одговарају задатим мјерама, те је након тога монтажа извршена на пројектованој коти што је у великој мјери допринијело једноставности монтаже а самим тим и сигурности свих радника који су били укључени у процес монтаже кровне конструкције. Додатак у слојевима крова Куле 4 у односу на Кулу 3 јесу термоизолација између рогова, пвц фолија и ручно цијепани шашовци који су постављени јер се поткровље у Кули 4 користи, што са Кулом 3 није био случај. Као и у Кули 3, и овде се приступило са посебном пажњом заштити дрвета како од штеточина тако и од пожара.

<sup>28</sup> „Koster Mautrol 2C“ двокомпонентна течност ниског вискозитета на бази алкалних силиката

<sup>29</sup> „Siloxan“ безбојна водоотпорна паропропусна хидрофобна заштита

Како је камен у лицу зида унутар куле био у јако лошем стању након уклањања малтера приступило се малтерисању уз изузетак fino обрађених камених блокова.

Разведене су електро, водоводне и канализационе инсталације у сутерену куле. Укупна корисна површина просторија у Кули 4 износи нешто преко 135 m<sup>2</sup>, главна намјена су радни канцеларијски простори у којима се налази противпожарна, рачунарска и телефонска централа, док је сутерен предвиђен за припрему и одмор глумаца и извођача током наступа на лјетној сцени, до реконструкције другог дијела тврђаве и израде посебног простора предвиђеног за те намјене.



Сл. 13 Фотографије реконструкције ентеријера куле 4<sup>30</sup>

<sup>30</sup> Аутор фотографија Јовица Благојевић

На фасадним зидовима Куле 4 су санирана сва оштећења као и на Кули 3. У оквиру ове фазе радова комплетно су завршени сви уговорени конзерваторско рестаураторски радови на бедемима и кулама цјелина 2 и 4 тврђаве „Кастел“. Цијели ток радова пратило је свакодневно фотографисање свих фаза рада. Све фазе рада су детаљно технички снимане за потребе документације извођача радова и израду доказница мјера. У најзначајнијим фазама реализације сам процес извођења радова је и видео снимљен дроном. Све новонастале промјене и интервенције забиљежене су у пројекту изведеног стања.



Сл. 14 Фотографије реконструкције екстеријера Куле 4 <sup>31</sup>

#### е. Методологија израде хростове шиндре

Шиндра (њем. Schindel) је кровни покривач од јелових или хростових дашчица. Шиндра се као покривач користи у свим крајевима Европе, користи се искључиво за покривање објеката који имају велик нагиб крова. Разликујемо неколико начина покривања крова дрвеном шиндром. На нашим просторима су најраспрострањенији једнослојни, који смо ми користили приликом покривања кула и вишеслојни (најчешће трослојни али може да буде и много више слојева). Разлика се огледа у изради и начину постављања самих хростових дашчица. Код једнослојног начина покривања неопходно је да се дашчице на једној страни жлијебе и уклапају са другом страном следеће дашчице која се истаћи. Оно што захтјева овај начин покривања јесте да се дашчице благо нагну у једну страну како би се кровном покривачу омогућила водонепропусност. Код вишеслојног начина покривања кровова дрвеном шиндром дашчице се постављају у потпуности под

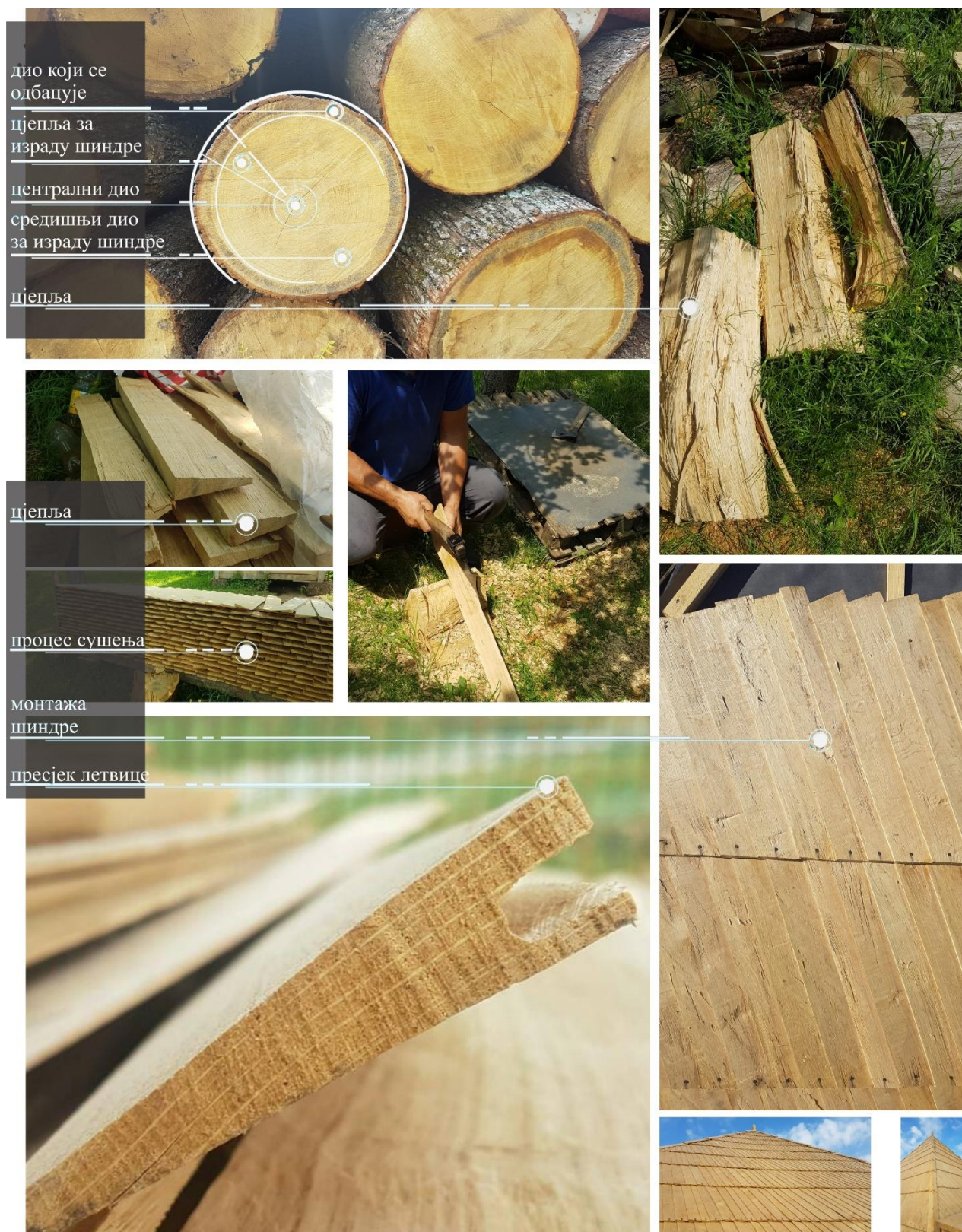
<sup>31</sup> Аутор фотографија Јовица Благојевић

правим углом на стреху, али се шиндра поставља у више слојева и са већим преклопима те се на тај начин остварује водонепропусност.

Храстова шиндра свој пут започиње као стабло *hrasta* (lat. *Quercus*). У нашем случају се користило стабло храста лужњака (лат. *Quercus petraea*), то је листопадно дрво из рода храстова, породице *Fagaceae*. Храст китњак је високо дрво, достиже висину од 30-40 m и прсни пречник 1-3 m. Дебло је равније и правилније него дебло храста лужњака. Идеалан пречник стабла за израду храстове шиндре је 40 cm. Сеча стабла се обавља у зимском периоду, тј. у месецима у којима је вегетација на минимуму и када стабло у себи има најмање течности.<sup>32</sup> Сјеча се обавља у поменутом периоду јер је у том случају много мања могућност да се приликом складиштења развијају гљиве које нарушавају квалитет трупца или израђене дашчице шиндре, другим ријечима добија се знатно већи квалитет и постојаност шиндре. Димензије храстове дашчице за шиндру су 80 x 12 cm и дебљине до 3 cm. Дебло се сече на облице дужине 80 cm, те облице се цепају на „цепље“ дебљине до 8 cm. За израду шиндре се користи „црвени“ дио стабла, тачније одбацује се средина у пречнику до 8 cm и спољашњи руб у дебљини 4 cm. Добијене „цепље“ се детаљније обрађују посебним алатом, брадвом на финалну димензију гдје се на једној страни добије дебљина од 3 cm а на другој страни 1 cm. Затим се дебља страна машински прожлијеби како би се могла уклопити приликом уградње. Последња етапа у припреми шиндре за уградњу је резање једног краја дашчице под углом од 70°.

---

<sup>32</sup> Оптималан период за сечу је од почетка новембра до краја фебруара месеца.



Сл. 15 Процес цијепања храстове шиндре <sup>33</sup>

<sup>33</sup> Аутор фотографија и илустрације Јовица Благојевић



Храстова шиндра, која је пројектована као кровни покривач има период “зрења”. У том периоду храст испушта заштитну супстанцу, тзв. танин који образује танак заштитни филм око шиндре, те је штити од атмосферских утицаја. Међутим, у периоду зрења дрвета, шиндра оставља трагове на бедемима који се налазе испод стрехе кула. Потребно је у току падавина тај дио бедема заштитити пвц фолијом и евентуално након престанка падавина, те након што се бедем прописно исуши челичном четком очистити захваћени дио бедема.

Како смо већ напоменули за израду ручно цијепане шиндре потребно је изузетно умијеће али и посебни алати. Основни алат за цијепане шиндре је брадва. Брадва је најсличнија сјекири. Разликује се у томе што обликом прилагођена цијепану шиндре. Само сјечиво је постављено ексцентрично, лијево у односу осу симетрије док је дршка благо закривљена у супротну страну, десно у односу на осу симетрије. Ове fine измјене омогућавају много прецизније цијепане самих дашчица а да не дође до оштећења влакана дрвета. Обзиром да је тајна трајности цијепане шиндре у томе да се дрво цијепане по природним спојевима и да не долази до оштећења влакана те се онемогућава продор влаге унутар дашчице можемо рећи да се квалитетна шиндра не може направити без овог алата. Димензије брадве и облик оштрице су веома разнолики док је дршка увијек краћа ради лакшег руковања.



Сл. 16 Изглед брадве <sup>34</sup>

<sup>34</sup> Аутор фотографија и илустрације Јовица Благојевић

Ријетки су мајстори који се и данас баве овим занатом ручне израде и цијепања шиндре. Ми смо изузетну сарадњу остварили са мајстором Драганом Шашићем из села Јаворани које припада општини Кнежево. Драган има дугогодишње искуство на изради крвених кровних конструкција а посебно у цијепању храстове шиндре јер је радио неколико цркви брвнара за Српску православну цркву. Свом широком опусу радова уз наш пројекат додао је и 4 Куле на тврђави Кастел.<sup>35</sup>

## 9. Упутство за одржавање објекта након извршених конзерваторско-рестаураторских радова

Како би објекат имао што дужи вијек употребе, потребно је вршити редовно одржавање и неутралисати све факторе који су у претходном периоду довели до девастирања тврђаве. Самим бедемима највише штете нанела је дивља вегетација. Стога је потребно благовремено хемијским средствима (тоталним хербицидом уколико су у питању већи корови или алгицидом уколико су у питању алге које се формирају на камену) и физичким путем уклањати трагове корова чим се појаве како не би у неком дужем временском периоду довели до већих оштећења бедема. Најугроженије позиције када је у питању коров су фино обрађени камени блокови седре-сиге који су задржани на угловима бастиона, пушкарница и топарница због своје порозности и могућности задржавања семена корова унутар шупљина. Што се тиче алги, најкритичније позиције су камени блокови од пешчара који својом порозношћу дуже задржавају влагу и самим тим омогућавају повољне услове за развој ове врсте алги.

За одржавања просторија у кулама 3 и 4, неопходно је гријање и провјетравање просторија како би се одржала оптимална температура и ниво влажности ваздуха, да би се спречиле деформације дрвених елемената услед евентуалног драстичног пада температуре у просторијама или промене нивоа влажности. У кулама 3 и 4 постављен је шински развод расвете са лед сијалицама. Уграђена опрема је високог квалитета и задовољава све прописане стандарде. Стога је било важно напоменути, да уколико се укаже потреба за заменом неких од елемената у систему расвете, заменска опрема мора бити истог типа и квалитета као уграђена. Храстова шиндра, која је пројектована као кровни покривач има период “зрења”. У том период храст испушта заштитну супстанцу - танин који образује танак заштитни филм око шиндре, који ће је штитити од атмосферских утицаја. Међутим, у периоду зрења дрвета, шиндра оставља трагове на бедемима који се налазе испод стрехе кула зато је потребно у току падавина да тај део бедема

<sup>35</sup> неки од пројеката на којима је раније радио су: црква брвнара Св. Николе у Јаворанима из 1757. године (културно добро), црква брвнара Св. Николе у Крупи на Врбасу у засеоку поље из 1735. године (културно добро), црква брвнара у Јелићки посвећена празнику Преноса моштију Цветог Оца Николаја из 1841. (национални споменик БиХ), црква Св. Ћирила и Методија у етно селу Љубачке долине из 2018. године, као и објекте другог типа за приватне инвеститоре, воденице и сл.

штитити пвц фолијом. Кориснику за све горе поменуто дате су детаљне инструкције за одржавање кула и бедема.

## 10. Закључак

---

Главни циљ истраживања је био одабир одговарајућих материјала и техника извођења радова како би се сачувала аутентичност тврђаве Кастел приликом конзерваторско рестаураторских радова и њене ревитализације.

Опсежним истраживањима значајно је унапријеђен приступ и начин извођења радова кроз употребу традиционалних и нових материјала и техника компатибилних са оригиналом. Нове информације, које су откривене у току извођења радова допринијеле су бољем разумјевању начина градње и функције објеката и одбрамбених бедема који се налазе у склопу тврђаве. Током извођења радова откривене су пушкарнице у кулама и бедемима, накнадна ојачања бедема и кула, алтернативни улази у тврђаву, истражена је оригинална дубина фундација бедема као и кота лица бедема који је кроз вријеме засут насипом. Све ове информације обогаћују наше поимање комплексности система одбране тврђаве Кастел као и постепен развој кроз историју.

Недвојбено је да озбиљним истраживачким приступом у раду на споменицима културе значајно утичемо и доприносимо бољем сагледавању и решавању проблема приликом конзерваторско рестаураторских радова на споменицима културе. Одговоран и озбиљан приступ је још значајнији јер може да баци свјетло на генезу и развоју културних добара, открије њихову слојевитост. Неопходно је константно истицати значај истраживачког рада у свим фазама реконструкције објеката, посебно објеката који представљају културна добра, и покушати у што већој мјери вратити истраживачки приступ решавању проблема у академску заједницу. Почевши упознавањем са појмом истраживачког рада од свих нивоа образовања па касније кроз праксу и публикације научних радова. Када причамо конкретно о реконструкцији објеката, без квалитетног истраживачког рада може се нанијети озбиљна штета самом објекту уколико се изврше неадекватне интервенције или превиде и оштете, или униште информације које би иначе обогатиле садржај и наша сазнања о предметним објектима. Као закључак овог процеса истраживања и реконструкције тврђаве „Кастел“ постало је јасно да је истраживачки рад у нераскидивој вези са свим фазама реконструкције објеката почев од пројектовања, преко извођења радова до ревитализације и оживљавања реконструисаних дијелова. Они се међусобно прожимају и надопуњују, и само користећи се свим расположивим методама и укључујући све чиниоце у процес ревитализације може се постићи максималан учинак у презентовању културних добара и очувању културног наслеђа за будуће нараштаје.

---

Без јасне визије начина презентације, експлоатације-коришћења објеката културног наслеђа у туристичке или друге сврхе успешан процес заштите може бити узалудан. Зато појам ревитализације уз одговарајућу презентацију има јако значење јер подразумева и стављање објекта у функцију и оживљавање нових садржаја унутар историјског наслеђа.

---

## 11. Прилози

---

а. Анализа камена

---



INSTITUT IMS AD  
BEOGRAD



Institut za ispitivanje materijala a.d. Beograd

Beograd, Bulevar vojvode Mišića 43

tel: (011) 2650 322 fax: (011) 3692 772, 3692 782

e-mail: [office@institutims.rs](mailto:office@institutims.rs), web: [www.institutims.rs](http://www.institutims.rs)



ИНСТИТУТ ИМС АД  
Бр 41-6458  
03. 06. 2015 год.  
Београд, Булевар војводе Мишића 43

# STUDIJA

## KAMEN UGRAĐEN U TVRĐAVU KASTEL U BANJOJ LUCI







INSTITUT IMS AD  
BEOGRAD

Predmet studije: Kamen ugrađen u tvrđavu Kastel u Banjoj Luci

Naručilac: KOTO, Beograd

**Zahtev/Ponuda/Ugovor:** IMS br. 41-3948 od 08.04.2015.

Sadržaj: strana 38

Učesnici u ispitivanju: Ivana Delić-Nikolić, dipl.ing.geol.

Miroslav Purić, dipl.ing.geol.

Olivera Vušović, dipl.ing.geol.

Vreme izrade april-maj 2015.

Studiju odobrio: Centar za materijale

Direktor



dr Zagorka Radojević, dipl.ing.

naučni savetnik

## **SADRŽAJ**

1.	Uvod	4
2.	Šifriranje uzoraka	4
3.	Vizuelni pregled kamena	6
4.	Rezultati ispitivanja	8
4.1.	KIA 0019/15 AGK (Uzorak 1)	8
4.2.	KIA 0026/15 AGK (Uzorak 2)	10
4.3.	KIA 0027/15 AGK (Uzorak 3)	12
4.4.	KIA 0028/15 AGK (Uzorak 4)	14
4.5.	KIA 0029/15 AGK (Uzorak 5)	16
4.6.	KIA 0030/15 AGK (Uzorak 6)	18
4.7.	KIA 0031/15 AGK (Uzorak 7)	20
4.8.	KIA 0032/15 AGK (Uzorak 8)	22
4.9.	KIA 0033/15 AGK (Uzorak 9)	24
4.10.	KIA 0034/15 AGK (Uzorak 10)	26
4.11.	KIA 0035/15 AGK (Uzorak 11)	28
4.12.	KIA 0036/15 AGK (Uzorak 12)	30
4.13.	KIA 0041/15 AGK (Uzorak 13)	32
4.14.	KIA 0043/15 AGK (Uzorak 14)	34
5.	Diskusija rezultata ispitivanja i zaključak	36

## **UVOD**

Preduzeće KOTO iz Beograda obratilo se Institutu IMS sa zahtevom da se izvrše ispitivanja kamena ugrađenog u tvrđavu Kastel u Banjoj Luci i utvrdi moguća podobnost stenskih masa iz obližnjih kamenoloma, kojima bi se prilikom restauracije zamenili nedostajući blokovi kamena.

Zahtevom su definisani sledeći radovi:

- Mineraloško-petrografsko ispitivanje i ispitivanje fizičkih svojstava uzoraka kamena koji potiče sa tvrđave,
- Mineraloško-petrografsko ispitivanje i ispitivanje fizičkih svojstava uzoraka kamena koji potiče sa obližnjih kamenoloma,
- Analiza rezultata i izrada studije o izvršenim ispitivanjima.

Laboratorijska ispitivanja izvršena su u Centralnoj laboratoriji za ispitivanje materijala - laboratoriji za kamen i agregat Instituta IMS, koja je akreditovana od strane ATS izdavanjem sertifikata broj 01-058 od 18.12.2012. godine. Akreditacija važi do 17.12.2016. godine.

S obzirom da su izgled i boja kamena značajni činioci u odabiru odgovarajućeg varijeteta za buduću restauraciju, u okviru prikaza rezultata ispitivanja priložene su i fotografije svakog uzorka, pri čemu se vodilo računa da se prikaže i svež prelom stene na kome se jasno vide ove karakteristike.

## **2. ŠIFRIRANJE UZORAKA**

Uzorci kamena za ispitivanje su uzeti i dostavljeni u Laboratoriju za kamen i agregat Instituta IMS od strane naručioca. Ukupno je dostavljeno devet uzoraka kamena sa tvrđave i pet sa obližnjih kamenoloma. Uzorak 1, odnosno KIA 0019/15 AGK dostavljen je 08.04.2015., uzorci 2-12, odnosno KIA 0026-36/15 AGK dostavljeni su 30.04.2015, uzorak 13 - 11.05.2015. i uzorak 14 - 19.05.2015.

Uzorci sa tvrđave su prema makroskopskom izgledu razvrstani i šifrirani. U tabeli br. 1 dat je pregled svih uzoraka, njihove laboratorijske oznake i pozicije sa kojih su uzeti. Na slikama br. 1 do br. 14 prikazani su uzorci nakon razvrstavanja i šifriranja.

**tabela br.1**

R. br.	Terenska ozn. uzorka	Laboratorijska oznaka uzorka	Poreklo materijala
1.	uzorak 1	KIA 0019/15 AGK	iz mase zida - bedema
2.	uzorak 2	KIA 0026/15 AGK	iz mase zida - bedema
3.	uzorak 3	KIA 0027/15 AGK	iz mase zida - bedema
4.	uzorak 4	KIA 0028/15 AGK	iz mase zida - bedema
5.	uzorak 5	KIA 0029/15 AGK	iz mase zida - bedema
6.	uzorak 6	KIA 0030/15 AGK	iz mase zida - bedema
7.	uzorak 7	KIA 0031/15 AGK	iz mase zida - bedema
8.	uzorak 8	KIA 0032/15 AGK	iz mase zida - bedema
9.	uzorak 9	KIA 0033/15 AGK	iz mase zida - bedema
10.	uzorak 10	KIA 0034/15 AGK	kamenolom Planina
11.	uzorak 11	KIA 0035/15 AGK	kamenolom Ljubačevo
12.	uzorak 12	KIA 0036/15 AGK	kamenolom Derviš Kula
13.	uzorak 13	KIA 0041/15 AGK	kamenolom Mokri Lug, Kneževo
14.	uzorak 14	KIA 0043/15 AGK	kamenolom Dobrnja, Banja Luka

### 3. Vizuelni pregled kamena

Pregledom fotodokumentacije utvrđeno je da su bedemi i kule tvrđave Kastel izgrađeni od kamenih blokova različitog oblika, makroskopskog izgleda, boje, strukture i teksture. Oblik blokova je nepravilan, povremeno paralelopipedan, ali može se sresti i potpuno zaobljen kamen (sl. 7), čije je poreklo očigledno rečni nanos.

Vizuelnim pregledom utvrđeno je da upotrebljeni kamen najvećim delom ne pokazuje znakove ozbiljne degradacije.

Dominatna forma propadanja kamena je promena boje i prisustvo naslaga, koje se javlja u više oblika: dekoloracija, prisustvo tamnih naslaga i biokolonizacija. Dekoloracija je hromatska promena boje primarne površine kamena i ogleda se u posvetljivanju tzv. svetlom patiniranju ugrađenog kamena, sl. 3, 4 i 5.

Veoma prisutna je i tamna kora („black crust“), koja nastaje taloženjem čvrstih čestica čađi, prašine i drugih štetnih aerosola po površini i unutar dostupnih pora kamena i koja je veoma upečatljiva na sl. 1 i 2.

Biokolonizacija je predstavljena mahom višim biljkama, koje svojim rastom i štetnim uklinjavanjem korenog sistema duž pukotina ili spojeva dva kamena bloka oštećuju kamen. Na priloženim fotografijama 3 i 5 jasno se vidi prisustvo biljaka.

Gubitak kamenog materijala je takođe prisutna forma propadanja, koja obuhvata dezintegraciju kamenih struktura u makroskopskim i mikroskopskim razmerama. Posledica je slabljenja veza između mineralnih zrna. Ogleda se u propadanju pojedinih blokova, ali njihovo učešće u ukupnom kamenom materijalu nije značajno (sl. 3 i 4). Ovoj formi propadanja pripada i ogrubljanje i hrapavljenje površine kamena, sl. 4 i 5.



*sl.1, originalni zid kastela sa izraženom dekoloracijom i tamnom korom*



*sl.2, originalni zid kastela (donji deo zida) sa veoma izraženom dekoloracijom i tamnom korom*



*sl.3, originalni zid i kula*



*sl.4, detalj originalnog bedema sa izraženom dekoloracijom i gubitkom kamenog materijala*



*sl 5, detalj bedema, sa dekoloracijom*

#### 4. REZULTATI ISPITIVANJA

##### 4.1. KIA 0019/15 AGK (Uzorak 1)

##### 4.1.1. Mineraloško-petrografski sastav (SRPS B.B8.003)

###### Makroskopski izgled stene:

Ispitivani uzorak je oker-žute boje i šupljikave teksture. Sastoji se od oker-žute osnovne mase po kojoj se jasno vide brojne šupljine veličine prečnika oko 2mm koje su neravnomerno raspoređene po uzorku. Na ravno sečenim površinama primećuju se retka zrna femskih minerala, veličine oko 1x1mm. Pod udarom čekića lomi se lako, praveći nepravilne prelomne oblike, umereno hrapavih površina bez oštih ivica. Tvrdina kamena je mala i lako se može parati metalnim nožićem. U kontaktu sa hladnom 5 %HCl pokazuje vrlo burnu reakciju.

###### Mikroskopski nalaz:

Mikroskopskim ispitivanjem je ustanovljeno da je stena izgrađena od ortohema i alohema. Ortohem je predstavljen mikritom i mikrosparitom, dok alohem predstavljaju zrna ostataka mikroflora i faune, retkih intraklasta, kalcitskih zrna, i izuzetno retkih zrna kvarca. Mikrit i mikrosparit su promenljivog stepena kristaliniteta, međusobno se smenjuju i mešaju bez jasne granice i određene pravilnosti. Fosilni ostaci su predstavljeni raznovrsnim oblicima, veličine oko 1x2mm, zahvaćeni rekristalizacijom i resorpcijom. Mestimično grade manja nagomilanja. Intraklasti su elipsastih oblika, veličine oko 0,1x0,15mm, zahvaćeni resorpcijom i slabo vidljivi. Kalcit se javlja u vidu samostalnih zrna okruglastih do uglastih oblika, veličine oko 0,2mm. Ponegde se javlja u mikrožilicama ili ispunjava međuprostore zrna. Retka zrna kvarca su uglavnom uglastih formi, i ne prelaze veličinu od 0,05 mm. Mnogobrojne šupljine koje se javljaju su raznih oblika i veličina, neujednačenog rasprostranjenja i orijentacije.

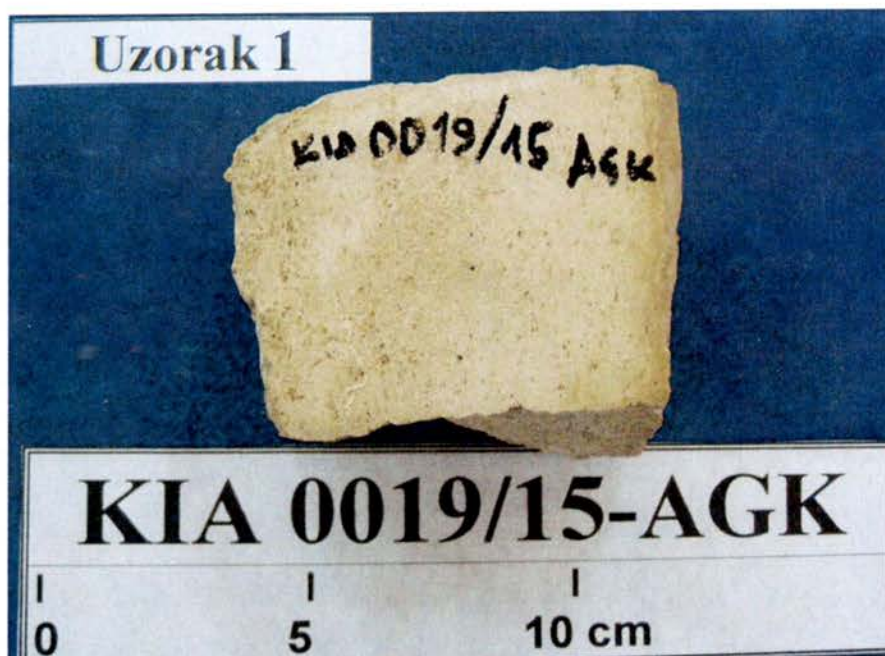
Vrsta stene:	<b>INTRASPARITSKI KREČNJAK - BIGAR</b>
Struktura:	<b>Mikrokristalasta</b>
Tekstura:	<b>Šupljikava</b>

#### 4.1.2. Fizička svojstva

tabela br.2

Svojstva kamena	Ispitivanje po SRPS	Jed. mere	Rezultati ispitivanja
Zapreminska masa sa porama i šupljinama	B.B8.032	g/cm <sup>3</sup>	<b>1.730</b>
Zapreminska masa bez pora i šupljina	B.B8.032	g/cm <sup>3</sup>	<b>2.678</b>
Koef. zaprem. mase	B.B8.032	-	<b>0.646</b>
Poroznost	B.B8.032	%	<b>35.4</b>
Upijanje vode	B.B8.010	%	<b>17.54</b>

#### 4.1.3. Slika uzorka



sl.6, uzorak 1



**4.2. KIA 0026/15 AGK (Uzorak 2)****4.2.1. Mineraloško-petrografski sastav (SRPS B.B8.003)****Makroskopski izgled stene:**

Ispitivani uzorak je svetlosive do sive boje, jedre i kompaktne građe. Izgrađen je okruglastih do elipsastih zrna, gde se na svežim prelomima primećuje svetlucanje kalcitskih minerala. Zrna su bele, sive do tamno-sive, boje, ređe bezbojna i retko mrke do crne boje. Veličina prečnika zrna se kreće oko 2mm sa pojavom zrna veličine do 8mm. Ravnomerno su raspoređena po uzorku, bez pojave nagomilanja i gradacije. Mestimično se javljaju izduženo-elipsaste šupljine, veličine oko 2x10mm, ispunjene iskristalisalim kalcitom. Pri udaru čekića lomi se nepravilno, gradeći nepravilne prelomne oblike, umereno hrapavih površina, oštrih ivica. Može se parati čeličnom iglom, a u kontaktu sa 5% HCl pokazuje vrlo burnu reakciju.

**Mikroskopski nalaz:**

Mikroskopskim ispitivanjem je utvrđeno da se uzorak sastoji od alohema i ortohema. Alohem se javlja u vidu zrna intraklasta, fosilnih ostataka i oolita. Intraklasti su elipsastih do okruglastih formi veličine oko 0,1x0,1mm. Ravnomerno su raspoređeni po steni i izmešani sa fosilnim ostacima, sa pojavom manjih nakupina od po par zrna. Fosilni ostaci se javljaju u raznovrsnim oblicima, okruglastih, elipsastih, srpastih, crvolikih do nepravilnih formi. Veličine variraju od 0,05x0,05 do 0,5x1mm, često veće. Reliktne strukture su često dobro očuvane. Ooliti se javljaju sporadično i uglavnom u vidu nagomilanja. Izuzetno retko se javljaju zrna kvarca, uglastih oblika i veličine oko 0,05x0,05mm. Ortohem je predstavljen sparitom, različite veličine zrna i stepena rekristalizacije.

Vrsta stene:	<b>INTRASPARITSKI KREČNJAK</b>
Struktura:	<b>Mikrokristalasta</b>
Tekstura:	<b>Masivna</b>

#### 4.2.2. Fizička svojstva

tabela br.3

Svojstva kamena	Ispitivanje po SRPS	Jed. mere	Rezultati ispitivanja
Zapreminska masa sa porama i šupljinama	B.B8.032	g/cm <sup>3</sup>	<b>2.715</b>
Zapreminska masa bez pora i šupljina	B.B8.032	g/cm <sup>3</sup>	<b>2.727</b>
Koef. zaprem. mase	B.B8.032	-	<b>0.995</b>
Poroznost	B.B8.032	%	<b>0.5</b>
Upijanje vode	B.B8.010	%	<b>0.22</b>

#### 4.2.3. Slika uzorka



sl.7, uzorak 2

### 4.3. KIA 0027/15 AGK (Uzorak 3)

#### 4.3.1. Mineraloško-petrografski sastav (SRPS B.B8.003)

##### Makroskopski izgled stene:

Ispitivani uzorak je „golubije“ sive do tamnosive boje i homogene građe. Posmatranjem svežih preloma pod binokularnom lupom, zapaža se da je izgrađen od mikrokristalaste osnovne mase, a na ravnim površinama primećuju se retka okruglasta zrna, veličine oko 2mm. Ispresecan je belim kalcitskim žilicama, debljine oko 1mm, linearnih, ređe nepravilnih formi. Pukotinice se javljaju retko i delimično su ispunjene karbonatno-limonitskim precipitatima. Pod udarom čekića gradi školjkaste do nepravilne prelomne oblike, finohrapavih prelomnih površina, oštih ivica. Može se parati čeličnom iglom, a u kontaktu sa hladnom 5 % HCl pokazuje burnu reakciju.

##### Mikroskopski nalaz:

Mikroskopskim ispitivanjem je utvrđeno da je stena izgrađena od ortohema i alohema. Ortohem je predstavljen sparitom i sparikalcitom zahvaćeni jakom rekristalizacijom. Alohem je predstavljen intraklastima i fosilnim ostacima takođe zahvaćenih rekristalizacijom. Intraklasti su elipsastih do okruglastih oblika, redovno resorbovanih ivica. Retka zrna su uglastih ivica i rekristalisala u sitnokristalaste forme. Fosilni ostaci se javljaju retko i predstavljeni su zrnima okruglastih, elipsastih, srpastih do nepravilnih oblika i resorbovanih ivica. Reliktne strukture su vrlo retke i slabo vidljive.

Vrsta stene:	<b>INTRASPARITSKI KREČNJAK</b>
Struktura:	<b>Mikrokristalasta</b>
Tekstura:	<b>Masivna</b>

#### 4.3.2. Fizička svojstva

tabela br.4

Svojstva kamena	Ispitivanje po SRPS	Jed. mere	Rezultati ispitivanja
Zapreminska masa sa porama i šupljinama	B.B8.032	g/cm <sup>3</sup>	<b>2.694</b>
Zapreminska masa bez pora i šupljina	B.B8.032	g/cm <sup>3</sup>	<b>2.719</b>
Koef. zaprem. mase	B.B8.032	-	<b>0.991</b>
Poroznost	B.B8.032	%	<b>0.9</b>
Upijanje vode	B.B8.010	%	<b>0.27</b>

#### 4.3.3. Slika uzorka



sl.8, uzorak 3

#### 4.4. KIA 0028/15 AGK (Uzorak 4)

##### 4.4.1. Mineraloško-petrografski sastav (SRPS B.B8.003)

###### Makroskopski izgled stene:

Ispitivani uzorak je mrko-crvene boje. Izgrađen je od homogene stenske mase, a čija veličina zrna se ne može odrediti golim okom. Po njoj se javljaju retka okruglasta zrna veličine oko 2mm. Tekstura je škrljava. Paralelno ravnima škrljavosti, javljaju se sočivaste do crvolike forme bezbojnog kalcita, debljine oko 5mm. Pored ovih sočiva, prisutan je sloj mrkog rožnaca, prosečne debljine oko 2cm. Ceo uzorak je ispresecan poprečnim limonitsko-silikatnim žilicama, debljine oko 1mm. Pod udarom čekića lomi se duž ravni škrljavosti, gradeći fino-hrapave do glatke prelomne površine, umereno oštih ivica. U kontaktu sa %5 HCl pokazuje burnu reakciju. Može se parati čeličnom iglom.

###### Mikroskopski nalaz:

Mikroskopskim ispitivanjem je utvrđeno da se uzorak sastoji od ortoHEMA i aloHEMA. OrtoHEM je predstavljen mikritom ujednačene veličine zrna. AloHEM se sastoji od mnoštva sitnih fosilnih ostataka, okruglastih, retko elipsastih oblika, veličine prečnika do 0,1mm. Potpuno su rekristalisali i samo se na retkim zrnima mogu videti obrisi reliktnih struktura. Ravnomerno su raspoređeni po steni. Mestimično se javljaju izduženo-elipsasta do trakasta nagomilanja krečnjačkih zrna, debljine oko 1mm. Često se javljaju mikropukotine ispunjene limonitskim skramama, vijugavih formi, dužine do 0,7mm, koje imaju folijativni raspored.

Vrsta stene:	<b>MIKRITSKI KREČNJAK</b>
Struktura:	<b>Mikroznasta</b>
Tekstura:	<b>Škrljava</b>

#### 4.4.2. Fizička svojstva

*tabela br.5*

Svojstva kamena	Ispitivanje po SRPS	Jed. mere	Rezultati ispitivanja
Zapreminska masa sa porama i šupljinama	B.B8.032	g/cm <sup>3</sup>	<b>2.680</b>
Zapreminska masa bez pora i šupljina	B.B8.032	g/cm <sup>3</sup>	<b>2.711</b>
Koef. zaprem. mase	B.B8.032	-	<b>0.988</b>
Poroznost	B.B8.032	%	<b>1.2</b>
Upijanje vode	B.B8.010	%	<b>0.53</b>

#### 4.4.3. Slika uzorka



*sl.9, uzorak 4*

**4.5. KIA 0029/15 AGK (Uzorak 5)****4.5.1. Mineraloško-petrografski sastav (SRPS B.B8.003)****Makroskopski izgled stene:**

Ispitivani uzorak je sive boje sa primesama svetlo-mrke. Škriljava tekstura je u jednom delu uzorka jasno izražena, dok u drugom delu izostaje. Osnovna masa je mikroznasta, sa pojavom retkih okruglastih do nepravilnih formi veličine od 0,5 do 2mm u prečniku. Uzorak je ispresecan mnogobrojnim pukotinama, debljine 0,5-1mm, linearnih, ređe nepravilnih formi, zapunjenih limonitsko-karbonatnim precipitatima. Pri udaru čekića lomi se duž ravni škriljavosti, gradeći fino-hrapave prelomne površine i umereno oštih ivica. Može se parati čeličnom iglom, a u kontaktu sa hladnom 5% HCl pokazuje burnu reakciju.

**Mikroskopski nalaz:**

Mikroskopskim ispitivanjem je utvrđeno da je stena izgrađena od ortohema i alohema. Ortohem je predstavljen sparitom promenljive veličine zrna, koji preovlađuje u izgradnji mase uzorka. Alohem je predstavljen sitnim kalcitskim zrnima, elipsastih, okruglastih, ređe uglastih oblika, zahvaćenim rekristalizacijom i resorpcijom ivica. Preovlađujuća veličina zrna se kreće oko 0,05mm sa retkom pojavom zrna do 0,1mm. često se javljaju mikrošupljine okruglastih, ređe nepravilnih oblika, veličine oko 0,05mm skoro redovno ispunjene iskristalisanim kalcitom. Ispresecan je mnogobrojnim kalcitskim žilicama, debljine oko 0,1mm koje grade mrežaste do pseudoparalelne sisteme.

Vrsta stene:	<b>INTRASPARITSKI KREČNJAK</b>
Struktura:	<b>Mikrokristalasta</b>
Tekstura:	<b>Škriljava do masivna</b>

#### 4.5.2. Fizička svojstva

tabela br.6

Svojstva kamena	Ispitivanje po SRPS	Jed. mere	Rezultati ispitivanja
Zapreminska masa sa porama i šupljinama	B.B8.032	g/cm <sup>3</sup>	<b>2.627</b>
Zapreminska masa bez pora i šupljina	B.B8.032	g/cm <sup>3</sup>	<b>2.678</b>
Koef. zaprem. mase	B.B8.032	-	<b>0.981</b>
Poroznost	B.B8.032	%	<b>1.9</b>
Upijanje vode	B.B8.010	%	<b>1.12</b>

#### 4.5.3. Slika uzorka



sl.10, uzorak 5



#### **4.6. KIA 0030/15 AGK (Uzorak 6)**

##### **4.6.1. Mineraloško-petrografski sastav (SRPS B.B8.003)**

###### **Makroskopski izgled stene:**

Ispitivani uzorak je tamnosive boje, homogene strukture. Tekstura je pseudoškrljava do masivna. Ispresecan je retkim žilicama linearnih oblika, debljine oko 1mm, tamnosive boje ili bezbojne. Na ravno sečenim površinama i svežim prelomima zapažaju se izuzetno retke okruglaste do nepravilne šupljiniće, veličine oko 2x2mm, ispunjene mlečno belim kalcitom. Pri udaru čekića lomi se lako, gradeći fino hrapave do glatke prelomne površine, školjkastih do ravnih oblika, umereno oštih ivica. Može se parati čeličnom iglom, a u kontaktu sa hladnom 5% HCl pokazuje burnu reakciju.

###### **Mikroskopski nalaz:**

Mikroskopskim ispitivanjem je utvrđeno da je stena izgrađena od ortohema i alohema. Ortohem je predstavljen sparitom neujednačenog stepena kristaliniteta, i dominantno učestvuje u izgradnji uzorka. Alohem je predstavljen praškastim zrnima kalcita i ređe kvarca. Uglavnom su okruglastih do elipsastih, ređe uglastih oblika. Preovlađujuća veličina zrna se kreće oko 0,05mm sa retkom pojavom zrna do 0,1mm. Retko se javljaju mikrošupljiniće okruglastih, ređe nepravilnih oblika, veličine oko 0,05mm. Ispresecan je retkim kalcitskim žilicama, debljine do 0,1mm, linearnih oblika.

Vrsta stene:	<b>INTRASPARITSKI KREČNJAK</b>
Struktura:	<b>Mikrokristalasta</b>
Tekstura:	<b>Masivna sa elementima škrljave</b>

#### 4.6.2. Fizička svojstva

tabela br.7

Svojstva kamena	Ispitivanje po SRPS	Jed. mere	Rezultati ispitivanja
Zapreminska masa sa porama i šupljinama	B.B8.032	g/cm <sup>3</sup>	<b>2.652</b>
Zapreminska masa bez pora i šupljina	B.B8.032	g/cm <sup>3</sup>	<b>2.670</b>
Koef. zaprem. mase	B.B8.032	-	<b>0.993</b>
Poroznost	B.B8.032	%	<b>0.7</b>
Upijanje vode	B.B8.010	%	<b>0.44</b>

#### 4.6.3. Slika uzorka



sl.11, uzorak 6

#### **4.7. KIA 0031/15 AGK (Uzorak 7)**

##### **4.7.1. Mineraloško-petrografski sastav (SRPS B.B8.003)**

###### **Makroskopski izgled stene:**

Ispitivani uzorak je svetlosive boje, mikroznaste strukture i masivne teksture. Ispresecan je žilicama linearnih, ređe nepravilnih oblika, debljine oko 1mm, mrko-oker boje, ređe bele i bezbojne. Na ravno sečenim površinama zapažaju se okruglasta do elipsasta zrna, bele boje, veličine oko 2x3mm. Pored njih se javljaju okruglaste šupljine, delimično zapunjene karbonatnim precipitatima ili iskristalimalim kalcitom. Pri udaru čekića lomi se nepravilno, gradeći fino hrapave do glatke prelomne površine, umereno oštih ivica. Može se parati čeličnom iglom, a u kontaktu sa hladnom 5% HCl pokazuje burnu reakciju.

###### **Mikroskopski nalaz:**

Mikroskopskim ispitivanjem je utvrđeno da je stena izgrađena od ortohema i alohema. Ortohem je predstavljen sparitom, zahvaćen jakom rekristalizacijom sa promenljivom veličinom zrna. Mestimično je primetna pojava nepotpune mermerizacije. Alohem je predstavljen intraklastima i fosilnim ostacima. Intraklasti se javljaju u vidu elipsastih do okruglastih oblika, veličine oko 0,2x0,3mm. Uglavnom su izgrađeni od mikritske osnove. Fosilni ostaci su okruglastih do elipsastih, srpastih i nepravilnih oblika, jako promenljivih veličina, zahvaćeni rekristalizacijom. Reliktne strukture su slabo vidljive.

Vrsta stene:	<b>INTRASPARITSKI KREČNJAK</b>
Struktura:	<b>Mikrokristalasta</b>
Tekstura:	<b>Masivna</b>

#### 4.7.2. Fizička svojstva

*tabela br.8*

Svojstva kamena	Ispitivanje po SRPS	Jed. mere	Rezultati ispitivanja
Zapreminska masa sa porama i šupljinama	B.B8.032	g/cm <sup>3</sup>	<b>2.614</b>
Zapreminska masa bez pora i šupljina	B.B8.032	g/cm <sup>3</sup>	<b>2.655</b>
Koef. zaprem. mase	B.B8.032	-	<b>0.984</b>
Poroznost	B.B8.032	%	<b>1.6</b>
Upijanje vode	B.B8.010	%	<b>1.06</b>

#### 4.7.3. Slika uzorka



*sl.12, uzorak 7*

#### **4.8. KIA 0032/15 AGK (Uzorak 8)**

##### **4.8.1. Mineraloško-petrografski sastav (SRPS B.B8.003)**

###### **Makroskopski izgled stene:**

Ispitivani uzorak je sive do sivo-mrke boje, jedre i kompaktne građe. Izgrađen je zrna okruglastih, elipsastih, ređe uglastih do prtkastih oblika, ravnomerno raspoređenih po steni. Zrna su bezbojna, svetlosiva, siva, retko svetlo-oker. Preovlađujuća veličina zrna se kreće ispod 1mm, sa pojavom zrna veličine do 2x3mm. Pri udaru čekića lomi se nepravilno, sa mestimičnom pojavom pseudoškrljavosti. Gradi nepravilne do ravne prelomne oblike, umereno hrapavih površina, oštih ivica. Može se parati čeličnom iglom, a u kontaktu sa 5% HCl pokazuje vrlo burnu reakciju.

###### **Mikroskopski nalaz:**

Mikroskopskim ispitivanjem je utvrđeno da se uzorak sastoji od alohema i ortohema. Alohem je predstavljen zrnima intraklasta, kalcita, fosilnih ostataka, ređe kvarcita, kvarca i rožnaca. Intraklasti su elipsastih do okruglastih formi, veličine oko 0,2x0,3mm, zahvaćeni rekristalizacijom u promenljivom stepenu. Kalcitska zrna su uglastih do okruglastih oblika, veličine oko 0,5x0,3mm, takođe resorbovanih ivica. Fosilni ostaci se javljaju u raznovrsnim oblicima, okruglastih, elipsastih, lepezastih, prtkastih do nepravilnih formi. Veličine variraju od 0,05x0,05 do 1x1,5mm, ponekad i veće. Često se javljaju dobro očuvane reliktnne strukturne forme. Kvarciti, kvarc i rožnaci se javljaju sporadično, i uglavnom u vidu samostalnih okruglastih zrna. Ortohem je predstavljen mikritom, različite veličine zrna i stepena rekristalizacije.

Vrsta stene:	<b>INTRAMIKRIT-KALKARENIT (intramikritski krečnjak)</b>
Struktura:	<b>Sitnoznasta</b>
Tekstura:	<b>Masivna</b>

#### 4.8.2. Fizička svojstva

tabela br.9

Svojstva kamena	Ispitivanje po SRPS	Jed. mere	Rezultati ispitivanja
Zapreminska masa sa porama i šupljinama	B.B8.032	g/cm <sup>3</sup>	<b>2.662</b>
Zapreminska masa bez pora i šupljina	B.B8.032	g/cm <sup>3</sup>	<b>2.678</b>
Koef. zaprem. mase	B.B8.032	-	<b>0.994</b>
Poroznost	B.B8.032	%	<b>0.6</b>
Upijanje vode	B.B8.010	%	<b>0.45</b>

#### 4.8.3. Slika uzorka



sl.13, uzorak 8

#### 4.9. KIA 0033/15 AGK (Uzorak 9)

##### 4.9.1. Mineraloško-petrografski sastav (SRPS B.B8.003)

###### Makroskopski izgled stene:

Ispitivani uzorak je tamnosive do sivo-zelene boje. Izgrađen je od salskih i femskih minerala veličine ispod 2 mm, koji su intenzivno izmešani i ravnomerno raspoređeni po steni. Femski minerali su tamnosive do crne boje, prtkastih do nepravilnih oblika. Ne grade nikakva nagomilanja. Salski minerali su bledo-zelene boje, okruglastih do nepravilnih oblika. Mestimično se javljaju zrna veličine oko 2x3 mm. Pri udaru čekića lomi se nepravilno gradeći umereno hrapave površine vrlo oštih ivica. U kontaktu sa hladnom 5% HCl ne pokazuje trenutnu reakciju.

###### Mikroskopski nalaz:

Mikroskopskim ispitivanjem je utvrđeno da je uzorak izgrađen od plagioklasa i piroksena kao glavnih minerala. Pored njih se javljaju hlorit i metalični minerali. Plagioklasi se javljaju u vidu prtkastih do tabličastih formi, uglavnom izukrštani, ređe samostalni, lamelarno bližnjeni, veličine oko 0,2x0,5mm. Često se javljaju zrna do 0,3x1mm. Redovno su zahvaćeni metamorfozom u različitom stepenu, a često se javljaju i potpuno metamorfisana zrna. Pirokseni se javljaju u okruglastim, tabličastim do elipsastim zrnima, zahvaćeni jakom metamorfozom, često i potpuno. Hlorit se javlja u tabličastim do alotriomorfnim zrnima ravnomerno raspoređenim po steni. Metalični minerali se javljaju u vidu sitnih, nepravilnih zrna.

Vrsta stene:	<b>GABRO</b>
Struktura:	<b>Ofitska</b>
Tekstura:	<b>Masivna</b>

#### 4.9.2. Fizička svojstva

tabela br.10

Svojstva kamena	Ispitivanje po SRPS	Jed. mere	Rezultati ispitivanja
Zapreminska masa sa porama i šupljinama	B.B8.032	g/cm <sup>3</sup>	<b>2.872</b>
Zapreminska masa bez pora i šupljina	B.B8.032	g/cm <sup>3</sup>	<b>2.885</b>
Koef. zaprem. mase	B.B8.032	-	<b>0.995</b>
Poroznost	B.B8.032	%	<b>0.5</b>
Upijanje vode	B.B8.010	%	<b>0.31</b>

#### 4.9.3. Slika uzorka



sl.14, uzorak 9



**4.10. KIA 0034/15 AGK (Uzorak 10 – kamenolom Planina)**

**4.10.1. Mineraloško-petrografski sastav (SRPS B.B8.003)**

**Makroskopski izgled stene:**

Ispitivani uzorak je sive boje. Ispresecan je mnogobrojnim žilicama različitih debljina, nepravilnih, ređe linearnih oblika. Često se javljaju nepravilne šupljine i pukotine ispunjene belim karbonatnim materijalom. Šupljine su različitih veličina i kreću se od 3x3 do 30-40mm, dok se pukotine javljaju u debljinama do 5mm. Često se javljaju okruglasta, uglasta do sočivasta zrna, bele boje, dimenzija od 2x2 do 8x10mm, često i veća. Pri udaru čekića, lomi se duž pukotina ili nepravilno, gradeći fino-hrapave prelomne površine, oštih ivica. U kontaktu sa hladnom 5% HCl pokazuje burnu reakciju. Može se parati metalnim nožićem.

**Mikroskopski nalaz:**

Mikroskopskim ispitivanjem je utvrđeno da se uzorak sastoji od ortohema i alohema koji su zahvaćeni jakom rekristalizacijom. Alohem je predstavljen fosilnim ostacima i intraklastima koji su intenzivno izmešani, sa pojavom čestih, manjih nagomilanja. Fosilni ostaci se javljaju u pritkastim, crvolikim do nepravilnim oblicima, veličina od 0,3x0,5 do preko 2x3mm. Retko se javljaju ostaci sa očuvanim reliktnim strukturama. Intraklasti se javljaju ređe i predstavljeni su okruglastim do elipsastim, ponegde uglastim formama, veličine oko 0,2x0,4mm. Ortohem je predstavljen sparitom različite krupnoće zrna i zahvaćen jakom rekristalizacijom. Mikropukotine su uglavnom linearnih formi, ređe nepravilne, ispunjene karbonatnim precipitatima.

Vrsta stene:	<b>INTRASPARITSKI KREČNJAK</b>
Struktura:	<b>Mikrokristalasta</b>
Tekstura:	<b>Masivna</b>

#### 4.10.2. Fizička svojstva

tabela br.11

Svojstva kamena	Ispitivanje po SRPS	Jed. mere	Rezultati ispitivanja	
Zapreminska masa sa porama i šupljinama	B.B8.032	g/cm <sup>3</sup>	<b>2.681</b>	
Zapreminska masa bez pora i šupljina	B.B8.032	g/cm <sup>3</sup>	<b>2.703</b>	
Koef. zaprem. mase	B.B8.032	-	<b>0.992</b>	
Poroznost	B.B8.032	%	<b>0.8</b>	
Upijanje vode	B.B8.010	%	<b>0.29</b>	
Čvrstoća na pritisak u suvom stanju	B.B8.012	MPa	<i>min 67</i>	<b>79</b>
			<i>max 91</i>	

#### 4.10.3. Slika uzorka



sl.15, uzorak 10



#### 4.11. KIA 0035/15 AGK (Uzorak 11 – kamenolom Ljubačevo)

##### 4.11.1. Mineraloško-petrografski sastav (SRPS B.B8.003)

###### Makroskopski izgled stene:

Ispitivani uzorak je tamnosive boje, mikrokristalaste strukture i masivne teksture. Ispresecan je žilicama linearnih, ređe nepravilnih oblika, debljine oko 1mm, bele boje, ređe bezbojne. Mestimično se ove žilice javljaju u paralelnom sistemu. Na ravno sečenim površinama zapažaju se okruglaste, elipsaste do sočivaste šupljine, veličine oko 2x3mm, delimično zapunjene iskristalikalim kalcitom. Pri udaru čekića lomi se nepravilno, gradeći fino hrapave do glatke prelomne površine, umereno oštih ivica. Može se parati čeličnom iglom, a u kontaktu sa hladnom 5% HCL pokazuje burnu reakciju.

###### Mikroskopski nalaz:

Mikroskopskim ispitivanjem je utvrđeno da je stena izgrađena pretežno od ortoheima, dok alohem skoro potpuno izostaje. Ortohem je predstavljen sparitom ujednačene veličine zrna i u potpunosti izgrađuje stensku masu. Izuzetno retka zrna intraklasta su okruglastih oblika, veličine oko 0,2mm i skoro potpuno resorbovana. Mestimično se javljaju mikrošupljine delimično ispunjene iskristalikalim kalcitom. Mikrožilice se javljaju sporadično i zahvaćene su jakom resorpcijom. Njihove dužine se kreću od 1mm do preko 3mm.

Vrsta stene:	<b>SPARITSKI KREČNJAK</b>
Struktura:	<b>Mikrokristalasta</b>
Tekstura:	<b>Masivna</b>

#### 4.11.2. Fizička svojstva

*tabela br.12*

Svojstva kamena	Ispitivanje po SRPS	Jed. mere	Rezultati ispitivanja
Zapreminska masa sa porama i šupljinama	B.B8.032	g/cm <sup>3</sup>	<b>2.665</b>
Zapreminska masa bez pora i šupljina	B.B8.032	g/cm <sup>3</sup>	<b>2.678</b>
Koef. zaprem. mase	B.B8.032	-	<b>0.995</b>
Poroznost	B.B8.032	%	<b>0.5</b>
Upijanje vode	B.B8.010	%	<b>0.41</b>

#### 4.11.3. Slike uzorka



*sl.16, uzorak 11*



*sl.17, uzorak 11*

#### 4.12. KIA 0036/15 AGK (Uzorak 12 – kamenolom Derviš Kula)

##### 4.12.1. Mineraloško-petrografski sastav (SRPS B.B8.003)

###### Makroskopski izgled stene:

Ispitivani uzorak je „golubije“ sive boje. Izgrađen je od mikroznaste osnovne mase, gde se na svežim prelomima primećuju okruglasta do uglasta zrna, veličine od 2x2 do 5x8mm. Ispresecan je kalcitskim žilicama, bele do bledo-oker boje, debljine oko 2mm, linearnih do nepravilnih formi. Pod udarom čekića lomi se nepravilno, gradeći finohrapave prelomne površine umereno oštih ivica. Može se parati čeličnom iglom, a u kontaktu sa hladnom 5 % HCl pokazuje burnu reakciju.

###### Mikroskopski nalaz:

Mikroskopskim ispitivanjem je utvrđeno da je stena izgrađena od ortohema i alohema. Ortohem je predstavljen sparitom promenljive veličine zrna, koji preovlađuje u izgradnji mase uzorka. Alohem je predstavljen sitnim fragmentima fosilnih ostataka i ređe zrnima intraklasta. Fosilni ostaci su predstavljeni zrnima elipsastih, okruglastih, srpastih, ređe uglastih oblika, zahvaćenim jakom rekristalizacijom i resorpcijom. Preovlađujuća veličina zrna se kreće oko 0,05x0,05mm, često i više. Intraklasti se javljaju ređe i predstavljeni su elipsastim do okruglastim zrnima, često potpuno rekristalisanim u mikrokalcit. Mikrošupljine su okruglastih, ređe nepravilnih oblika, veličine oko 0,03mm, skoro redovno ispunjene iskristalisanim kalcitom. Stena je ispresecana retkim kalcitskim žilicama, debljine do 0,05mm, linearnih formi.

Vrsta stene:	<b>INTRASPARITSKI KREČNJAK</b>
Struktura:	<b>Mikrokristalasta</b>
Tekstura:	<b>Masivna</b>

#### 4.12.2. Fizička svojstva

*tabela br.13*

Svojstva kamena	Ispitivanje po SRPS	Jed. mere	Rezultati ispitivanja
Zapreminska masa sa porama i šupljinama	B.B8.032	g/cm <sup>3</sup>	<b>2.653</b>
Zapreminska masa bez pora i šupljina	B.B8.032	g/cm <sup>3</sup>	<b>2.678</b>
Koef. zaprem. mase	B.B8.032	-	<b>0.991</b>
Poroznost	B.B8.032	%	<b>0.9</b>
Upijanje vode	B.B8.010	%	<b>0.78</b>

#### 4.12.3. Slike uzorka



*sl.18, uzorak 12*



*sl.19, uzorak 12*

#### **4.13. KIA 0041/15 AGK (Uzorak 13 – kamenolom Mokri Lug)**

##### **4.13.1. Mineraloško-petrografski sastav (SRPS B.B8.003)**

###### **Makroskopski izgled stene:**

Ispitivani uzorak je blede sivo-mrke do blede mrko-okere boje. Izgrađen je od homogene osnove po kojoj se javljaju linearne karbonatno-glinovite žilice, paralelnog prostornog rasporeda, debljine od 0,5 do 3mm. Mestimično se javljaju poprečne pukotine, ispunjene sitnokristalastim kalcitom ili karbonatnim precipitatima, debljine do 2mm. Vrlo retko se javljaju okruglaste, elipsaste do nepravilne šupljine, veličine oko 2x3mm, delimično ispunjene karbonatnim skramama. Pri udaru čekića lomi se nepravilno ili duž pukotina, gradeći nepravilne prelomne oblike, umereno hrapavih površina, oštih ivica. Može se parati čeličnom iglom, a u kontaktu sa 5% HCl pokazuje vrlo burnu reakciju.

###### **Mikroskopski nalaz:**

Mikroskopskim ispitivanjem je utvrđeno da se uzorak sastoji od alohema i ortoHEMA. Alohem se javlja u vidu zrna intraklasta, fosilnih ostataka i peleta. Intraklasti su sitnih elipsastih do okruglastih formi, veličine oko 0,05x0,05mm, ravnomerno raspoređeni po steni sa pojavom manjih nagomilanja. Fosilni ostaci se javljaju u raznovrsnim oblicima, okruglastih, elipsastih, srpastih do nepravilnih formi. Veličine variraju od 0,05x0,05 do 0,1x0,2mm. Reliktne strukture su slabo vidljive. Pelet se javlja u vidu sitnih okruglastih zrna, veličine prečnika 0,01mm. Ortohem je predstavljen sparitom, različite veličine zrna i stepena rekristalizacije.

Vrsta stene:	<b>INTRASPARITSKI KREČNJAK</b>
Struktura:	<b>Mikrokristalasta</b>
Tekstura:	<b>Masivna</b>

#### 4.13.2. Fizička svojstva

tabela br.14

Svojstva kamena	Ispitivanje po SRPS	Jed. mere	Rezultati ispitivanja
Zapreminska masa sa porama i šupljinama	B.B8.032	g/cm <sup>3</sup>	<b>2.693</b>
Zapreminska masa bez pora i šupljina	B.B8.032	g/cm <sup>3</sup>	<b>2.703</b>
Koef. zaprem. mase	B.B8.032	-	<b>0.996</b>
Poroznost	B.B8.032	%	<b>0.4</b>
Upijanje vode	B.B8.010	%	<b>0.18</b>
Čvrstoća na pritisak u suvom stanju	B.B8.012	MPa	<i>min 49</i>
			<i>max 114</i>
			<b>81</b>

#### 4.13.3. Slika uzorka



sl.20, uzorak 13



#### **4.14. KIA 0043/15 AGK (Uzorak 14 – kamenolom Dobrnja)**

##### **4.14.1. Mineraloško-petrografski sastav (SRPS B.B8.003)**

###### **Makroskopski izgled stene:**

Ispitivani uzorak je svetlosive boje. Izgrađen je od partija svetlijih i tamnijih tonova koje se međusobno mešaju sa mestimičnom pojavom jasnog diskontinuiteta. Često se javljaju bele karbonatne žilice, linearnih formi, debljine do 1mm, bez preovlađujućeg pravca orijentacije. Na pojedinim delovima uzorka primetna je pojava mnogobrojnih šupljina, okruglastih do elipsastih oblika, veličina prečnika oko 1mm, retko do 3mm, koje podsećaju na travertinsku građu. Mestimično se javljaju izduženo-elipsaste šupljine, veličine oko 1x5mm, na čijim se zidovima javljaju sitne kalcitske druze. Pri udaru čekića lomi se nepravilno, gradeći nepravilne prelomne oblike, umereno hrapavih površina, oštih ivica. Može se parati čeličnom iglom, a u kontaktu sa 5% HCl pokazuje vrlo slabu reakciju.

###### **Mikroskopski nalaz:**

Mikroskopskim ispitivanjem je utvrđeno da je osnova stene izgrađena od iskristalinalnih zrna dolomita, po kojoj se mestimično javljaju praškasta zrna metalčnih minerala. Dolomitska zrna su promenljive veličine, koja se kreće od 0,05x0,05 do 0,5x0,5mm. Retko se javljaju jasne dolomitske forme. Sitnija zrna su zaobljenijih formi od krupnijih, često intersticijski popunjavajući prostor između krupnijih zrna. Krupnija zrna su uglastih do okruglastih oblika, veličine oko 0,2x0,3mm. Po načinu srastanja zrna jednih s drugim, struktura pripada mozaičnom tipu. Vrlo retko se javlja implikaciono srastanje. Zrna metalčnih minerala javljaju se u veličinama do 0,01x0,01mm. Često se javljaju nepravilne šupljine veličine oko 0,2x0,2mm.

Vrsta stene: **MERMER - DOLOMITSKI**

Struktura: **Granoblastična**

Tekstura: **Masivna**

#### 4.14.2. Fizička svojstva

tabela br.15

Svojstva kamena	Ispitivanje po SRPS	Jed. mere	Rezultati ispitivanja
Zapreminska masa sa porama i šupljinama	B.B8.032	g/cm <sup>3</sup>	<b>2.718</b>
Zapreminska masa bez pora i šupljina	B.B8.032	g/cm <sup>3</sup>	<b>2.778</b>
Koef. zaprem. mase	B.B8.032	-	<b>0.978</b>
Poroznost	B.B8.032	%	<b>2.2</b>
Upijanje vode	B.B8.010	%	<b>1.35</b>
Čvrstoća na pritisak u suvom stanju	B.B8.012	MPa	min 131
			max 155
			<b>145</b>

#### 4.14.3. Slika uzorka



sl.21, uzorak 14

## 5. DISKUSIJA REZULTATA ISPITIVANJA I ZAKLJUČAK

Za izgradnju tvrđave Kastel u Banjoj Luci na osnovu pregleda fotodokumentacije i ispitivanja dostavljenih uzoraka uglavnom su korišćeni blokovi krečnjaka različitog oblika i dimenzija. U diskusiji rezultata ispitivanja korišćene su ocene i klasifikacija u skladu sa kriterijumima N. Bilbije i V. Matović, "Primenjena petrografija, svojstva i primene kamena", „Građevinska knjiga“, Beograd, 2009. god.

### Rezultati ispitivanja uzoraka sa tvrđave

#### (uzorak 1 do uzorak 9, KIA 0019/15 - KIA 0033/15 AGK)

Od devet uzoraka kamena sa tvrđave, osam uzoraka predstavlja krečnjak, mahom mikrokristalaste strukture, i masivne, povremeno škrljave teksture. Uzorak 9, odnosno analiza KIA 0033/15 AGK je određena kao gabra, stena magmatskog porekla.

Zapreminske mase sa porama i šupljinama ispitanih uzoraka kamena sa tvrđave određuju ih na sledeći način:

- uzorci sa oznakama 2-9, odnosno KIA 0026-0033/15 AGK pripadaju grupi teškog,
- uzorak bigra, uzorak 1, odnosno KIA 0019/15 AGK pripada grupi srednje teškog kamena.

U pogledu poroznosti kamen sa tvrđave je ocenjen na sledeći način:

- uzorak 1, odnosno KIA 0019/15 AGK određen je kao ekstremno porozan,
- uzorci sa oznakama 2, 3, 6, 8 i 9 odnosno KIA 0026, 0027, 0030, 0032 i 0033/15 AGK se određuju kao kompaktni kamen,
- uzorci sa oznakama 4, 5 i 7, odnosno KIA 0028, 0029 i 0031/15 AGK su malo porozni.

Na osnovu vrednosti upijanje vode, klasifikacija je izvršena na sledeći način:

- upijanje vode uzoraka 2, 3, 6, 8 i 9 odnosno KIA 0026, 0027, 0030, 0032 i 0033/15 AGK se ocenjuje kao vrlo malo,
- uzorak sa oznakom 4 odnosno KIA 0028/15 AGK ima malo upijanje vode,
- uzorci sa oznakama 5 i 7, odnosno KIA 0029 i 0031/15 AGK imaju umereno upijanje vode, dok
- uzorak 1, odnosno KIA 0019/15 AGK karakteriše vrlo veliko upijanje vode.

Na osnovu analize svih dobijenih vrednosti, može se zaključiti da je za građenje tvrđave upotrebljen krečnjak vizuelno različitih karakteristika i boja, ali veoma sličnih petrografskih i fizičkih karakteristika. Razlike u dobijenim rezultatima zapreminskih masa sa porama i šupljinama, poroznosti i upijanja vode nisu velike, s obzirom da je kamen prirodno nehomogen materijal. Bitno različite vrednosti dobijene su samo kod uzorka 1, KIA 0019/15 AGK, koji je zapravo bigar sa izrazitom šupljikavošću.

### **Rezultati ispitivanja karakteristika uzoraka sa kamenoloma**

**(uzorak 10 do uzorak 14, KIA 0034-36/15, KIA 0041/15, KIA 0043/15 AGK)**

Mineraloško-petrografskim ispitivanjem uzoraka sa kamenoloma Planina, Ljubačevo, Derviš Kula, Mokri Lug (uzorci 10-14, odnosno KIA 0034-0036, 0041 i 0043/15 AGK) utvrđeno je da se radi o krečnjacima mikrokristalaste strukture i masivne teksture. Uzorak 14, KIA 0043/15 AGK je dolomitski mermer granoblastične strukture i masivne teksture.

Zapreminske mase sa porama i šupljinama svih ispitanih uzoraka sa kamenoloma pripadaju vrednostima koje definišu težak kamen.

Uzorci 10-13, odnosno KIA 0034-36/15, KIA 0041/15 AGK, se na osnovu utvrđene poroznosti smatraju kompaktnim. Uzorak 14, KIA 0043/15 AGK je malo porozan.

Pritisna čvrstoća je određena na dva uzorka, vrednost rezultata uzorka 13, KIA 0041/15 AGK, karakteriše se kao umerena, a uzorka 14, KIA 0043/15 AGK kao srednje visoka.

Vrednosti zapreminskih masa sa porama i šupljinama, poroznosti i upijanja vode dobijene na uzorcima kamena sa kamenoloma Planina, Ljubačevo, Derviš Kula i Mokri Lug pokazuju veoma veliku sličnost, dok rezultati ispitivanja uzorka sa kamenoloma Dobrnja odstupaju od ostala četiri kamenoloma.

### Mišljenje

S obzirom na sličnost petrografskih i fizičkih karakteristika uzoraka sa kamenoloma Planina, Ljubačevo, Derviš Kula i Mokri Lug sa rezultatima ispitivanja kamena sa tvrđave, mišljenja smo da se za rekonstrukciju tvrđave Kastel može upotrebiti kamen sa nekog od ova četiri kamenoloma. U skladu sa time, izvesnu prednost trebalo bi da ima kamen čija boja ne odstupa značajno od boje uzoraka sa tvrđave.

Kako kamen sa kamenoloma Ljubačevo karakteriše nešto tamnija nijansa sive boje od nijansi koje se sreću na kamenu sa tvrđave, smatramo da malu prednost treba dati lokalitetima Planina, Derviš Kula i Mokri Lug.

**NAPOMENA:** Izloženi rezultati se odnose isključivo na ispitani uzorak. Ne preuzima se odgovornost u pogledu verodostojnosti uzorkovanja, osim u slučaju kada je ono obavljeno pod kontrolom predstavnika Instituta IMS. Izveštaj se ne sme umnožavati bez odobrenja i overe Laboratorije za ispitivanje materijala. Kopija ovog izveštaja nije zvanični dokument. Izveštaj važi samo kao celina, sa originalom pečata.

Samostalni diplomirani inženjer

Handwritten signature of Miroslav Purić in blue ink.

Miroslav Purić, dipl.ing.geol.

Laboratorija za kamen i agregat  
Rukovodilac

Handwritten signature of Ivana Delić-Nikolić in blue ink, written over the official stamp.

Ivana Delić-Nikolić, dipl.ing.geol.

---

## б. Анализа малтера

---



INSTITUT IMS AD  
BEOGRAD



**Institut za ispitivanje materijala a.d. Beograd**  
**Centralna laboratorija za ispitivanje materijala**  
**Laboratorija za kamen i agregat**

Beograd, Bulevar vojvode Mišića 43  
tel: (011) 2650 322 fax: (011) 3692 772, 3692 782  
e-mail: [office@institutims.rs](mailto:office@institutims.rs), [www.institutims.rs](http://www.institutims.rs)

## IZVEŠTAJ O ISPITIVANJU

Br. KIA 0011/15 - GP

**Predmet ispitivanja:** Stari malter  
**Naručilac:** KOTO  
Beograd  
**Zahtev/Ponuda/Ugovor:** 41-3948 od 08.04.2015.  
**Sadržaj:** strana 7

**Izveštaj odobrio:** Laboratorija za kamen i agregat  
Rukovodilac



*Ivana Delić Nikolić*  
Ivana Delić Nikolić, dipl.inž.geol.

Beograd, maj 2015. godine



## 1. OPŠTI PODACI

### 1.1. PREDMET ISPITIVANJA

1.1.1. Komercijalno ime proizvoda : -

1.1.2. Uzorak potiče sa: **malter iz zida kule 4**

Lokalnost: **tvrđava Kastel**

Mesto: **Banja Luka**

Država: **BiH**

1.1.3. Broj zapisnika o uzimanju – prijemu uzorka: **KIA 0011/15-GP 08.04.2015.**

1.1.4. Proizvođač je: -  
sa sedištem u: -

1.1.5. Uzorak je odabran od strane: **naručioca ispitivanja**

1.1.6. Datum i mesto uzimanja uzorka: -  
Datum prijema uzorka u laboratoriju: **08.04.2015.**

1.1.7. Uzorkovanje izvršeno prema: -

1.1.8. Terenska oznaka uzorka: **uzorak 1**

1.1.9. Način otpreme uzorka : **vozilom naručioca ispitivanja**

1.1.10. Namena ispitivanja je:  
**određivanje mineraloško-petrografskog sastava agregata u uzorku maltera**

1.1.11. Ispitivanje je započelo: **08.04.2015.** a završeno je: **11.05.2015.**

1.1.12. Datum izdavanja Izveštaja: **11.05.2015.**

1.1.13. Obim ispitivanja: **Namenska analiza (u skladu sa LAB 01-11-1)**

### 1.2. METODE ISPITIVANJA

**SRPS B.B8.003, XRD spektrometrija, EN 1015-10, EN 1015-18**



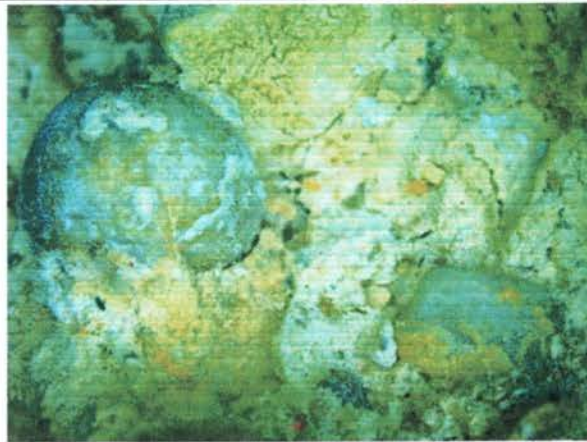
### 1.3. OPREMA POTREBNA ZA ISPITIVANJE

	NAZIV OPREME	INVENT.BROJ
1.	Sušnica	878 IMS
2.	Polarizacioni mikroskop	863 IMS
3.	Binokularna lupa	861 IMS
4.	Aparatura za sečenje i poliranje	Sr.br. 95/660342

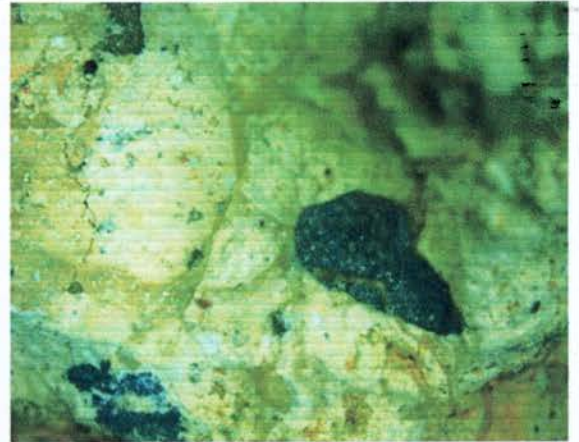
### 1.4. UZORAK ZA ISPITIVANJE

**Malter iz zida kule 4, tvrđava Kastel, Banja Luka**

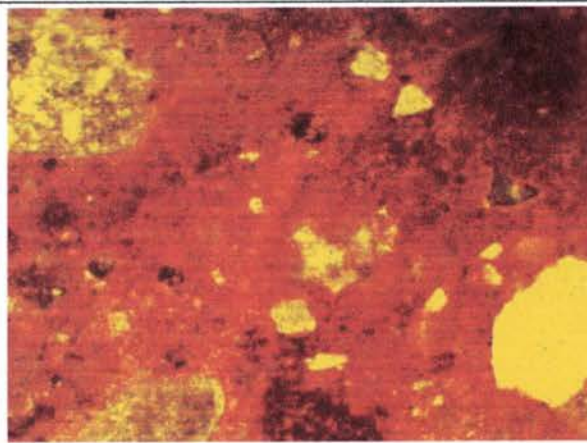




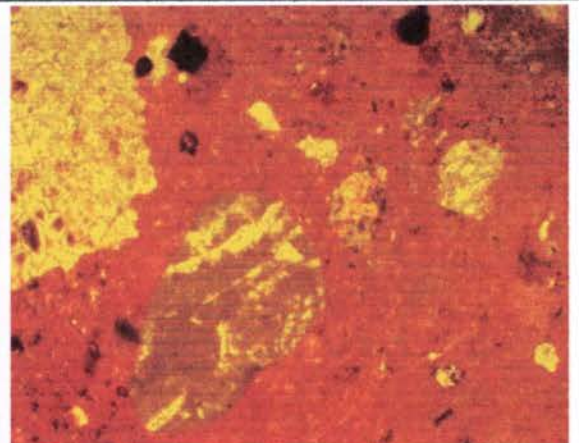
**SI.2. KIA 0011/15-GP**  
Uzorak pod stereo mikroskopom  
(uvećanje 6.5x)



**SI. 3. KIA 0011/15-GP**  
Uzorak pod stereo mikroskopom  
(uvećanje 6.5x)



**SI.4. KIA 0011/15-GP**  
Mikrosnimak uzorka-ukršteni Nikoli



**SI. 5. KIA 0011/15-GP**  
Mikrosnimak uzorka- ukršteni Nikoli

## 2. REZULTATI ISPITIVANJA

### 2.1. MINERALOŠKO-PETROGRAFSKI SASTAV (SRPS B.B8.003):

#### 2.1.1. Makroskopski izgled:

Ispitivani uzorak je prljavo bele boje. Izgrađen je od agregata i veziva u odnosu 30%:70% u korist veziva. Ceo uzorak je jako heterogenog sastava.

Agregat je na osnovu izgleda i oblika pojavljivanja svrstan u dve grupe.

U prvoj grupi su zrna i komadi lomljene stenske mase karbonatnog sastava (krečnjak i travertin). Oni se retko javljaju, bele i žuto sive su boje i veličine od 55x50 mm do 35x20 mm. Izgled zrna je uglast. Procenjuje se da ova zrna učestvuju sa oko 1% u izgradnji uzorka u odnosu na ukupnu količinu agregata.

U drugoj grupi se nalaze subzaobljena do zaobljena zrna prirodnog (rečnog) agregata. Ona su crne, bele, žućkasto sive i sive boje. Zrna bele i žućkasto sive boje su karbonatnog sastava, dok su crna i siva zrna najverovatnije odlomci silikatne stene i kvarc. Dimenzije zrna su od 30 mm do ispod 1mm. Na osnovu veličine sastojka može se reći da su prisutne dve frakcije. Prva frakcija je dimenzija zrna od 30x20 mm do 5x5 mm i čini oko 20% od ukupne količine agregata. Drugu frakciju čine zrna manja od 5mm do ispod 1mm, koja čine ostalih 79% od ukupne količine agregata.

Vezivo je karbonatnog sastava, u kontaktu sa 5% HCl pokazuje burnu reakciju.

#### 2.1.2. Mikroskopski nalaz:

Mikroskopskim ispitivanjem je utvrđeno da je uzorak izgrađen od agregatnih zrna i veziva.

Agregatna zrna veličine od 20 x 6 mm do 0.05 x 0.05 mm su poluuglastog do zaobljenog oblika. U odnosu na vezivo zastupljena su sa oko 30%. Pripadaju odlomcima karbonatne stene, granitoidne stene, kalcitu i kvarcu. Karbonatna zrna dominiraju u odnosu na silikatna. Na osnovu veličine agregatna zrna su raščlanjena na dve frakcije.

Prva frakcija obuhvata zrna veličine od 20-1.5mm i čini oko 10 % od ukupne količine agregata. Izgrađuju je uglavnom zrna karbonatnih i granitoidnih stena.

Druga frakcija veličine zrna od 1.5-0.05 mm koja čine ostalih 90% agregata predstavljena je zrnima kalcita i kvarca.

Šupljine su nepravilne i veličine uglavnom oko 0.2 x 0.1mm. Pukotine su takođe uočljive i nepravilne su orijentacije. Ne može se sa sigurnošću reći kako su nastale.

Vezivo je karbonatnog sastava i prisutno je sa oko 70% u odnosu na agregat.

## 2.2. XRD ANALIZA VEZIVA

Sample: 011-15GP

### Sample Data

File name 011-15GP.DAT

File path D:/Rendgen/IMS/ivana delic/Maj 2015

Data collected maj 7, 2015 13:16:15

Data range 10.000° - 59.950°

Number of points 1001

Step size 0.050

Rietveld refinement converged No

Alpha2 subtracted Yes

Background subtr. No

Data smoothed No

Radiation X-rays

Wavelength 1.540598 Å

### Matched Phases

#### Index Amount (%) Name Formula sum

A 65.2 C Ca O3

B 24.5 Dolomite C Ca0.5 Mg0.5 O3

C 6.4 Silicon oxide -  $\beta$ -alpha Quartz low O2 Si

D 3.8 Gypsum Ca O6 S

**A: C Ca O3 (65.2 %)**

Formula sum C Ca O3

**B: Dolomite (24.5 %)**

Formula sum C Ca0.5 Mg0.5 O3

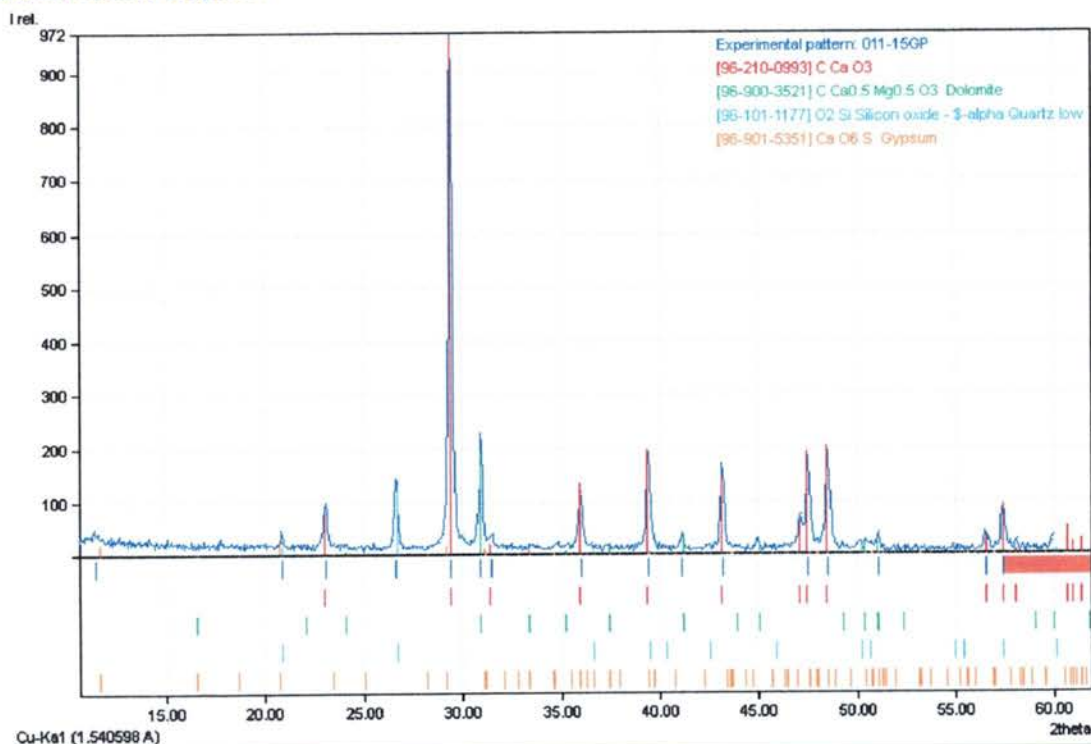
**C: Silicon oxide -  $\beta$ -alpha Quartz low (6.4 %)**

Formula sum O2 Si

**D: Gypsum (3.8 %)**

Formula sum Ca O6 S

### Diffraction Pattern Graphics



### 2.3. FIZIČKA SVOJSTVA MALTERA

Redni broj	Svojstvo	Ispitna metoda	Jed. mere	Rezultat ispitivanja
2.3.1.	Zapreminska masa	EN 1015-10	kg/m <sup>3</sup>	1900
2.3.2.	Upijanje vode	EN 1015-18	%	23.02

### 3. ZAKLJUČAK

Iz rezultata mineraloško-petrografskog ispitivanja maltera iz zida kule 4 tvrđave Kastel zaključeno je uzorak sačinjen od mešavine agregata i veziva u procenjenom odnosu 30%:70%. Agregat je predstavljen mešavinom drobljenog (krečnjak i travertin) i prirodnog agregata. Veličina zrna drobljenog agregata, koji u ukupnoj masi agregata učestvuje sa oko 1% je 55x50 mm do 35x20 mm. Veličina zrna prirodnog agregata je od 30 mm do ispod 1 mm. Od toga 20 % pripada zrnima veličine od 30 mm do 5 mm, a 80 % zrnima veličine od 5 mm do ispod 1 mm. Sastoji se od zrna karbonatne stene, koja dominiraju, granitoidne stene, kalcita i kvarca.

Vezivo je karbonatnog karaktera. XRD analizom izdvojenog veziva utvrđen je prisustvo kalcita (65.2%), dolomita (24.5%), kvarca (6.4%) i gipsa (3.8%). Visok sadržaj dolomita ukazuje da je kao sirovina za proizvodnju kreča korišćen dolomitični krečnjak. Sadržaj kvarca potiče iz sitnih zrna agregata, koja nisu mogla biti odstranjena iz vezivnog materijala.

Dobijene vrednosti zapreminske mase su nešto veće od uobičajenih za krečni malter i verovatno su posledica prisustva krupnih zrna agregata. Vrednosti upijanja vode su takođe povišene u odnosu na uobičajene za krečne maltere i u skladu su sa rezultatima mineraloško-petrografskog ispitivanja. Prisustvo porozne stene travertin, koju karakteriše izuzetno upijanje vode je svakako uticalo na vrednosti upijanja vode.

**NAPOMENA:** Izloženi rezultati se odnose isključivo na ispitani uzorak. Ne preuzima se odgovornost u pogledu verodostojnosti uzorkovanja, osim u slučaju kada je ono obavljeno pod kontrolom predstavnika Instituta IMS. Izveštaj se ne sme umnožavati bez odobrenja i overe Laboratorije za ispitivanje materijala. Kopija ovog izveštaja nije zvanični dokument. Izveštaj važi samo kao celina, sa originalom pečata.

**Analizirao i izradio izveštaj:**

*Olivera Vušović*  
Olivera Vušović, dipl.inž.

**Rukovodilac ispitivanja:**

*Branko Ivović*  
Branko Ivović, dipl.inž.



INSTITUT IMS AD  
BEOGRAD



**Institut za ispitivanje materijala a.d. Beograd**  
**Centralna laboratorija za ispitivanje materijala**  
**Laboratorija za kamen i agregat**

Beograd, Bulevar vojvode Mišića 43  
tel: (011) 2650 322 fax: (011) 3692 772, 3692 782  
e-mail: [office@institutims.rs](mailto:office@institutims.rs), [www.institutims.rs](http://www.institutims.rs)

## IZVEŠTAJ O ISPITIVANJU

Br. KIA 0012/15 - GP

**Predmet ispitivanja:** Stari malter  
**Naručilac:** KOTO  
Beograd  
**Zahtev/Ponuda/Ugovor:** 41-3948 od 08.04.2015.  
**Sadržaj:** strana 7

**Izveštaj odobrio:** Laboratorija za kamen i agregat  
Rukovodilac



Ivana Delić Nikolić, dipl.inž.geol.

Beograd, maj 2015. godine



## 1. OPŠTI PODACI

### 1.1. PREDMET ISPITIVANJA

1.1.1. Komercijalno ime proizvoda : -

1.1.2. Uzorak potiče sa: **malter kojim je fugovana kula 4**

Lokalnost: **tvrđava Kastel**

Mesto: **Banja Luka**

Država: **BiH**

1.1.3. Broj zapisnika o uzimanju – prijemu uzorka: **KIA 0012/15-GP 08.04.2015.**

1.1.4. Proizvođač je: -  
sa sedištem u: -

1.1.5. Uzorak je odabran od strane: **naručioca ispitivanja**

1.1.6. Datum i mesto uzimanja uzorka: -

Datum prijema uzorka u laboratoriju: **08.04.2015.**

1.1.7. Uzorkovanje izvršeno prema: -

1.1.8. Terenska oznaka uzorka: -

1.1.9. Način otpreme uzorka : **vozilom naručioca ispitivanja**

1.1.10. Namena ispitivanja je:

**određivanje mineraloško-petrografskog sastava agregata u uzorku maltera**

1.1.11. Ispitivanje je započelo: **08.04.2015.** a završeno je: **11.05.2015.**

1.1.12. Datum izdavanja Izveštaja: **11.05.2015.**

1.1.13. Obim ispitivanja: **Namenska analiza (u skladu sa LAB 01-11-1)**

### 1.2. METODE ISPITIVANJA

**SRPS B.B8.003, XRD spektrometrija**

### 1.3. OPREMA POTREBNA ZA ISPITIVANJE

	NAZIV OPREME	INVENT. BROJ
1.	Sušnica	878 IMS
2.	Polarizacioni mikroskop	863 IMS
3.	Binokularna lupa	861 IMS
4.	Aparatura za sečenje i poliranje	Sr.br. 95/660342

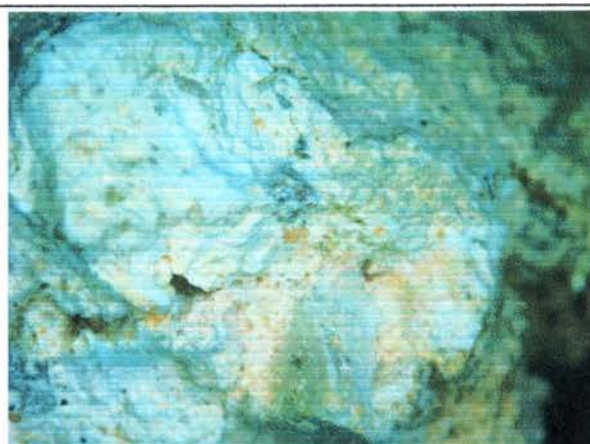
### 1.4. UZORAK ZA ISPITIVANJE

**Malter kojim je fugovana kula 4, tvrđava Kastel, Banja Luka**

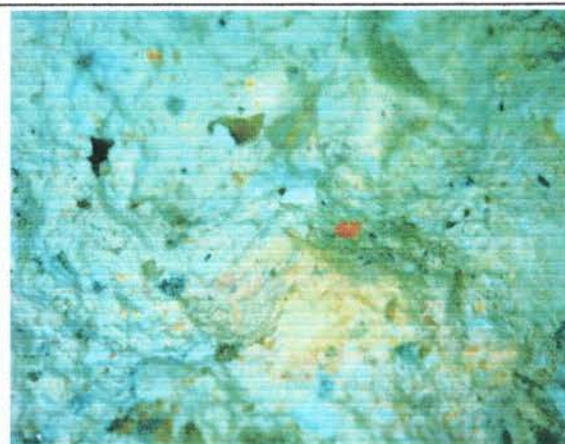


SI.1. KIA 0012/15-GP  
Slika dostavljenog uzorka

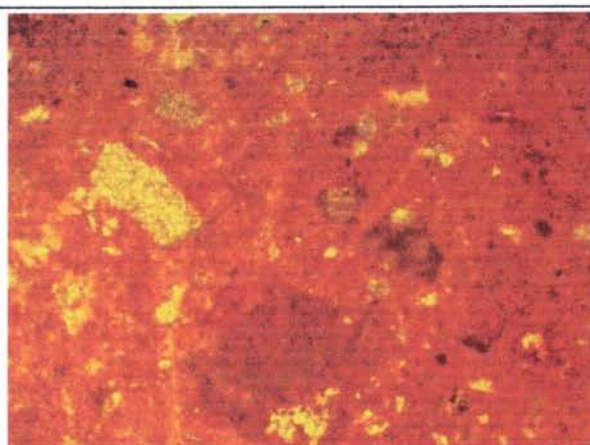




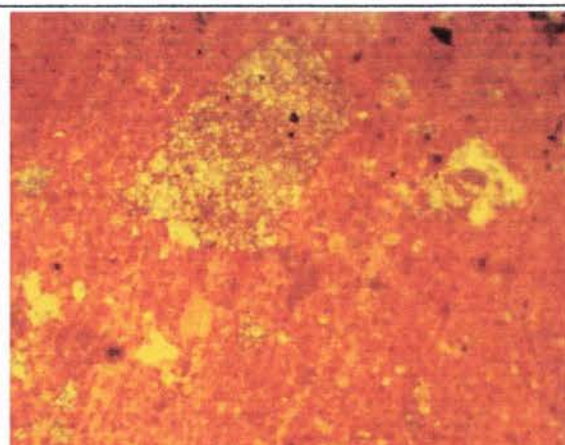
Sl.2. KIA 0012/15-GP  
Uzorak pod stereo mikroskopom  
(uvećanje 10x)



Sl. 3. KIA 0012/15-GP  
Uzorak pod stereo mikroskopom  
(uvećanje 12x)



Sl.4. KIA 0012/15-GP  
Mikrosnimak uzorka-ukršteni Nikoli



Sl. 5. KIA 0012/15-GP  
Mikrosnimak uzorka- ukršteni Nikoli

## 2. REZULTATI ISPITIVANJA

### 2.1. MINERALOŠKO-PETROGRAFSKI SASTAV (SRPS B.B8.003):

#### 2.1.1. Makroskopski izgled stene:

Ispitivani uzorak je prljavo belo- žućkaste boje. Izgrađen je od agregata i veziva.

Zrna agregata su bele, žućkasto sive i sive boje. Oblik im je različit, poluuglast do zaobljen. Procentualno učešće agregata u izgradnji uzorka je između 20%-30%. Dimenzije zrna se kreću u intervalu od 8x4 mm do ispod 1mm.

Vezivo je vrlo burno reaguje sa 5% HCl, što ukazuje na karbonatni sastav. Uočljive su i pukotine i šupljine različitog oblika i veličine ispod 1mm.

#### 2.1.2. Mikroskopski nalaz:

Mikroskopskim ispitivanjem je utvrđeno da je uzorak izgrađen od agregatnih zrna i veziva.

Agregatna zrna su uglastog, poluuglastog do poluzabljenog oblika. Procentualno učestvuju sa oko 25% u izgradnji uzorka. Po sastavu pripadaju zrnima karbonatne stene (krečnjak) i kalcitu. Zrna veličine od 4x3 mm do 1x0.5mm čine oko 3% od ukupnog procenta agregata, dok je dominantnih 97 % zrna veličine od 1 x 0.5 mm do 0.05 x 0.05 mm.

Šupljine i zajedno sa njima prisutne pukotine su nepravilnog oblika i orijentacije. Ne može se sa sigurnošću reći da li su primarnog ili sekundarnog porekla. Najverovatnije da su nastale dvojako.

Vezivo je krečnjačkog sastava i čini oko 75% uzorka.



## 2.2. XRD ANALIZA VEZIVA

### Sample Data

File name 012-15Gp.DAT  
File path D:/Rendgen/IMS/ivana delic/Maj 2015  
Data collected maj 7, 2015 13:16:16  
Data range  $9.980^\circ$  -  $59.930^\circ$   
Number of points 1001  
Step size 0.050  
Rietveld refinement converged No  
Alpha2 subtracted Yes  
Background subtr. No  
Data smoothed No  
2theta correction  $-0.02^\circ$   
Radiation X-rays  
Wavelength 1.540598 Å

### Matched Phases

#### Index Amount (%) Name Formula sum

A 55.6 Dolomite C Ca0.5 Mg0.5 O3

B 35.8 C Ca O3

C 6.2 Gypsum Ca H4 O6 S

D 2.4 O2 Si

#### A: Dolomite (55.6 %)

Formula sum C Ca0.5 Mg0.5 O3

#### B: C Ca O3 (35.8 %)

Formula sum C Ca O3

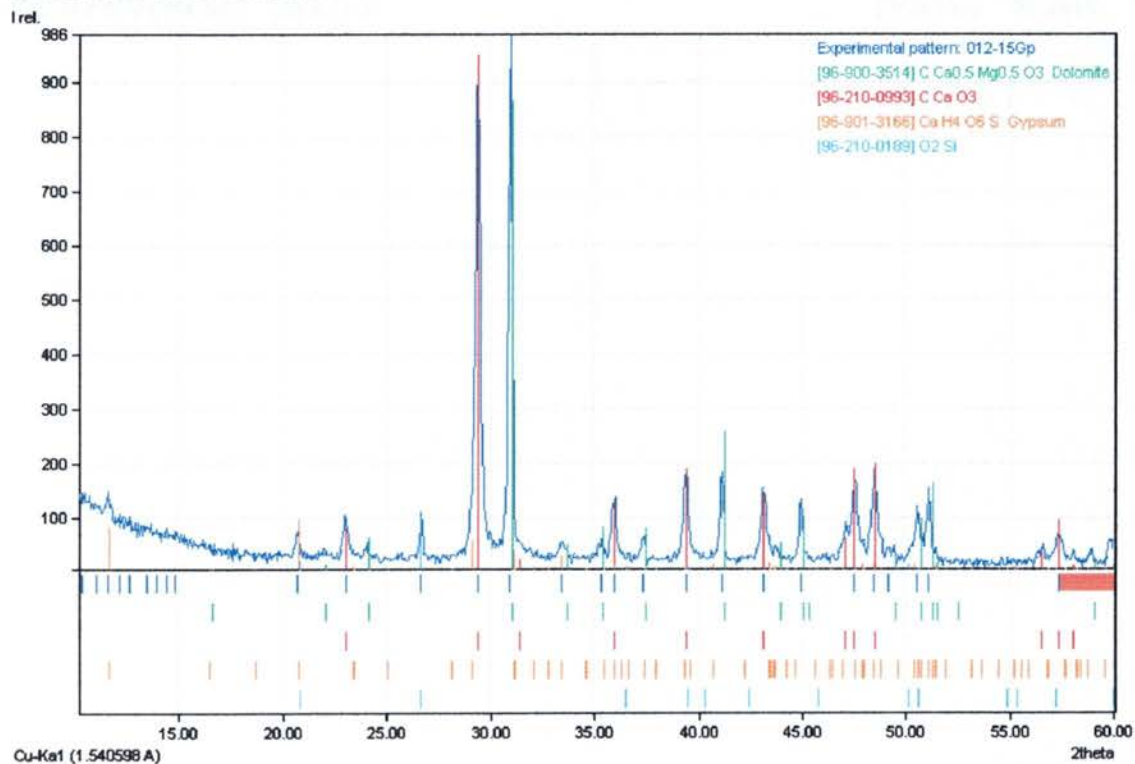
#### C: Gypsum (6.2 %)

Formula sum Ca H4 O6 S

#### D: O2 Si (2.4 %)

Formula sum O2 Si

### Diffraction Pattern Graphics





INSTITUT IMS AD  
BEOGRAD



**Institut za ispitivanje materijala a.d. Beograd**  
**Centralna laboratorija za ispitivanje materijala**  
**Laboratorija za kamen i agregat**

Beograd, Bulevar vojvode Mišića 43  
tel: (011) 2650 322 fax: (011) 3692 772, 3692 782  
e-mail: [office@institutims.rs](mailto:office@institutims.rs), [www.institutims.rs](http://www.institutims.rs)

## IZVEŠTAJ O ISPITIVANJU

Br. KIA 0013/15 - GP

**Predmet ispitivanja:** Stari malter

**Naručilac:** KOTO  
Beograd

**Zahtev/Ponuda/Ugovor:** 41-3948 od 08.04.2015.

**Sadržaj:** strana 7

**Izveštaj odobrio:** Laboratorija za kamen i agregat

Rukovodilac



Ivana Delić Nikolić, dipl.inž.geol.

Beograd, maj 2015. godine



## 1. OPŠTI PODACI

### 1.1. PREDMET ISPITIVANJA

1.1.1. Komercijalno ime proizvoda : -

1.1.2. Uzorak potiče sa: **malter iz bedema**

Lokalnost: **tvrđava Kastel**

Mesto: **Banja Luka**

Država: **BiH**

1.1.3. Broj zapisnika o uzimanju – prijemu uzorka: **KIA 0013/15-GP 08.04.2015.**

1.1.4. Proizvođač je: -  
sa sedištem u: -

1.1.5. Uzorak je odabran od strane: **naručioca ispitivanja**

1.1.6. Datum i mesto uzimanja uzorka: -  
Datum prijema uzorka u laboratoriju: **08.04.2015.**

1.1.7. Uzorkovanje izvršeno prema: -

1.1.8. Terenska oznaka uzorka: -

1.1.9. Način otpreme uzorka : **vozilom naručioca ispitivanja**

1.1.10. Namena ispitivanja je:  
**određivanje mineraloško-petrografskog sastava agregata u uzorku maltera**

1.1.11. Ispitivanje je započelo: **08.04.2015.** a završeno je: **11.05.2015.**

1.1.12. Datum izdavanja Izveštaja: **11.05.2015.**

1.1.13. Obim ispitivanja: **Namenska analiza** (u skladu sa LAB 01-11-1)

### 1.2. METODE ISPITIVANJA

**SRPS B.B8.003, XRD spektrometrija, EN 1015-10, EN 1015-18,**

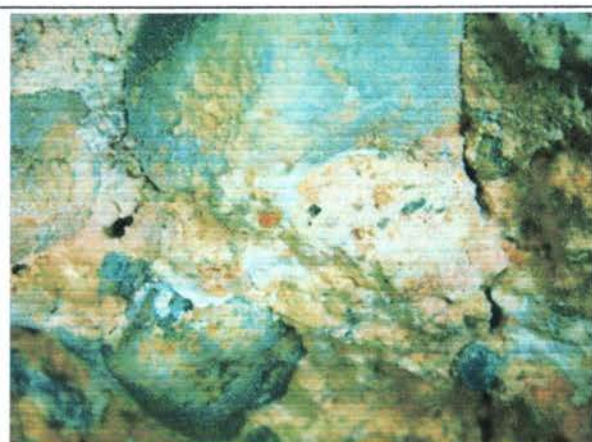
### 1.3. OPREMA POTREBNA ZA ISPITIVANJE

	NAZIV OPREME	INVENT.BROJ
1.	Sušnica	878 IMS
2.	Polarizacioni mikroskop	863 IMS
3.	Binokularna lupa	861 IMS
4.	Aparatura za sečenje i poliranje	Sr.br. 95/660342

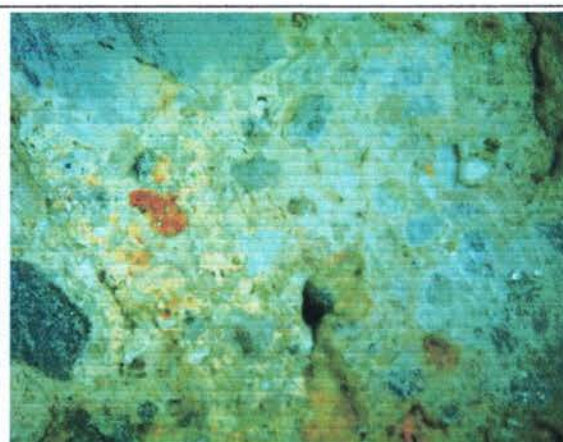
### 1.4. UZORAK ZA ISPITIVANJE

**Malter iz bedema, tvrđava Kastel, Banja Luka**

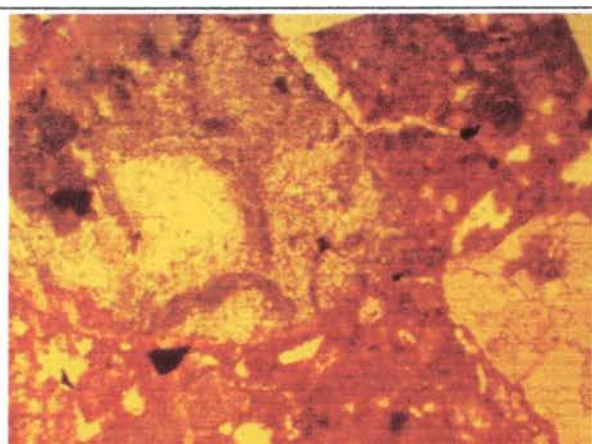




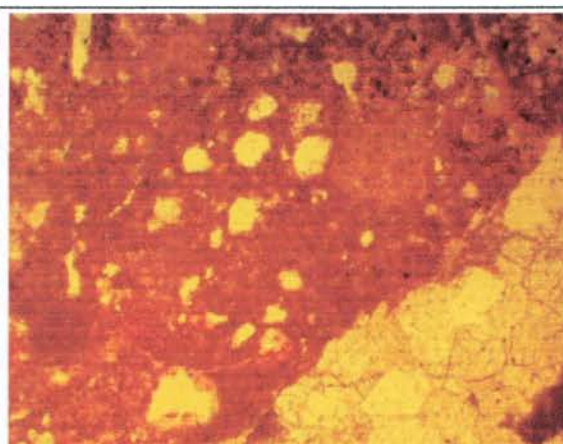
**Sl.2. KIA 0013/15-GP**  
Uzorak pod stereo mikroskopom  
(uvećanje 6.5x)



**Sl. 3. KIA 0013/15-GP**  
Uzorak pod stereo mikroskopom  
(uvećanje 6.5x)



**Sl.4. KIA 0013/15-GP**  
Mikrosnimak uzorka-ukršteni Nikoli



**Sl. 5. KIA 0013/15-GP**  
Mikrosnimak uzorka- ukršteni Nikoli

## 2. REZULTATI ISPITIVANJA

### 2.1. MINERALOŠKO-PETROGRAFSKI SASTAV (SRPS B.B8.003):

#### 2.1.1 Makroskopski nalaz:

Ispitivani uzorak je prljavo belo-sive boje. Izgrađen je od agregata i veziva.

Zrna agregata su bele, sive i sivo-žučkaste boje. U uzorku se pojavljuje i nekoliko cigla crvenih zrna. Njihov oblik je različit i kreće se od poluuglastog do zaobljenog. Na osnovu veličine sastojka može se reći da su prisutne dve frakcije. Prva frakcija sa dimenzijama zrna od 15x10 mm do 5x3mm čini oko 15% od ukupne količine agregata. Drugu frakciju čine zrna od 5mm do ispod 1mm. Zrna cigla crvene boje su prisutna jako retko, najverovatnije su delovi opeke. Procentualno učešće agregata u izgradnji uzorka je oko 30%. Uočljive su i pukotine i šupljine različitog oblika i veličine. Vezivo vrlo burno reaguje sa 5% HCl, što ukazuje na njegov karbonatni sastav.

#### 2.1.2. Mikroskopski nalaz:

Mikroskopskim ispitivanjem je utvrđeno da se uzorak sastoji od agregata i veziva. Agregat je sastavljen od minerala i odlomaka stena karbonatnog sastava, odnosno od krečnjaka i kalcita. Zastupljenost agregatnih zrna je oko 30% u izgradnji uzorka, ostalih 70% čini vezivo. Dimenzije agregata variraju od 4x3 mm do 0.05x0.05 mm. Oblik ovih zrna je uglavnom do poluzaobljen. Na osnovu veličine agregatnih zrna mogu se izdvojiti II frakcije i to:

I-frakciju čine zrna veličine od 4x3mm do 3x2mm i to su uglavnom po sastavu odlomci krečnjaka. Procentualno su zastupljeni sa oko 3% od ukupne količine agregata.

II-frakciju izgrađuju zrna sa dimenzijama od 1.5x1mm do 0.05x0.05 mm. Po sastavu pripadaju krečnjaku i zrnima kalcita. U izgradnji agregata učestvuju sa oko 97%.

Vezivo je karbonatnog sastava.

Šupljine koje se javljaju u uzorku su nepravilnog oblika i veličine od 0.5mm do 0.1mm. Pukotine su često prisutne, nepravilne su orijentacije.



## 2.2. XRD ANALIZA VEZIVA

### Sample Data

File name 013-15Gp.DAT  
 File path D:/Rendgen/IMS/ivana delic/Maj 2015  
 Data collected maj 7, 2015 13:16:17  
 Data range 10.000° - 59.950°  
 Number of points 1001  
 Step size 0.050  
 Rietveld refinement converged No  
 Alpha2 subtracted Yes  
 Background subtr. No  
 Data smoothed No  
 Radiation X-rays  
 Wavelength 1.540598 Å

### Matched Phases

**Index Amount (%) Name Formula sum**

A 50.4 Dolomite C2 Ca Mg O6

B 47.6 Calcite C Ca O3

C 2.1 Quartz O2 Si

**A: Dolomite (50.4 %)**

Formula sum C2 Ca Mg O6

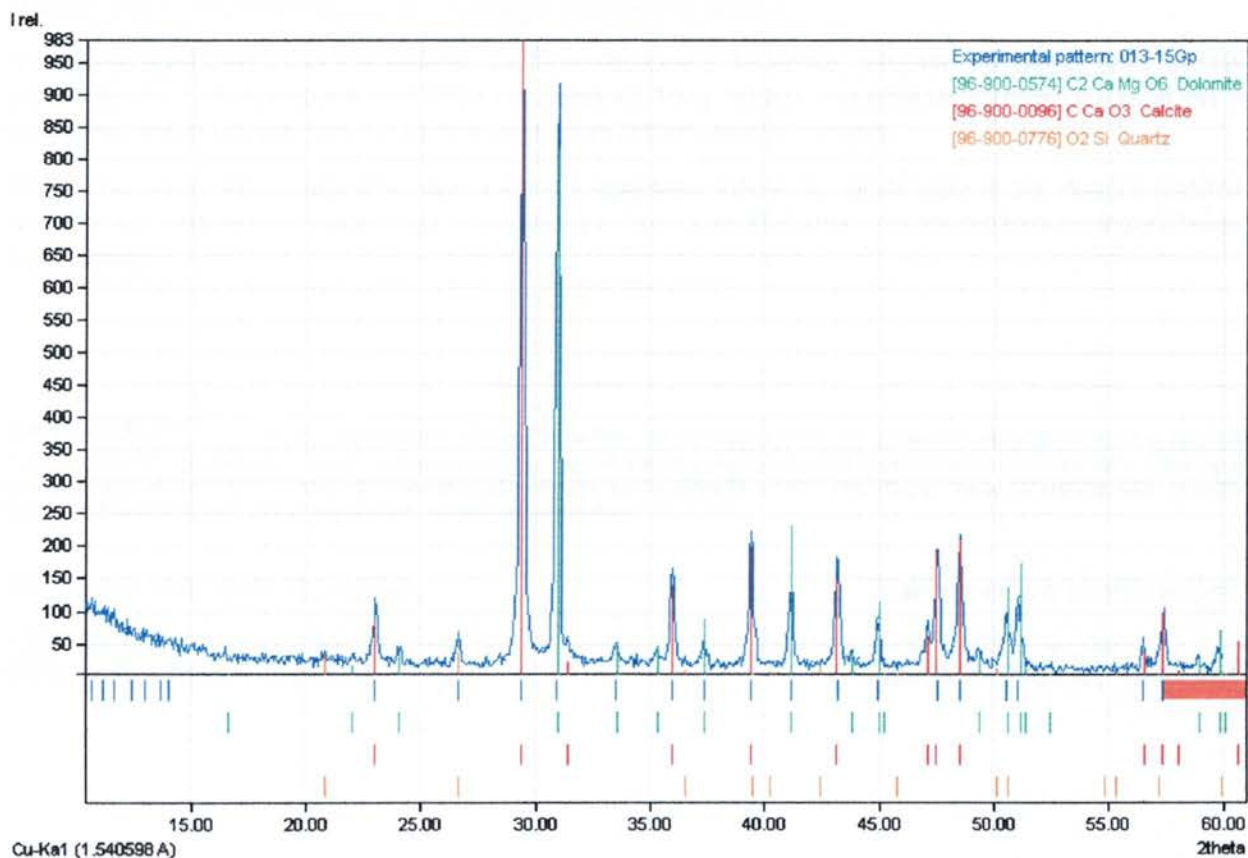
**B: Calcite (47.6 %)**

Formula sum C Ca O3

**C: Quartz (2.1 %)**

Formula sum O2 Si

### Diffraction Pattern Graphics





INSTITUT IMS AD  
BEOGRAD



Institut za ispitivanje materijala a.d. Beograd  
Centralna laboratorija za ispitivanje materijala  
Laboratorija za veziva, hemiju i maltere

Beograd, Bulevar vojvode Mišića 43  
tel: (011) 2650 322 fax: (011) 3692 772, 3692 782  
e-mail: [office@institutims.rs](mailto:office@institutims.rs), [www.institutims.rs](http://www.institutims.rs)

## IZVEŠTAJ O ISPITIVANJU

Br. VHM- 459/15

**Predmet ispitivanja:** Ispitivanje maltera pripremljenog od hidrauličnog kreča „ANTIQUE LC“ proizvođača „Mapei“ i drobljenog agregata granulacije 0-4mm poreklom Banja Luka,

**Naručilac:** «KOTO» d.o.o., Beograd

**Zahtev/Ponuda/Ugovor:** Zahtev broj - od 21.04.2015.

**Sadržaj:** Ukupno 4 strane

**Uzorkovanje izvršio:** Predstavnik Naručioca

**Izveštaj odobrio:** Laboratorija za veziva, hemiju i maltere

Rukovodilac

  
Ljiljana Miličić, diplomir.

Beograd, 10.06.2015. godine



INSTITUT IMS AD  
BEOGRAD

**Podaci o uzorku:**

**Proizvođač:** -

**Vrsta proizvoda:** Ispitivanje maltera pripremljenog od hidrauličnog kreča „ANTIQUE LC“ proizvođača „Mapei“ i drobljenog agregata granulacije 0-4mm poreklom Banja Luka,

**Oznaka proizvoda:** -

**Datum i mesto uzimanja uzorka:** -

**Datum prijema uzorka na ispitivanje:** 21.04.2015.

**Uzorkovanje izvršio:** Predstavnik Naručioca

**Metode ispitivanja:** SRPS EN 1015-11, SRPS EN 459-2,

**Merna i regulaciona oprema:** Automatska vaga tip RJ 1220 proizvođača METTLER, Švajcarska, mernog opsega 0,05 - 2/12 kg, rezolucije 0,1/1 g

Analitička vaga tip B6 proizvođača METTLER, Švajcarska, mernog opsega 0,0 - 99,99 g rezolucije 0,0001 g

Presa proizvođača TONITECHNIC, Nemačka, opsega sile 1/10/30/300 kN, rezolucije 0,1/1/10/100 N,

Potresni sto proizvođača TONITECHNIC Nemačka

Apart za gašenje kreča tip UN-40 proizvođača TEHTNICA, Slovenija,

*Izloženi rezultati se odnose isključivo na ispitani uzorak. Ne preuzima se nikakva odgovornost u pogledu verodostojnosti uzorkovanja, osim u slučaju kada je ono obavljeno pod direktnom kontrolom predstavnika laboratorije. Izveštaj se nesme umnožavati, izuzev u celini, i uz odobrenje Laboratorije za ispitivanje materijala.*



REZULTATI ISPITIVANJA:

Komponente maltera:	<ul style="list-style-type: none"><li>• Hidraulični kreč „ANTIQUE LC“ proizvođača „Mapei“</li><li>• Drobljeni agregat: 97% od 0-1mm + 3% od 1-4 mm, Banja Luka</li></ul>
Zapreminski odnos HK-A	1:3
Rasprostiranje, mm	180
Odnos W/SM	0.162
Čvrstoća nakon 28 dana, MPa	
Savijanje	3.3
Prirtisak	7.0

Komponente maltera:	<ul style="list-style-type: none"><li>• Hidraulični kreč „ANTIQUE LC“ proizvođača „Mapei“ + 5% beli cement, „Holcim Slovensko“</li><li>• Drobljeni agregat: 97% od 0-1mm + 3% od 1-4 mm, Banja Luka</li></ul>
Zapreminski odnos K-A	1:3
Rasprostiranje, mm	181
Odnos W/SM	0.156
Čvrstoća nakon 28 dana, MPa	
Savijanje	3.4
Prirtisak	7.4

Rukovodilac ispitivanja

Ljiljana Miličić, dipl. inženjer

---

## в. Анализа узорака фуговања

---

## ELABORAT UZORAKA FUGOVANJA

14.07.2015.



UZORAK 1

receptura: 1:3

9 x žuti agregat 0-4

3 x mapei hidraulično vezivo



UZORAK 2

receptura: 1:3

9 x žuti agregat 0-4

3 x mapei hidraulično vezivo

5% bijeli cement





UZORAK 3

receptura: 1:3

9 x sivi agregat 0-4

3 x mapei hidraulično vezivo



UZORAK 4

receptura: 1:3

9 x sivi agregat 0-4

3 x mapei hidraulično vezivo

5% bijeli cement



UZORAK 5

receptura: 1:3

4,5 x sivi agregat 0-4

4,5 x žuti agregat 0-4

3 x mapei hidraulično vezivo



#### UZORAK 6

receptura: 1:3

4,5 x sivi agregat 0-4

4,5 x žuti agregat 0-4

3 x mapei hidraulično vezivo

5% bijeli cement



UZORAK 7

receptura: 1:3

7 x sivi agregat 0-8

2 x žuti agregat 0-4

3 x mapei hidraulično vezivo

5% bijeli cement



UZORAK 8

Receptura: 1:3

7 x sivi agregat 0-8

2 x žuti agregat 0-4

3 x mapei hidraulično vezivo

5% sivi cement



#### UZORAK 9

Receptura: 1:3

2 x sivi agregat 0-8

4 x žuti agregat 0-4

2 x mapei hidraulično vezivo

5% bijeli cement

2 x žuti pigment

3 x crni pigment



UZORAK 10

Receptura: 1:3

2 x sivi agregat 0-8

4 x žuti agregat 0-4

2 x mapei hidraulično vezivo

5% bijeli cement

2 x žuti pigment

6 x crni pigment





## **UZORAK 11 USVOJEN**

Receptura: 1:3

2 x sivi agregat 0-8

4 x žuti agregat 0-4

2 x mapei hidraulično vezivo

5% bijeli cement

6 x žuti pigment

6 x crni pigment



#### UZORAK 12

Receptura: 1:3

2 x sivi agregat 0-8

4 x žuti agregat 0-4

2 x mapei hidraulično vezivo

5% bijeli cement

6 x žuti pigment

6 x crni pigment

pigmenti miješani u void



### UZORAK 13

Receptura: 1:3

2 x sivi agregat 0-8

4 x žuti agregat 0-4

2 x mapei hidraulično vezivo

5% bijeli cement

6 x žuti pigment

4 x crni pigment

## 12. Литература

---

- <sup>1</sup> Б. Граљук, Новија археолошка открића и испитивања на подручју Бањалуке и околице, *Зборник I*, Археолошка проблематика Западне Босне, *Археолошко друштво Босне и Херцеговине*, Сарајево 1983.
- <sup>2</sup> И. Бојановски, Босна и Херцеговина у античко доба, Академија наука И уметности Босне и Херцеговине, *Бела књига LXVI*; Центар за балканолошка испитивања, *књига 6*, Сарајево 1988.
- <sup>3</sup> Л. Жеравица, Хронолошки оквир тврђаве Кастел у Бањој Луци, *Путеви 6*, *Часопис за књижевност и културу*, Бања Лука 1976.
- <sup>4</sup> Решење Земаљског завода за заштиту споменика културе и природних реткости НР БиХ, Сарајево, бр.726/50 од 16.јуна 1950. године,
- <sup>5</sup> Решење Земаљског завода за заштиту споменика културе и природних реткости НР БиХ бр. 02-40-102/70 од 18.јуна 1962. године
- <sup>6</sup> „Службени гласник БиХ“, број 36/05
- <sup>7</sup> Б.Граљук, Бања Лука /Кастел, *Археолошки преглед*, Љубљана 1986.  
уредник Нешковић Марина
- <sup>8</sup> З. Жеравица, Остаци насеља Баден у Кастелу у Бања Луци, *Зборник, вол. 1*, *археолошка питања западне Босне*, Археолошко друштво Босне и Херцеговине, Сарајево, 1983.41-54
- <sup>9</sup> З. Жеравица – Л. Жеравица, археолошка истраживања у Кастелу у Бања Луци, Насе антиквитети ХВИ-ХВИИ, Републички институт за заштиту споменика културе и природе Босне и Херцеговине, Сарајево, 1984-19-45
- <sup>10</sup> Милијана Окиљ, *Стари град Кастел, Бања Лука у старим градовима Босне и Херцеговине*, Национални комитет ИКОМОС у Босни и Херцеговини, Сарајево 2012. 114-115
- <sup>11</sup> С. Радовановић и Ј. Благојевић, Тврђава „Кастел“ у Бањалуци, конзерваторско-рестаураторски радови, *Гласник друштва конзерватора Србије*, Београд 2016. године, 156-164
- <sup>12</sup> Главни пројекат који је израдила фирма „Грађење“ а.д. из Источног Сарајева, септембар 2011.
- <sup>13</sup> Студија Института за испитивање материјала “ИМС“ из Београда бр.41-3948 од 08.04.2015. године и 41-6458 од 03.06.2015. године са минеролошко-петрографским и физичким испитивањима узорака камена

<sup>14</sup> Извештаји ВХМ459/215, 0011/15-ГП, 0012/2015-ГП, 0013/2015-ГП Института за испитивање материјала “ИМС” из Београда о испитивањима узорака малтера

<sup>15</sup> Студије Института за испитивање материјала “ИМС” из Београда бр.41-3948 од 08.04.2015. године и 41-6458 од 03.06.2015. године са минеролошко-петрографским и физичким испитивањима узорака камена

<sup>16</sup> Извештаји ВХМ459/215, 0011/15-ГП, 0012/2015-ГП, 0013/2015-ГП Института за испитивање материјала “ИМС” из Београда о испитивањима узорака малтера.

<sup>17</sup> Елаборат узорака фуговања израђен од стране фирме „КОТО“ д.о.о. из Београда, Београд 2015.

<sup>18</sup> Пројекат изведеног стања израђен од стране фирме „КОТО“ д.о.о. из Београда, Београд 2015.

## 01. Биографија кандидата

Јовица Благојевић, Дипл.инж.арх.

### Лични подаци

Име и презиме

**Јовица Благојевић**

Адреса

Руска 40, 78.000 Бања Лука, Република Српска / БиХ

Контакт : телефон

+38765016408

Е-маил

jovica.blagojevic@koto.rs

Датум рођења

23.12.1986.

Професионално искуство

13 година

### Радно искуство

• Датуми (од/до)

**ФЕБРУАР 2018. – У РАДНОМ ОДНОСУ**

• Назив и адреса  
послодавца

КОТО д.о.о. Бања Лука, Бранка Поповића 24а, Бања Лука  
директор

• Позиција

- праћење тендера на територији БиХ, ХР и СЛО
- припрема понуда (технички и општи дио)
- уговарање пројеката
- реализација уговорених послова од преузимања градилишта до техничког пријема објекта
- комуникација са инвеститором, међународним организацијама, надзорним органима, инспекцијским органима, републичком и градским управама, рестаураторима, добављачима, подизвођачима
- вођење општих и управних послова фирме КОТО д.о.о. Бања Лука
- регрутовање, запошљавање и обука нових радника

- Датуми (од/до)
- Назив и адреса послодавца
- Позиција

- Датуми (од/до)
- Назив и адреса послодавца
- Позиција

- израда финансисјких анализа пословања фирме КОТО д.о.о. Бања Лука
- снимање објеката и учествовање у изради пројеката рестаурације и конзервације
- истраживање на пољу рестаурације и конзервације, израда фото и видеодокументације приликом извођења радова, израда детаљних извјештаја конзерваторских и рестаураторских третмана
- публикување истраживања на пољу рестаурације и конзервације

### **МАЈ 2015. - ЈАНУАР 2018.**

КОТО д.о.о. Београд – Пословна јединица Бања Лука, ул. Младена Стојановића бр. 117 а

Помоћник одговорног извођача радова у области заштите културних добара и архитекта конзерватор - вођење и организација градилишта

- израда пројеката изведеног стања
- израда динамичких планова, финансијских анализа, привремених ситуација
- вођење грађевинског дневника и грађевинске књиге
- припрема тендерске документације

### **Децембар 2013. - Септембар 2014.**

“УНА инжињеринг” Српска улица 99, 78000 Бања Лука, Република Српска, БиХ.

Архитекта-Пројектант

- Пројектовање, израда идејних и изведбених пројеката за једнопородичне и вишепородичне стамбено-пословне објекте, као и за објекте јавне намјене
- Израда 3D модела и презентација пројеката користећи векторске програме ArchiCAD и Artlantis.
- Пројектовање идејних решења ентеријера и израда извођачких пројеката истих као и одабиром материјала, технологије израде и дизајнирање појединих комада намјештаја.

• Датуми (од/до)

• Назив и адреса  
послодавца

• Позиција

• Датуми (од/до)

• Назив и адреса  
послодавца

• Позиција

- Израда 3D приказа ентеријерског уређења простора.

### **Фебруар 2012. - Септембар 2013.**

“ARTSHISESTO” GMBH, Pletschgässli 2, Postfach 134, 3952 Susten, Swiss,

Архитекта-Пројектант

- Пројектовање, израда идејних и изведбених пројеката за једнопородичне и вишепородичне стамбене

објекте у AutoCAD-у.

- Израда 3D модела и презентација пројеката користећи векторске програме ArchiCAD и Artlantis.

### **Август 2010. - Јануар 2012.**

“The Am Architektur” House Arnold, Pletschenstrasse 2, 3952 Susten, Swish

Архитекта-Пројектант

- Пројектовање, израда идејних и изведбених пројеката за једнопородичне и вишепородичне стамбене објекте у АутоЦАД-у.

- Израда 3D модела и презентација пројеката користећи векторске програме ArchiCAD и Artlantis.

- Израда 3D приказа ентеријерског уређења простора.

### **2011. – 2012.**

„Mc Dougle“ COMPANY, TN 37218, NASHVILLE

Архитекта-Пројектант

- Предавање понуда за посао на основу предмјера и предрачуна радова.

- Израда радионичких нацрта уз помоћ векторских програма као што је AutoCAD, ArchiCAD за потребе обраде и инсталације алуминијумских панела.

- Израда цртежа за челичне конструкције, те обрада истих у сврху наручивања и обликовања материјала.



• Датуми (од/до)

• Назив и адреса  
послодавца

• Позиција

• Датуми (од/до)

• Назив и адреса  
послодавца

• Позиција

• Датуми (од/до)

• Назив и адреса  
послодавца

• Позиција

**2010. – 2011.**

“ЕНТЕРИЈЕР.БА ” ОНЛИНЕ МАГАЗИН, 71000 САРАЈЕВО,  
БОСНА И ХЕРЦЕГОВИНА

Архитекта -Регионал манаџер, poslovnica Прњавор

- Комуникација са клијентима, представљање понуде, те унапређење сарадње и проширење тржишта.
- Истраживање на пољу ентеријера.
- Савјетовање читалаца у области уређења ентеријера, израда идејних решења у циљу афирмације и задовољавања потреба читалаца.

**2009. – 2010.**

“УРБИС ЦЕНТАР” Д.О.О., 78000 БАЊА ЛУКА, РЕПУБЛИКА  
СРПСКА / БИХ

Геодетски Техничар-Геодетска мјерења

- Теренски рад на премјеравању урбанистичких цјелина помоћу “тоталне станице” у сврху добијања прецизне документације за даљу израду пројекта.
- Канцеларијска обрада прикупљених података са терена користећи векторске програме попут AutoCAD-а.

**Пракса у трајању од мјесец дана у децембру 2009. године**

„Г .П . КРАЈИНА“ АД, БАЊА ЛУКА, РЕПУБЛИКА СРПСКА /  
БИХ

-Архитекта сарадник

За вријеме и по завршетку студија израда идејних решења једнопородичних објеката, израда пројеката за легализацију једнопородичних стамбених објеката, израда идејних решења ентеријерског уређења једнопородичних стамбених објеката.

## Образоваје

• Датуми (од - до)

2005 – 2010

• Институција

Архитектонско -грађевински факултет, Универзитет у Бањој Луци

• Стечено звање

*Дипломирани инжењер архитектуре*

• Датуми (од - до)

2001 - 2005

• Институција

*Електротехничка школа Прњавор*

• Стечено звање

*Електротехничар , усмјерење рачунари*

## ПОЗНАВАЊЕ ЈЕЗИКА

СРПСКИ – матерњи

ЕНГЛЕСКИ – виши ниво

ЊЕМАЧКИ – почетни ниво

*Рад на рачунару*

Microsoft Office, Autoa CD, Archee CD, Google Sketzhup, Artlantis, Zorel Draw, Corel Photopaint

*Возачка дозвола*

*Б категорија – активан возач*

**ИЗЈАВА О АУТОРСТВУ**

**Изјављујем да је  
мастер/магистарски рад**

**РЕВИТАЛИЗАЦИЈЕ ТВРЂАВЕ КАСТЕЛ**

Примјена истраживачког рада у одређивању технике и технологије извођења радова

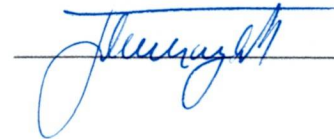
**REVITALIZATION OF CASTEL FORTRESS**

The use of research in determining the technique and technology of restoration works

- резултат сопственог истраживачког рада,
- да мастер/магистарски рад, у цјелини или у дијеловима, није био предложен за добијање било које дипломе према студијским програмима других високошколских установа,
- да су резултати коректно наведени и
- да нисам кршио/ла ауторска права и користио интелектуалну својину других лица.

У Бањој Луци 01.04.2024

Потпис кандидата



**Изјава којом се овлашћује архитектонско-грађевинско-геодетски факултет  
Универзитета у Бањој Луци да мастер/магистарски рад учини јавно доступним**

Овлашћујем архитектонско-грађевинско-геодетски факултет Универзитета у Бањој Луци да  
мој мастер/магистарски рад, под насловом: РЕВИТАЛИЗАЦИЈЕ ТВРЂАВЕ КАСТЕЛ

Примјена истраживачког рада у одређивању технике и технологије извођења радова

који је моје ауторско дјело, учини јавно доступним.

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

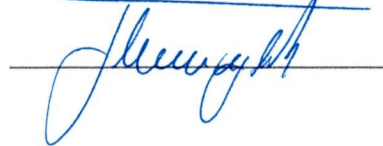
Мој мастер/магистарски рад, похрањен у дигитални репозиторијум Универзитета у Бањој  
Луци, могу да користе сви који поштују одредбе садржане у одабраном типу лиценце  
Креативне заједнице (*Creative Commons*), за коју сам се одлучио/ла.

1. Ауторство
2. Ауторство - некомерцијално
3. Ауторство - некомерцијално - без прераде
4. Ауторство - некомерцијално - дијелити под истим условима
5. Ауторство - без прераде
6. Ауторство - дијелити под истим условима

(Молимо да заокружите само једну од шест понуђених лиценци, кратак опис лиценци дат је  
на полеђини листа).

У Бањој Луци 01.04.2024.

Потпис кандидата



Изјава 3

**Изјава о идентичности штампане и електронске верзије  
мастер/магистарског рада**

Име и презиме аутора: Јовица Благојевић

Наслов рада: РЕВИТАЛИЗАЦИЈЕ ТВРЂАВЕ КАСТЕЛ

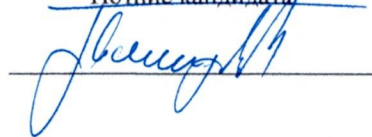
Примјена истраживачког рада у одређивању технике и технологије извођења радова

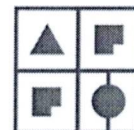
Ментор: Проф. др Милијана Окиљ

Изјављујем да је штампана верзија мог мастер/магистарског рада идентична електронској верзији коју сам предао/ла за дигитални репозиторијум Универзитета у Бањој Луци.

У Бањој Луци 01.04.2024.

Потпис кандидата





## СТУДИЈСКИ ПРОГРАМ АРХИТЕКТУРА

На основу члана 61. Закона о високом образовању ("Службени гласник Републике Српске", број 67/20) и члана 54. Статута Универзитета у Бањој Луци а на приједлог Вијећа СП усмјерење архитектонско пројектовање, Научно-наставно вијеће Архитектонско-грађевинско-геодетског факултета је на 5. сједници одржаној 19.03.2019. године донијело одлуку број: 14/3.317/19 од 19.03.2019. године о именовану Комисије за преглед и оцјену завршног рада II циклуса студија, Студијског програма Архитектура, кандидата **Јовице (Радислав) Благојевића, број индекса 66М/10** под називом:

### РЕВИТАЛИЗАЦИЈА ТВРЂАВЕ КАСТЕЛ У БАЊАЛУЦИ

#### Примјена истраживачког рада у одређивању технике и технологије извођења конзерваторско-реставраторских радова

Именована је Комисија у сљедећем саставу:

1. Проф. др Миленко Станковић, Универзитет у Бањој Луци, Архитектонско-грађевинско-геодетски факултет, ужа научна област: Архитектонско пројектовање - предсједник;
2. Проф. Др Милијана Окиљ, Универзитет у Бањој Луци, Архитектонско-грађевинско-геодетски факултет, ужа научна област: Заштита и ревитализација градитељског наслеђа - ментор и члан;
3. Проф. др Мирослав Малиновић, Универзитет у Бањој Луци, Архитектонско-грађевинско-геодетски факултет, ужа научна област: Историја и теорија архитектуре и урбаног развоја - члан.

Комисија је прегледала, анализирала завршни рад и установила да је кандидат **Јовица (Радислав) Благојевић, број индекса 66М/10** испунио све формалне услове, и предао текст завршног рада II циклуса у прописаној форми, те Научно-наставном вијећу подноси сљедећи:

### ИЗВЈЕШТАЈ

#### О ПРЕГЛЕДУ И ОЦЕНИ ЗАВРШНОГ РАДА

#### I ПОДАЦИ О КАНДИДАТУ:

##### Лични подаци

Име и презиме:	Јовица Благојевић
Датум рођења:	23.12.1986.
Мјесто рођења:	Прњавор
Адреса становања:	Руска 40
Мјесто боравка:	Бања Лука
Број телефона:	065 995 517
Е-mail:	Jovica.blagojevic@koto.rs
Држављанство:	РС/БиХ

## Образовање

2005. – 2010. године **Образовна институција:** Архитектонско-грађевинско-геодетски факултет, Универзитет у Бањој Луци  
**Смјер:** Архитектонско пројектовање  
**Звање:** Дипломирани инжењер Архитектуре (240 ЕЦТС)  
Тема завршног рада првог циклуса студија: Теоријски и практични аспекти рјешавања адаптације приступа за особу умањених тјелесних способности у једнопородичном објекту у улици Војводе Путника 14, оцијењен оцјеном: 9 – девет, одличан.  
Просјечна оцјена током студија: 7,64
2001. – 2005. године **Образовна институција:** Мјешовита средња школа Прњавор  
**Смјер:** Електротехничка школа – смјер рачунари  
**Звање:** Електро техничар  
Одличан ученик
1993. – 2001. године **Образовна институција:** Основна школа „Никола Тесла“ Прњавор

## Радно искуство

- 02.2018. – тренутно **Послодавац:** КОТО д.о.о.  
**Позиција на послу:** директор
- 05.2015. – 02.2018. г. **Послодавац:** КОТО д.о.о Београд, пословна јединица Бања Лука  
**Позиција на послу:** Инжењер на градилишту
- 12.2013. – 09.2014. г. **Послодавац:** УНА инжињеринг д.о.о.  
**Позиција на послу:** Архитекта - пројектант
- 02.2012. – 09.2013. г. **Послодавац:** „ARHISHESTO“ GMBH  
**Позиција на послу:** Архитекта – пројектант
- 08.2010. – 01.2012. г. **Послодавац:** „The Am Architectur“ House arnold  
**Позиција на послу:** Архитекта – пројектант
- 02.2011. – 05.2012. **Послодавац:** „Mc Dougle“ COMPANY  
**Позиција на послу:** Архитекта - пројектант
2010. – 2011. **Послодавац:** Ентеријер.ба  
**Позиција на полсу:** Регионални менаџер
2009. - 2010. **Послодавац:** Урбис ценар д.о.о.  
**Позиција на послу:** геодетски техничар
- 12.2009. **Послодавац:** ГП Крајина д.о.о. Бања Лука  
**Позиција на послу:** Архитекта сарадник – пракса у трајању од мјесеца дана

## Додатна стечена звања

2022. година	Положен стручни испит
2023. година	Лиценца за израду техничке документације, архитектонска фаза и надзор, лиценца за извођење грађевинских објеката високоградње и надзор

## Личне вјештине

Матерњи језик:	Српски језик
Страни језици:	Енглески језик Њемачки језик
Информатичка писменост:	MS Office (Word, Excel, PowerPoint), AutoCAD, ArchiCAD, Corel, Sketchup, Artlantis, Internet.
Возачка дозвола:	Категорија Б

## II ПОДАЦИ О ЗАВРШНОМ РАДУ

Кандидат **Јовица (Радислав) Благојевић**, број индекса **66М/10** определијелио се за истраживачки и стручни рад у области: Архитектуре.

Мастер рад је провјерен путем званичног софтвера за откривање плагијата дана 01.02.2024. године.

Завршни рад носи назив

### **„РЕВИТАЛИЗАЦИЈА ТВРЂАВЕ КАСТЕЛ У БАЊАЛУЦИ**

**Примјена истраживачког рада у одређивању технике и технологије извођења конзерваторско-рестаураторских радова**“, и обухвата 109 страница од чега је 32 страница текста са описом теоријског и практичног истраживања, а 76 страница прилога. Списак коришћене литературе од 18 наслова, 16 илустрација и 5 прилога.

Предметни завршни - мастер рад кандидата **Јовице (Радислав) Благојевића** са сљедећим садржајем:

1. Увод .....	1
2. Историјат тврђаве Кастел у Бањалуци.....	2
3. Преглед конзерваторско-рестаураторских радова на тврђави Кастел у Бањалуци .....	4
4. Пројектантски услови конзервације, рестаурације и ремоделације.....	5
5. Стање тврђаве Кастел прије почетка извођења радова и узроци девастације.....	6
6. Резултати истраживачког рада у току извођења радова.....	8
7. Анализе и испитивања.....	12
8. Технички опис изведених радова	
a. Бедеми од сјеверне улазне капије до почетка бастиона 1.....	13
b. куле 1, 2, 3 и 4 .....	15
c. Кула 1.....	17
d. Кула 2.....	18
e. Кула 3.....	19
f. Кула 4 .....	22
g. Методологија израде хростове шиндре.....	24
9. Упутство за одржавање објекта након извршених конзерваторско-рестаураторских радова.....	29



10. Закључак.....	30
11. Прилози .....	32
a.   Анализа камена .....	33
b.   Анализа малтера.....	72
c.   Анализа узорка фуговања.....	94
12. Литература .....	109

### III      **ПРИКАЗ И АНАЛИЗА ЗАВРШНОГ РАДА**

#### **ПРЕДМЕТ ИСТРАЖИВАЊА**

Предмет истраживања јесте тврђава Кастел у Бањалуци, тачније примјена истраживачког рада у процесу ревитализације тврђаве. Када је у питању пројектовање и извођење радова на новоградњи ствари су прилично јасно дефинисане истраживачким радовима, пројектним задатком, урбанистичко-техничким условима, захтјевима инвеститора, изграђеношћу средине и сл. У том случају до изражаја долази умијеће пројектанта да што боље искористи улазне податке и искомбинује их у складну цјелину која ће задовољити захтјеве у смислу форме и функције.

Када су у питању реконструкције већ постојећих објеката, ту су ствари мало компликованије јер пројектант није у могућности да сагледа комплетну слику објекта, те је неопходно објекат додатно испитати, прије израде конзерваторско-рестаураторског пројекта и у току извођења радова. Нажалост, у данашње вријеме овај „метод“ се у пројектовању све чешће користи као изговор за недовршене и мањкаве пројекте, искључујући ријетке појединце који проводе веома опсежне истраживачке радње приликом израде пројеката на реконструкцији објеката.

Ако су објекти који су предмет реконструкције културна добра, ствари постају још изазовније јер се и пројектовању и извођењу мора приступити са додатном дозом одговорности према културној и историјској вриједности тих објеката како не би нарушили њихову аутентичност.

На основу свега наведеног, неопходно је посветити посебну пажњу значају истраживачког рада приликом одређивања технике и технологије извођења радова, нарочито на објектима који чине дио културно-историјског наслеђа.

#### **ХИПОТЕЗЕ СА ОБРАЗЛОЖЕЊЕМ**

*01. Изостанак истраживачког рада у практичном дијелу извођења радова увелико умањује квалитет изведених радова*

Истраживачки рад се углавном везује за научну заједницу и ријетко се повезује са практичним дијелом извођења грађевинских радова. Када су у питању културна добра и споменици који су под заштитом, истраживачки рад је неизоставан дио процеса конзервације, реконструкције и ревитализације. Иако се приликом пројектовања реконструкције културних споменика раде истраживачки радови, неопходно је исту праксу примјенити и током извођења радова. Првенствено јер се приликом реконструкције у правилу дође до нових сазнања која пројектантима нису била доступна приликом израде пројекта.

02. *Иако се реконструкција као метод обнове културних добара не препоручује, постоје случајеви када је могућа*

У зависности од података које можемо да прикупимо на терену, или у стручној литератури, разликујемо неколико врста радова којима можемо да применимо на културно-историјским споменицима који су под заштитом. Уколико је објекат у великој мјери оштећен, и уколико немамо довољно информација о самом споменику неопходно је извести конзерваторске радове, што подразумјева заштиту самог културног добра од даљег пропадања, а на адекватан начин извршити презентацију конзервираних дијелова објекта. Када је објекат у великој мјери оштећен или у потпуности срушен али имамо егзактне податке о његовом оригиналном изгледу, можемо приступити реконструкцији. Реконструкција није препоручљива још од Венецијанске повеље 1964., али може се користити уколико се донесе одлука о њеној неизбежности која произилази из разних аспеката стања или будуће намјене објекта који је предмет обнове. Реконструкција се може такође вршити на неколико начина, уколико вршимо одређена прилагођавања како би простору додијелили нову намјену, те га поново ставили у употребу у том тренутку смо приступили ревитализацији културног добра. Како и сама ријеч каже, ревитализација културних добара је неопходна да би се ови објекти поново користили а самим тим и одржавали и сачували за будуће нараштаје.

## **ЦИЉ ИСТРАЖИВАЊА**

Главни циљ истраживања јесте одабир најадекватнијих материјала и техника за њихову уградњу како би се сачувала аутентичност тврђаве Кастел у дијелу у коме је вршена рестаурација и ревитализација.

Шире гледано, циљ истраживања јесте подизање свијести о значају истраживачког рада у свим фазама пројектовања и извођења радова, не само на објектима који су под заштитом и који чине дио културно-историјског наслеђа, него на свим објектима од јавног значаја, стамбеним, па и индивидуалним објектима. Овај вид прикупљања информација је у данашње вријеме знатно занемарен јер се сматра да не доноси никакву директну финансијску корист, што је основни репер када су у питању улагања. Заправо је корист вишеструка нарочито за крајњег конзумента објекта и за самог инвеститора, јер се значајне уштеде могу остварити уколико се изведу озбиљне истраживачке радње прије самог пројектовања и извођења објекта, а да се функционалност и комфор кориштења објекта одржи на истом нивоу или чак пренесе на виши ниво.

## **МЕТОДЕ ИСТРАЖИВАЊА**

### *Метода доказивања*

Доказивање је једна од најважнијих научних метода у којој су инкорпориране скоро све методе и сви посебни методички поступци као што су анализа и синтеза, генерализација и специјализација, индукција и дедукција, апстракција и конкретизација.

Сврха ове методе је утврдити тачност неке тврдње. Метода ће се користити за утврђивање тачности прве хипотезе.

#### *Метода класификације*

Метода класификације је најстарија и најједноставнија научна метода. Класификација и систематска и потпуна подјела општег појма на посебне, у оквиру обима појма. Наука заправо почиње класификацијом. На основу спознаје о природи ствари, класификација представља системске групе предмета, или расподјеле низа сродних појава. Ова метода ће се користити за испитивање обе хипотезе.

#### *Метода теоријске анализе*

Овом методом проучиће се сви релевантни писани извори који су директно везани за решавање задатог проблема истраживања, те дјела која могу помоћи при анализи појединих дијелова истраживачког пројекта или при дефинисању проблема у форми хипотезе. Проучиће се писани извори из области методологије научноистраживачког рада, заштите и ревитализације градитељског наслеђа, одрживог развоја као и доступна историјска грађа везана за тврђаву Кастел и њен ужи и шири обухват.

#### *Историјски метод*

Историјски метод ће у комбинацији са методом теоријске анализе бити кориштен за пручавање извора који свједоче о историјским збивањима на истраживаном подручју а подржавају или оспоравају постављене хипотезе.

## **IV ЗАКЉУЧАК**

Користећи истраживачки приступ значајно је унапријеђен начин извођења радова, као и аутентичност материјала и техника које су кориштене. Поред тога, нове информације, које су откривене у току извођења радова, су допринијеле бољем разумјевању функције објеката и одбрамбених бедема који се налазе у склопу тврђаве. Такође смо добили увид у постепени развоја самог утврђења. Током извођења радова откривене су пушкарнице у кулама и бедемима, накнадна ојачања бедема и кула, алтернативни улази у тврђаву, дубина коте дна темељења као и дио лица бедема који је засут насипом. Све ове информације обогаћују наше поимање комплексности система одбране као и његовог постепеног развоја кроз историју.


Недвојбено је да истраживачки приступ било ком проблему може значајно да унаприједи његово решавање. Када су у питању објекти који представљају културна добра такав приступ је још значајнији јер може да баца свјетло на генезу и развоју културних добара, открије њихову слојевитост као и да самом објекту да већи значај. Неопходно је константно истицати значај истраживачког рада у свим фазама реконструкције објеката, посебно објеката који представљају културна добра, и покушати у што већој мјери вратити истраживачки приступ решавању проблема у академску заједницу. Почевши упознавањем са појмом истраживачког рада од свих нивоа образовања па касније кроз праксу и публикације научних радова. Када причамо конкретно о реконструкцији објеката, без квалитетног истраживачког рада може се нанијети озбиљна штета самом објекту уколико се изврше неадекватне интервенције или превиде и оштете, или униште информације које би иначе обогатиле садржај и наша сазнања о предметним објектима. Као закључак овог процеса истраживања и реконструкције тврђаве „Кастел“ постало је јасно да је истраживачки рад у нераскидивој вези са свим фазама реконструкције објеката почев од пројектовања, преко извођења радова до ревитализације и оживљавања реконструисаних дијелова. Они се међусобно прожимају и надопуњују, и само

користећи се свим расположивим методама и укључујући све чиниоце у процес ревитализације може се постићи максималан учинак у презентовању културних добара и очувању културног наслеђа за будуће нараштаје.

Комисија предлаже Научно-наставном вијећу да одобри одбрану мастер рада кандидата **Јовица (Радислав) Благојевић, број индекса 66М/10** под називом: „РЕВИТАЛИЗАЦИЈА ТВРЂАВЕ КАСТЕЛ У БАЊАЛУЦИ - Примјена истраживачког рада у одређивању технике и технологије извођења конзерваторско-рестаураторских радова“.

У Бањој Луци, 12.03.2024. године

Потпис чланова Комисије



---

Проф. др Миленко Станковић, предсједник



---

Проф. др Милијана Окић, ментор и члан



---

Проф. др Мирослав Малиновић, члан

УНИВЕРЗИТЕТ У БАЊОЈ ЛУЦИ

ПОДАЦИ О АУТОРУ ОДБРАЊЕНОГ МАСРЕР РАДА

Име и презиме: Јовица Благојевић

Датум, мјесто и држава рођења аутора: 23.12.1986., Прњавор, СФРЈ

Назив завршеног факултета: Архитектонско-грађевинско-геодетски факултет у Бањој Луци 2010.

Година одбране завршног рада: 2010.

Наслов завршног рада: „Теоријски и практични аспекти рјешавања адаптације приступа за особу умањених тјелесних способности у једнопородичном објекту у улици Војводе Путника 14.“

Академско звање стечено одбраном завршног рада: дипломирани инжењер архитектуре (240 ЕЦТС)

Академско звање стечено одбраном мастер рада: мастер инжењер архитектуре (300 ЕЦТС)

Назив факултета: Архитектонско-грађевинско-геодетски факултет

Наслов мастер рада: РЕВИТАЛИЗАЦИЈА ТВРЂАВЕ КАСТЕЛ У БАЊАЛУЦИ -Примјена истраживачког рада у одређивању технике и технологије извођења конзерваторско-рестаураторских радова

Датум одбране мастер рада: 15.05.2024. године

Научна област (ЦЕРИФ): Архитектура, уређење ентеријера (Т240), Високо градња (Т230), Заштита и рестаурација умјетничких дјела (Н314)

Имена ментора и чланова комисије:

1. Проф. др Миленко Станковић, Универзитет у Бањој Луци, Архитектонско-грађевинско-геодетски факултет, ужа научна област: Архитектонско пројектовање - председник;
2. Проф. Др Милијана Окиљ, Универзитет у Бањој Луци, Архитектонско-грађевинско-геодетски факултет, ужа научна област: Заштита и ревитализација градитељског наслеђа - ментор и члан;
3. Проф. др Мирослав Малиновић, Универзитет у Бањој Луци, Архитектонско-грађевинско-геодетски факултет, ужа научна област: Историја и теорија архитектуре и урбаног развоја - члан.

У Бањалуци, дана 15.05.2024.

Декан

