

Јасна ГРУЈОСКА-КУНЕСКА, Вероника ШЕНДОВА, Билјана ПЕЈОВА

ОЦЕНА НА СОСТОЈБАТА НА ЦРКВАТА СВ. НИКИТА, БАЊАНИ СО ПРИМЕНА НА НЕ-ДЕСТРУКТИВНИ МЕТОДИ

Клучни зборови: материјално културно наследство, конзервација, современ приод, не-деструктивни техники

Keywords: material cultural heritage, conservation, modern approach, non-destructive techniques

Апстракт: Процесот на заштита на еден културно-историски објект пред се зависи од правилната процена на состојбата во која се наоѓа истиот во дадениот момент. Интегрираната дијагностичка студија треба да вклучува проучување на постојната историска документација за објектот, карактеризација на вградените материјали, евалуација на претходните интервенции, проценка на постојните хазарди вклучувајќи го и влијанието на околината. Од особено значење за правилна дијагностика е исто така *in-situ* оцената на состојбата на конструктивните елементи, мапирање на сите видливи оштетувањата и дефинирање на вредностите кои споменикот ги поседува.

Истражувањата со примена на не-деструктивните техники, овозможени со современиот технолошки развој, е важна и актуелна тема во светот во сите области. Со оглед на можноста да се дојде до значајни сознанија за релативно кусо време без при тоа да се наруши постојната состојба и автентичноста на споменикот, примената на не-деструктивните техники во полето на дијагностика на состојбите на културно-историските објекти добива посебна вредност и значење. Во овој труд презентирани се резултатите од достапните техники за не-деструктивно испитување и тоа (1) хемиски анализи на составните материјали, (2) техниката на амбиент вибрации, (3) инфрацрвена термографија, спроведени за црквата Св. Никита во с. Бањани, селектирана како репрезентативна Византиска црква во земјата.

Abstract: The process of protection of a cultural-historical building primarily depends on the correct assessment of its current state. The integrated diagnostic study should include the study of the existing

historical documentation for the facility, characterization of the embedded materials, evaluation of previous interventions, and assessment of existing hazards including environmental impact. Of particular importance for correct diagnostics is also the *in-situ* assessment of the condition of the structural elements, mapping of all visible damages and defining the values that the monument possesses.

Surveys using non-destructive techniques, enabled by modern technological development, is an important and current topic in all areas worldwide. Considering the possibility of obtaining significant insights in a relatively short time without disturbing the existing condition and authenticity of the monument, the application of non-destructive techniques in the field of diagnostics of the conditions of cultural-historical buildings acquires a special value and significance. This paper presents the results of the available techniques for non-destructive testing, namely (1) chemical analyzes of the constituent materials, (2) the ambient vibration technique, (3) infrared thermography, carried out for the church of St. Nikita in the village Banjani, selected as a representative Byzantine church in the country.

ПОСТОЈНА МЕТОДОЛОГИЈА ВО КОНЗЕРВАТОРСКАТА ПРАКСА

Во последните неколку децении, развојот во многу области на науката и филозофијата доведува до промени во перцепцијата на просторот и неговата нематеријална димензија. Оваа филозофија се проширува и во областа на конзерваторската пракса, каде покрај важноста на материјалните елементи се нагласува и важноста од зачувување на семантичките аспекти на споменикот, односно зачувување на културните, економските, историските, естетските и сите останати вредности кои го прават споменикот посебен. Всушност секоја

конзерваторска активност започнува токму поради вредноста која споменикот ја поседува, па во тој контекст сите понатамошни одлуки зависат токму од овие вредности [1]. Комплексноста на активностите ја налага потребата од мултидисциплинарен пристап, како единствен начин да се обезбеди успех, што подразбира заеднички ангажман на архитекти, инженери, конзерватори, историчари на уметност и други професионалци [2].

Секој конзерваторски проект подразбира помали или поголеми промени и како таков претставува значаен момент во животниот век на споменикот. Иако секој историски објект, како засебна уметничка креација на своето време, бара засебен, индивидуален пристап, сепак организациите и институциите како што се ICCROM (International Centre for the Study of the Preservation and Restoration of Cultural Property) и Конзерваторскиот Центар Пол Гети (The Getty Conservation Institute, GCI), кои се најповикани за оваа област, упатуваат на присуство на одредени, повторливи активности, кои можат да се мапираат во секој конзерваторски проект. Овие активности можат да се групираат во шест важни чекори (фази) [3,4]. Процесот на конзервација може да се претстави како кружен циклус, сл.1, каде информациите претставуваат основната база, во која придонесува секој од учесниците во процесот и од каде секој ги црпи потребни информации за да продолжи со своите активности [4].



Сл. 1 Фази во процесот на конзервација, [4]

Процена

Процената, како една од почетните фази на конзерваторскиот процес, е од суштинско значење за понатамошниот тек на активностите, бидејќи овозможува да се добијат потребните информации врз основа на кои ќе се дијагностицираат проблемите и ќе се предложи соодветна методологија за нивно надминување, (сл. 2). Сите

понатамошни одлуки и активности зависат од информациите добиени во оваа фаза [4].



Сл. 2 Фаза Процена - активности - краен резултат

Процена на значењето: Семантичките вредности, иако од нематеријална природа, сепак претставуваат најфундаментални аспекти кои ја одразуваат различноста и креативноста на нациите и ја дефинираат важноста на еден историски објект. Зависно од периодот на изградба и намената, историските објекти можат да поседуваат различни вредности: историски, културни, естетски, економски, духовни, функционални и многу други. Разбирањето и идентификацијата на постоечките вредности на споменикот е особено значајно за спомениците кои имаат многу вредности, каде дефинирањето на приоритети е неопходно [1,5].

Според Feilden, конзервацијата треба да ги зачува, и доколку постои можност, да ги истакне вредностите на историските објекти. Врз основа на вредностите се дефинира што е значајно да се зачува. Тој ги класифицира вредностите во три основни групи, табела 1 [5].

Табела 1, Класификација на семантичките вредности, Feilden, [5]

Културни вредности	Емоционални вредности	Употребни вредности
историски	симболични	економски
естетски и архитектонски	духовни	функционални
археолошки	почит	социјални
документарни	идентитет	едукативни
научни	континуитет	политички
контекстуални	восхит	
еколошки		

Друго аналитичко истражување, кое се базира на квантитативни и квалитативни анализи на повеќе од 100 стручни трудови, идентификува околу 40 семантички вредности кои може да ги поседуваат историските објекти. Притоа, истражувачите се согласни дека значењето на културната вредност, преку која се промовираат традицијата, верувањата, вредностите, односно идентитетот на заедницата, има најголем приоритет во процесот на конзервација [1]. Следна е економската вредност, која се поврзува со развојот на туризмот што директно влијае на вработувањето и приходите. Но оваа вредност не мора да се ограничува само на финансиот аспект, туку може да се третира и како вредност која произлегува од конзерваторска активност или од самото културно наследство [1,2]. Потоа следат идентитетот, преку кој се изразуваат колективните искуства и спомени [6] и историската вредност, која се создава со текот на

времето [7]. Одредени вредности како образовна, стекната, емоционална, локална итн. имаат мала веројатност да бидат зачувани, што пред се се должи на нивната недоволна истраженост [1].

Процена на физичката состојба на споменикот: Значајни информации за објектот може да се добијат со аналитички истражувања на постоечката документација за споменикот. Разгледувањето на основи, скици, фотографии, модели и сл. овозможува да се разберат системите на изградба, пропорциите на објектот, промените низ историјата и сл. Истражувањето на стручни списанија или весници може да даде податоци за поновите интервенции и промени. Информациите добиени од усмени извори од локалното население можат значително да го намалат времето на истражување [5,8]. Сепак, најрелевантни податоци за моменталната состојба на споменикот можат да се добијат со негова непосредна анализа.

Почетните проверки (визуелни инспекции) се првиот чекор во кој архитектот поблиску се запознава со историскиот објект. Инспекциите треба да обезбедат детални и точни информации бидејќи тие се основа за сите понатамошни одлуки. За да може успешно да се спроведе овој чекор, неопходно е инволвираните личности да го разберат тоа што го гледаат, односно да имаат способност да ги интерпретираат различните промени кои ги забележуваат на објектот, што подразбира вклучување на сите сетила. Пожелно е визуелната анализа да се спроведе според одредена методологија, вертикално од горе кон долу или хоризонтално во насока на стрелките на часовникот. Ваквиот систематски пристап ќе овозможи евентуалните пропусти да бидат сведени на минимум [5]. Инспекциите треба да ги опфатат следните аспекти:

Процена на физичката состојба (екстериер и ентериер):

Процена на состојбата на ѕидовите, која првично се состои од детектирање на присутни оштетувања. Сите пукнатини во ѕидот треба да се забележат а подоцна и детално да се документираат, притоа назначувајќи ја нивната насока на пропагирање. Дополнително, пукнатините треба да се истражат и од аспект на нивно настанување - да се направи разлика помеѓу постарите и ново настанатите пукнатини. Ваквите прикази може да бидат поткрепени и со фотографии. Времето на настанување на пукнатините може да се одреди само приближно преку детално набљудување и следење. Кај старите пукнатини се забележува присуство на голема количина прашина и нечистотии, додека поновите пукнатини се карактеризираат со остри агли и со чиста внатрешност. До-

колку некои пукнатини изгледаат ризични за состојбата на објектот, тогаш нивната состојба треба да се прати преку редовни снимања на годишно ниво. Површината на ѕидот треба да се анализира и од аспект на бочни поместувања и присуство на испакнувања, особено во делот околу пукнатините. Дополнително по деструктивен пат може да се извлечат примероци од материјалот на ѕидот за подетално да се испитаат составните материјали и да се испитаат нивните физичко-механички карактеристики [5].

Процена на состојбата на кровот, од аспект на присутни пукнатини во дрвените греди, нагризувања од инсекти, квалитет на врски меѓу конструктивните елементи, внатрешна состојба на дрвените греди (која се проценува со благ удар на елементот), состојба на површината на кровот и слемето (знаци за отклонување на некоја рамнина), оштетувања на кровниот покривач (оштетени керамиди, плочи), проверка на падот на олуците и кровот.

Проверка на прозорци и врати, од аспект на проценка на состојбата на столаријата, способноста за заштита од провев, врнежи и отпорност на климатски услови. Дополнително се истражува присуство на кондензација на стаклото или присуство на мувла околу прозорските окна, што укажува на неповолни внатрешни услови.

Проверка на внатрешната обработка, се однесува на мапирање на присутни пукнатини и отпаднат малтер, како и анализа на причинителите за ваквите појави.

Проверка на дрвениот мебел, која е директен показател на внатрешните услови. Доколку релативната влажност во просторијата е висока може да се забележи надуеност на дрвената облога, а доколку е премногу ниска тогаш се забележува собирање на материјалот [5].

Процена на состојбата на ѕидното сликарство:

Процената на состојбата на ѕидните и плафонски фрески, се спроведува пред се од аспект на присуство на влага од кондензација или капиларна влага. Оштетувањата можат да се категоризираат во неколку групи: физички оштетувања (отпаднати делови од живопис, пукнатини, ронливост на малтерот), хемиски оштетувања (појава на влага, соли, нечистотии), биолошки оштетувања (присуство на микроорганизми, инсекти, растенија), човечки фактори (вандализам, оштетувања од инсталации, ненамерни човечки активности).

Процена на состојбата на вградените материјали:

Визуелните проверки овозможуваат да се проценени физичката состојба на површинските материјали од аспект на видливи оштетувања и степен

на деградација. Хемиските анализи на примероци овозможуваат да се процени квалитетот и составот на материјалите.

Процена на состојбата на конструкцијата:

Конструктивните анализи пред се подразбираат идентификација на конструктивниот систем, распоредот во просторот и поврзаноста на конструктивните елементите, како и нивната состојба. Во случај објектот да се наоѓа во сеизмички активен регион, особено е важно да се оцени состојбата на елементите преку кои се пренесуваат хоризонталните инерцијални влијанија иницирани од земјотресите, со оглед на тоа што вообичаено овие објекти изворно не се проектирани како сеизмички отпорни. Соодветната анализа на конструкцијата за дефинирано ниво на сеизмичка заштита ќе укаже на потребата од конструктивно зајакнување, кое секако треба да е во согласност со архитектонско-конзерваторските барања [5].

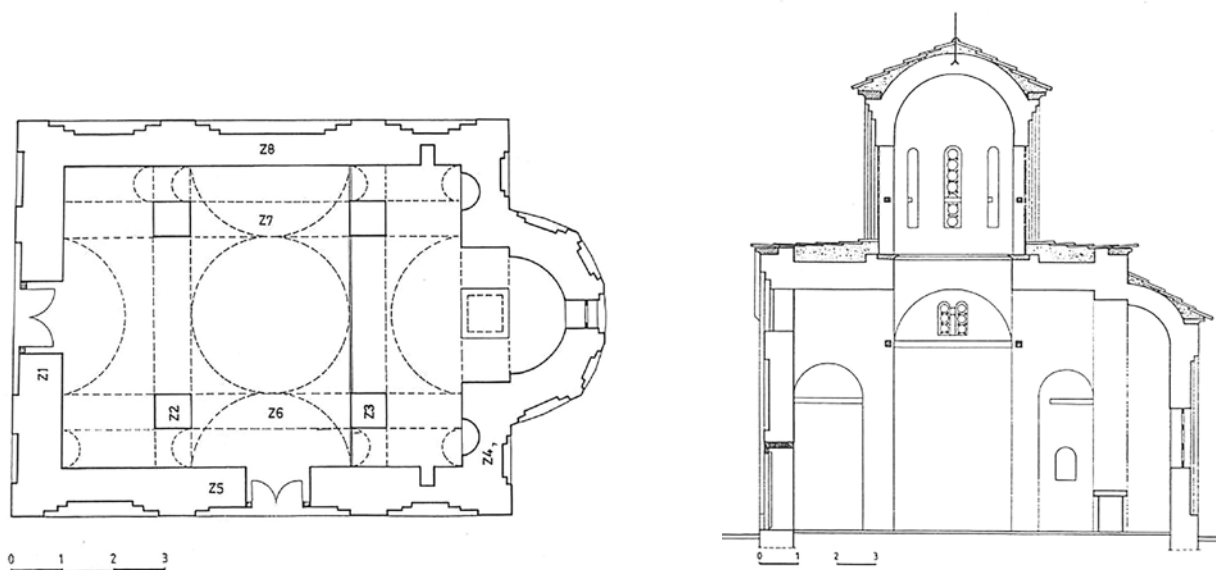
Сите собрани информации и анализи треба да дадат јасна слика за моменталната состојба на објектот. Ваквите информации можат да се претстават преку скици, цртежи во размер (1:100 или 1:50), детали (1:10 или 1:5) и сл. Фотографиите овозможуваат дополнителни информации кои не можат да се прикажат со останатите прилози, како орнаментални детали, неправилности на објектот, оштетувања и сл. [4,5]. Одредени видливи оштетувања, како пукнатини и деформации исто така се означуваат на постоечките цртежи. Крајниот резултат на оваа фаза е најчесто претставен во форма на извештај и дава јасна слика за затекнатата (моментална) состојба на споменикот и неговото значење, како и препораки за поната-

мошни активности и следни чекори на конзерваторскиот процес [4,5].

За разлика од минатото, современиот технолошки развој во областа на не-деструктивните техники денес овозможува да се дојде до значајни сознанија за релативно кусо време без при тоа да се наруши постојната состојба и автентичноста на споменикот. Примената на недеструктивните техники во полето на дијагностиката на состојбите на објектите од културно-историското наследство добива посебна вредност и значење при карактеризација на вградените материјали, детекција на оштетувањата, проценка на ефективност на интервенциите како и при изнаоѓање на компатибилни материјали за нивна санација.

СОЗНАНИЈА ОД УВИД И ПОСТОЈНА ДОКУМЕНТАЦИЈА ЗА ЦРКВА СВ. НИКИТА, БАЊАНИ

Црквата Св. Никита се наоѓа на падините на Скопска Црна Гора, во состав на Манастирски комплекс лоциран на околу 580м надморска височина, помеѓу селата Бањани, Горњани и Чучер Сандево, (сл. 3). Самата локација, изолирана од градска средина, овозможува заштита на објектот во поглед на загадување, урбанизација, вибрации од сообраќај, итн. Иако не постои информација за точниот датум на изградба, од пишани извори се дознава дека основач на црквата е кралот Милутин (владетел од 1282 до 1321 година), при што се смета дека црквата датира од XIV век. Црквата е изградена врз основата на постара срушена градба од византиски период (V, VI век), чии остатоци се евидентни во долните зони на објектот [9].



Сл. 3 Црква Св. Никита: основа и пресек



Сл. 3 Црква Св. Никита: изгледи

Покрај општите податоци, изворни податоци за споменикот можат да се најдат во Националниот конзерваторски Центар и во Конзерваторскиот Центар во Скопје во форма на текстуална документација, (решенија, текстови со историски податоци, записници, писма, елаборати), техничка документација, (конзерваторски проекти, копии

од катастарски план, поседовен лист), како и фотодокументација, (инвентарни картони, фотографии). Врз основа на прегледот на оваа достапна документација, како и од визуелниот преглед на споменикот направен во неколку наврати во текот на 2022 година, во табела 2 даден е преглед на позначајните карактеристики на споменикот.

Табела 2. Приказ на најзначајните карактеристики на црквата Св. Никита [9,10]

Општи податоци	
Назив	Црква Св. Никита
Период на изградба	1307 година, XIV век- изградена врз основата на постара срушена градба од византиски период
Ктитор	Цар Милутин
Локациски услови	
Адреса	с. Бањани, Скопска Црна Гора
Географски координати	42.10769806103104, 21.379965496498357
Надморска висина	580м
Опкружување	Манастирскиот комплекс во кој е сместена црквата се наоѓа на падините на Скопска Црна Гора, ограден од сите четири страни со камени ѕидови. Комплексот е сместен помеѓу селата Бањани, Горњани и Чучер-Сандево и во негова непосредна близина нема други објекти.
Пристапност	Пристапот е обезбеден од локален, асфалтен пат
Зона на сеизмичност	Степен IX (зона со висока сеизмичност)
Архитектонско-конструктивни карактеристики	
Тип, форма, димензии	Еднокуполна градба со развиен впишан крст во правоаголна основа и петострана апсида на исток.
Материјали	Во изградба на објектот се користени традиционални материјали: различни видови камен, тули и варов малтер. Сидовите се изведени во карактеристичен Византиски стил-сид со две лица меѓу кои се наоѓа полнетица од варов малтер и парчиња камен и тула. Фугите од варов малтер се со доста голема дебелина, приближно колку дебелината на тулите. Столбовите се изведени од делкан камен и тула во варов малтер. Лаците, сводовите, тамбурот и куполата се исклучиво од добро печена тула во варов малтер.
Функционални целини	Во објектот постои јасна поделба на два дела: централен дел-наос и олтарна апсида, издвоена со иконостас. На источниот ѕид се наоѓаат две полукружни ниши за протезисот и ѓакониконот.

Конструктивен систем	Конструктивниот систем на објектот се состои од масивни периметрални сидови со дебелина од околу 85см и четири столбови во внатрешноста на кои се ослонуваат кровните елементи: сводови и купола.
Традиционални елементи за дополнителна сеизмичка стабилност	По должина на периметралните сидови, на најмалку две висини, поставени се карактеристичните дрвени појаси-кушаџи, составени од две дрвени подолжни греди со претпоставени димензии од 10/10 или 12/12см, попречно споени со мали гредички на растојание 60-70см. Во горните зони на ентериерот се поставени видливи дрвени затеги.
Внатрешна обработка	Сидните и кровните површини во ентериерот се рамни и насликани со фреско живопис зачуван во поголем обем.
Фасадна обработка	Долната зона е изведена од грубо обработен камен и малтер (остаток од постара византиска градба); Најголем дел од фасадите се изведени од хоризонтални редови камен и тули во варов малтер-техника “cloisonné” со одредени модификации; Горниот појас е изведен исклучиво од камен и варов малтер.
Осветлување	Осветлувањето на објектот се постигнува со прозорци изведени на источната, северната и јужната страна. Во централниот дел на северната и јужна фасада, во зоната на фронтоните, централно е поставена по една бифора, а останатите прозорци на фасадите се изведени како монофори. Црквата има два влеза, на јужна и западна страна. Денес, влезот на западната страна не е во употреба.
Кровна конструкција	Наосот е покриен со купола која преку осумаголен тамбур и пандантифи се потпира на четири столбови. Останатите простори над краците на крстот, во аглите и помеѓу сидовите и столбовите се засводени со полукружни арки, сводови и полукалотата над апсидата.
Покривање	Објектот е покриен со оловни плочи со дебелина 3-4мм
Уметнички вредности	
Фрескоживопис	Оригиналните фрески во црквата датираат од XIV век и се дело на познатите зографи Михаил и Ефтихиј. Прикажани се сцени од стариот завет и поствоскресните јавувања на Христос. Тие се карактеризираат со наративност, детална обработка, изразена динамичност, колорит и елегантна атмосфера. Поради оштетувања на горните партии, дел од живописот е обновен во XV век. Во овој период се пресликани некои сцени од горните зони на објектот и горните делови на олтарниот простор. Фреските во куполата датираат од XIX век. Во црквата има и фрагментарно сочуван, постар живопис од старата првобитна црква на чии темели е подигната денешната. Овој живопис е сочуван во делови од столбовите и во олтарната апсида.
Интервенции/ Состојба	
Претходни интервенции	1967 год. Конзерваторски активности на живописот во црквата; 1968 год. Конзерваторски активности на архитектурата; 1978-80 год. Поопсежни интервенции на кровните партии: реставрација на кровот и замена на покривните керамици со оловен покрив;
Автентичност	Ниска ○ ○ ○ ● ○ Висока
Тековна состојба	Лоша ○ ○ ○ ○ ● Добра



Сл. 4 Фрескоживопис во горните парти на црквата

Примерок	Главна компонента	Примеси
Фреско малтер	CaCO ₃ (калцит)	Ca(OH) ₂ (портлантид) CaSO ₄ ·2H ₂ O (гипс) SiO ₂ (кварц) (во траги)
Малтер – северна фасада	CaCO ₃ (калцит)	SiO ₂ (кварц) CaSO ₄ ·2H ₂ O (гипс)
Малтер- јужна фасада	CaCO ₃ (калцит)	SiO ₂ (кварц) Ca(OH) ₂ (портлантид) CaSO ₄ ·2H ₂ O (гипс)
Малтер- источна фасада	CaCO ₃ (калцит)	Ca(OH) ₂ (портлантид)
Малтер-западна фасада	CaCO ₃ (калцит)	SiO ₂ (кварц) во траги Ca(OH) ₂ (портлантид)
Тула – северна фасада	SiO ₂ (кварц)	CaCO ₃ (калцит)
Тула- јужна фасада	SiO ₂ (кварц)	CaCO ₃ (калцит)
Тула- источна фасада	SiO ₂ (кварц)	CaCO ₃ (калцит)
Тула-западна фасада	SiO ₂ (кварц)	/
Камен- северна фасада	CaCO ₃ (калцит)	SiO ₂ (кварц) во траги CaSO ₄ · 2H ₂ O (гипс)
Камен-јужна фасада	CaCO ₃ (калцит)	CaSO ₄ · 2H ₂ O (гипс)

Табела 3 Идентификација на примероците со примена на методот на XRD

СОВРЕМЕН ПРИСТАП ВО ДИЈАГНОСТИКА НА СОСТОЈБАТА НА ЦРКВАТА СВ. НИКИТА

Современиот технолошки развој во областа на недеструктивните техники ја зголемува нивната вредност и во полето на заштита на културното наследство, како незаменлива алатка за карактеризација на материјалите, детекција на оштетувањата, проценка на ефективност на интервенциите и евалуација на компатибилни материјали. Со цел да се оцени денешната состојбата на конструкцијата на црквата Св. Никита, како и да се утврди дали се настанати промени во однос на состојбата од пред 30-тина години кога се вршени слични истражувања во рамки на научно-истражувачки проект за Византиските цркви во Македонија [10], применет е современ пристап со користење на достапните недеструктивни техники.

Хемиски анализи на составните материјали

Современите хемиски анализи вклучуваат соодветни техники кои овозможуваат да се дојде до многу значајни информации за вградените материјали, нивниот состав, состојба и квалитет. Дополнително, ваквите анализи се недеструктивни (потребни се неколку грами од примероците) и овозможуваат да се предложат мерки за конзервација и конструктивно зајакнување користејќи материјали компатабилни со постоечките [11].

Со цел да се добијат детални податоци за составот и состојбата на материјалите во текот на 2021 година земени се примероци од сите составни материјали на црквата Св. Никита, (сл. 5), односно:

- 4 примероци од малтер (од сите четири фасади на објектот);
- 4 примероци на тула (од сите четири фасади на објектот);
- 1 примерок на фрескомалтер (јужна фасада);
- 2 примероци од камен (јужна и северна фасада);



Сл. 5 Примероци (малтер, камен и тула) извлечени од црквата

При анализа на примероците користени се неколку инструментални техники: рендгенска дифракција (XRD) и инфрацрвена спектроскопија (за структурна анализа на примероците и проценка на составот на примероците), како и термогравиметриска анализа (за определување на присуство на влага во примероците). (Табела 3)

Метода на Амбиент вибрации

Целокупното однесување на конструкцијата е директно поврзано со динамичките карактеристики. Недеструктивните техники, како техниката на амбиент вибрации, се незаменлива и прецизна алатка за динамичка идентификација на конструк-

цијата на објектот во целина. Притоа динамичките карактеристики како фреквенции и тонови форми можат да се добијат со помош на амбиент вибрации, како што е дејството од ветер [12].

За црквата Св. Никита во текот на Октомври 2021 година извршено е детално испитување на основните динамички карактеристики во двата ортогонални правци со примена на техниката на амбиент вибрации. За регистрирање на вибрациите употребени се сензитивни акцелерометри PCB Piezotronics модел 393B12, произведени од National Instruments со сензитивност 10,000 mV, со опсег до 4.9 m/sec² или 0.5g. Мерењата се извршени со фреквенција на семплирање од 2048 Hz. Употребени се вкупно 8 акцелерометри со различен распоред на мерни локации и мерни правци. Аквизицијата на податоци е остварена со помош на систем за аквизиција - модул NI cDAQ-9178 и 3 картици NI 9234. Мерките на регистрираните забрзувања се изразени во единица „земјино забрзување - g“ (9.81 m/sec²).

Заради ефикасен процес на идентификување на динамичките параметри на глобалниот кон-

структивен систем и на локалните конструктивни единици на објектот извршени се шест последователни мерења со дефиниран распоред на мерни точки. Секоја мерна точка е инструментирани во двата ортогонални правци - ортогонално и паралелно на ѕидовите на објектот (сл. 6).

Мерната точка на југоисточниот агол на објектот на кота +5.40 е одбрана за референтна мерна точка и претставува една од мерните места во сите шест конфигурации на распоред на сензори. Покрај референтната мерна локација, шесте конфигурации ги содржат следните распореди на мерни локации и правци, (сл. 7):

Конфигурација I – сите четири агли во два ортогонални правци на кота +5.40 ;

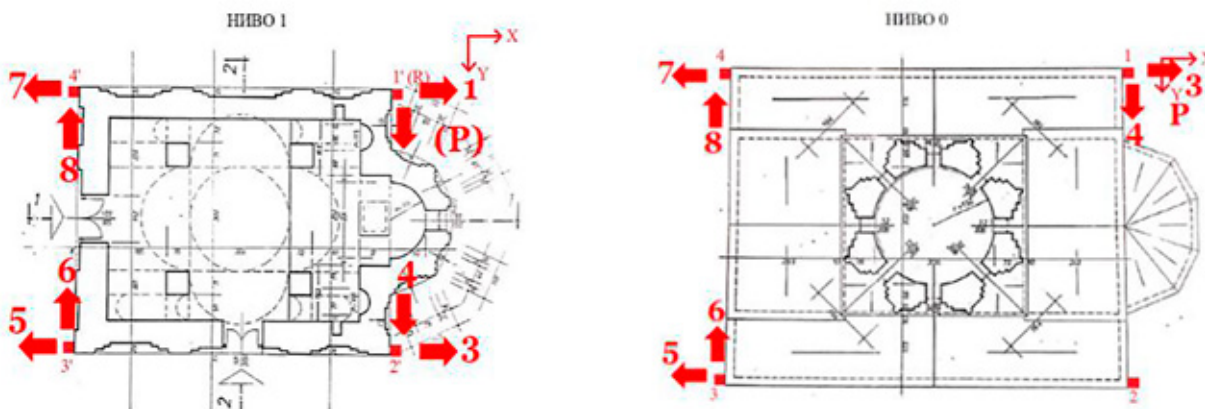
Конфигурација II – североисточниот, југозападниот и северозпадниот агол на кота +0.00;

Конфигурација III – југоисточниот, југозападниот и северозпадниот агол на кота +0.00.

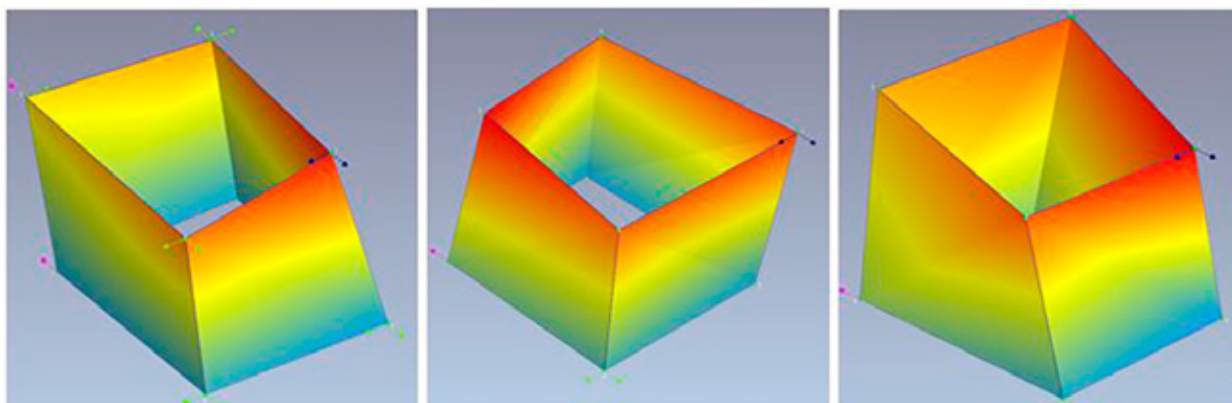
Извршени се регистрации на амбиент вибрации со времетраење од 3 минути за секоја од шесте конфигурации поодделно.



Сл. 6 Позиционирање на акцелерометри на црквата



Сл. 7 Мерни точки и правци, (лево-Конфигурација I, десно Конфигурација 3)



Сл. 8 Сопствени фреквенции и тонови форми
(лево $f^{E-W}=4.75$ Hz, средина $f^{N-S}=5.98$ Hz, десно $f^{or}=8.05$ Hz)

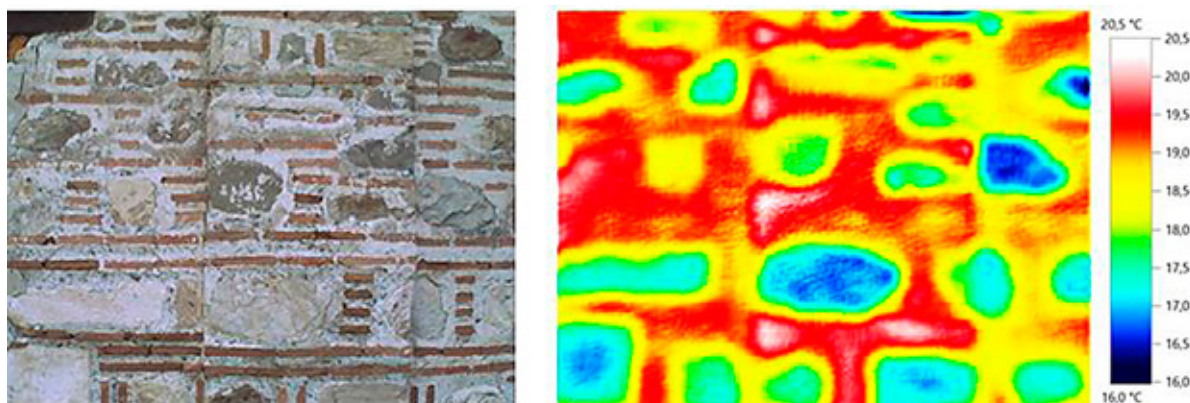
За анализа на записите од амбиент вибрации употребен е софтверски пакет за оперативна модална анализа: ARTeMIS Modal 7.0 - комерцијален софтверски пакет. Модалните параметри (сопствени фреквенции и тонови форми во правци) се одредени со примена на FDD (Frequency Domain Decomposition) идентификациона техника во фреквентен домен на регистрираните записи.

Од анализата на формите на резонантно вибрирање може да се констатира дека објектот во сегашната состојба вибрира како една глобална целина, што укажува на ненарушено функционирање на дрвените појаси и на синхронно однесување на поодделните сидови. Поместувањата и во подолжен и во попречен правец се генерално транслаторни со незначително присуство на ротација во одделни делови, кои се поизразени во подолжниот правец. Ваквите форми се очекувани со оглед на нецелосната симетричност во основата поради присуство на полукружната апсида. Оттука може да се заклучи дека конструкцијата на црквата во сегашната состојба поседува конструктивен интегритет, а одделните сидови допринесуваат соодветно во вкупната крутост и компактноста на ниво на кровната рамнина.

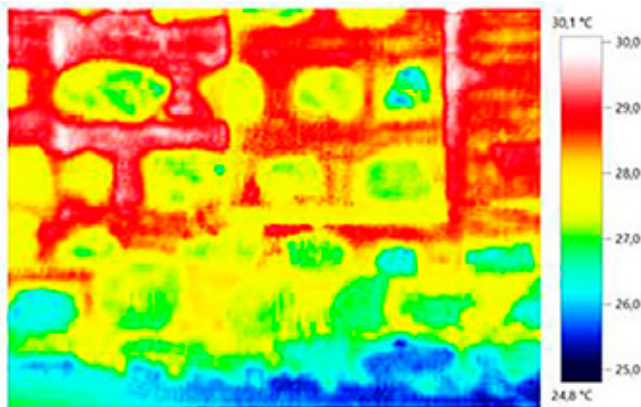
Инфрацрвена термографија

Инфрацрвената термографија е докажана не-деструктивна, безконтактна техника со широк спектар на апликации во областа на материјалното културно наследство. Оваа техника овозможува детекција и евалуација на податоци поврзани со состојбата на историските објекти. Термалната камера го детектира и снима инфрацрвеното зрачење што го емитуваат материјалите и создава термална слика (термограм) што ја прикажува температурната распределба на површините, која може да се корелира со одредени варијации во својствата на материјалите, морфологијата и микроструктурата [13].

Во студијата на црквата Св. Никита примената на инфрацрвената термографија овозможи да се соберат информации за состојбата на споменикот, односно да се идентификуваат различните конструктивни материјали, да се мапираат зоните со влага, да се идентификува евентуалното присуство на подповршински аномалии и да се истражат фреските во ентериерот на црквата. При испитувањето е користен пасивниот пристап на инфрацрвена термографија, а материјалите се



Сл. 9 Сегмент од сидаријата на црквата Св. Никита (лево), термална слика (десно)



Сл. 10 Сегмент од северна фасада на црквата Св. Никита (лево), термална слика (десно)

испитувани од квалитативен аспект. Притоа користена е инфрацрвена камера тип Testo 875-1i, со точност од $\pm 2^\circ\text{C}$, а за обработка на податоците е користен софтвер IR Soft V3.4.

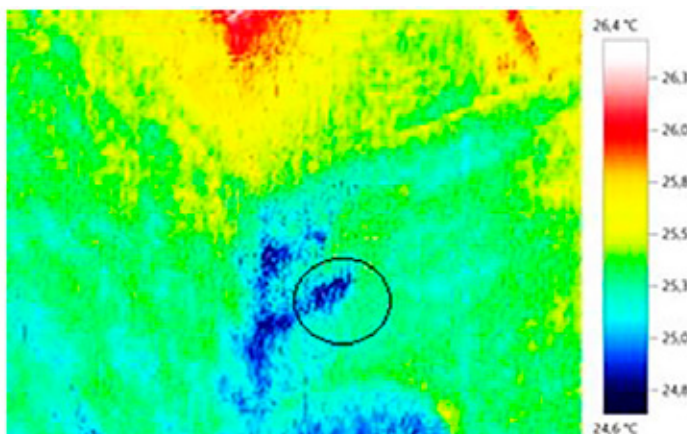
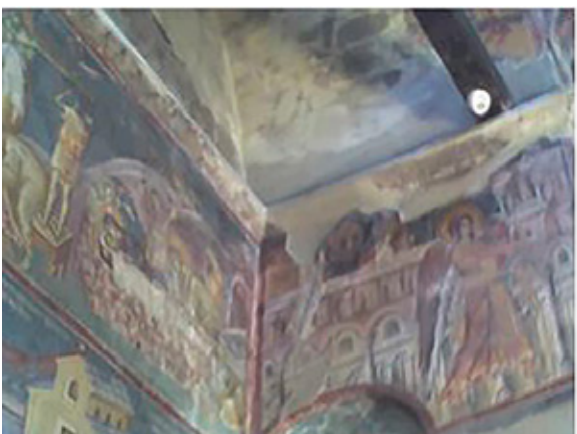
Техниката со инфрацрвена термографија е применета во идентификација на различните конструктивни материјали и оцена на состојбата на очуваност на материјалите, сл. 9. Термалната слика прикажува температурни варијации кои се должат на различните својства на материјалите. Дополнително, може да се забележи дека материјалите кои покажуваат одредени форми на површинска деградација се со пониска температура од оние кои се наоѓаат во подобра физичка состојба.

Честопати визуелните оштетувања предизвикани од влага не кореспондираат со реалната дистрибуција на влага во внатрешноста на материјалите, поради што се неопходни дополнителни истражувања. Техниката со инфрацрвена термографија овозможи да се мапираат зоните со влага во објектот, при што се заклучи дека во долната зона по целата должина на северната фасада има присуство на капиларна влага, сл. 10. Термалната слика прикажува температурни варијации, при

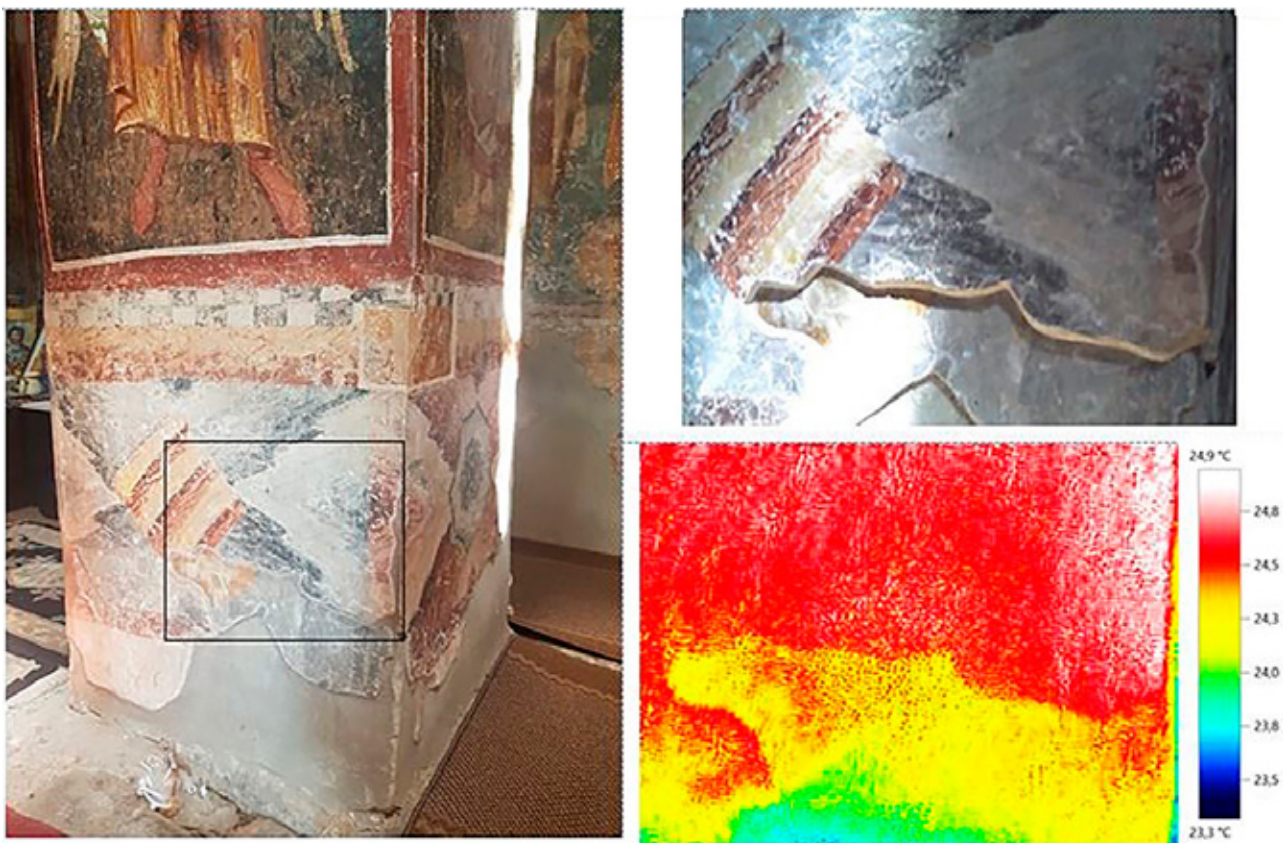
што влажните површини (означени со сина боја), поради површинското испарување, покажуваат пониска температура од останатите површини.

Присуството на воздух во порите или пукнатините предизвикува недостаток на топлинска спроводливост, односно создава температурни аномалии кои можат да се детектираат со термалната камера. Визуелните инспекции на црквата посочија дека фасадите од објектот се во добра состојба. Примената на термалната камера ги потврди резултатите, односно термалните слики не посочија на постоење на подповршински неправилности (пукнатини или раслојувања во близина на испитуваните површини), што е дополнителен показател дека состојбата на објектот и неговите материјали е добра.

Во ентериерот на црквата се забележливи одредени стари пукнатини во фреско малтерот, генерално во горните зони на објектот. На слика 11 е прикажана пукнатина во фреско малтерот на пресекот помеѓу источниот и северниот ѕид. Термалната слика посочува на присуство на одредени ладни зони (означени со сина боја) кои ја означуваат пукнатината, но посочува и на сериозноста на дополнителни неправилности во близина на



Сл. 11 Пукнатина во фреско малтерот (лево), термална слика (десно)



Сл. 12 Фреско живопис од внатрешен столб на црквата и соодветна термална слика

самата пукнатина, кои речиси не се забележливи со голо око, и за кои е потребно дополнително истражување.

Во ентериерот на црквата, покрај оригиналните фрески кои датираат од времето на изградба, односно од XIV век, постојат и фрески од подоцнежен период, од XV и XIX век. Во црквата има и фрагментарно сочувван постар живопис од старата првобитна црква на чии темели е подигната денешната, во делови од столбовите и во олтарната апсида. Термалната слика од фрескоживописот на внатрешниот столб приажува температурни разлики помеѓу слоевите кои можат да се корелираат со различните емисивни вредности и физичко-хемиски карактеристики, што може да укажува на различен временски период на изведба на истите, сл. 12.

ЗАКЛУЧНИ НАПОМЕНИ

Заштитата на културното наследство претставува мултидисциплинарен пристап, кој ги комбинира традицијата и современите техники и вклучува професионалци од различни области. Не постои одредена формула според која може да се одвиваат сите процеси на заштита на спомениците, сето тоа зависи од индивидуалните барања и потреби, но секогаш треба да постои еден јасен

концепт проследен со вештина и знаење, без кој целта нема да биде успешна.

Во последните неколку децении се предлагаат систематски методологии, организирани во неколку фази, кои ќе овозможат долготрајност на конструкциите на историските објекти без да се компромитираат нивните вредности. Во ваквата методологија, првите чекори, кои се однесуваат на процената на состојбата на објектот, се од суштинско значење за сите понатамошни одлуки и активности на конзерваторскиот процес. Не-деструктивните техники како хемиските анализи, методата на амбиент вибрации и инфрацрвената термографија се незаменлива алатка во современата дијагностика на состојбата на историските објекти, нивната конструкција и материјали.

Со цел оценка на постојната состојба како неопходен услов за заштита согласно современите протоколи и пракса за заштита на културно наследство во светски рамки, за црквата Св. Никита во с. Бањани, селектирана како репрезентативна, спроведени се достапните техники за не-деструктивно испитување и тоа (1) хемиски анализи на составните материјали, (2) техниката на амбиент вибрации, (3) инфрацрвена термографија. Споредбената анализа на добиените резултати со испитувањата направени во 1990-тите години укажува на непроменета состојба на конструк-

цијата, без дополнителни оштетувања или деградација на материјалите во изминатиов период од 30-тина години.

Референци:

[1] Taher Tolou Del MS, Saleh Sedghpour B, Kamali Tabrizi S. The semantic conservation of architectural heritage: the missing values. *Herit Sci* 2020;8:70. <https://doi.org/10.1186/s40494-020-00416-w>.

[2] Feilden BM, Jokilehto J. *Management guidelines for World Cultural Heritage sites*. 2nd editio. Rome: OGRARO; 1998.

[3] Hirszenberger H, Ranogajec J, Vucetic S, Lalic B, Gracanin D. Collaborative projects in cultural heritage conservation – management challenges and risks. *J Cult Herit* 2019;37:215–24. <https://doi.org/10.1016/j.culher.2018.10.006>.

[4] Letellier R. *Recording, Documentation, and Information Management for the Conservation of Heritage Places: Guiding Principles*. Los Angeles: Getty Conservation Institute; 2007.

[5] Feilden B. *Conservation of Historic Buildings*. 3rd Editio. Oxford; Burlington, MA: Architectural Press; 2003.

[6] Muthuma L. The conservation of public monuments as a tool for building collective identity in Nairobi. *Conserv. Nat. Cult. Herit. Kenya A Cross-Disciplinary Approach*, UCL Press; 2016, p. 59–74.

[7] Cinà G, Kamjou E, Tavangar MR. *Learning from Urban Heritage Conservation in Yazd:*

Achievements and Warnings. *Hist Environ Policy Pract* 2018;9:53–77. <https://doi.org/10.1080/17567505.2018.1424617>.

[8] Kerr JS. *Conservation plan: A Guide to the preparation of conservation plans for places of European cultural significance*. 7th Editio. Australia ICOMOS; 2013.

[9] Gavrilović P, Ginell SW, Shendova V, Šumanov L. *Conservation and Seismic Strengthening of Byzantine Churches in Macedonia*. Los Angeles: Getty Publications; 2004.

[10] Шендова В. Докторска дисертација: Сеизмичко зајакнување и санација на Византиски цркви. Институт за земјотресно инженерство и инженерска сеизмологија, ИЗИИС, Универзитет Св. Кирил и Методиј, Скопје, 1997.

[11] Jonaitis B, Antonovič V, Šneideris A, Boris R, Zavalis R. Analysis of Physical and Mechanical Properties of the Mortar in the Historic Retaining Wall of the Gediminas Castle Hill (Vilnius, Lithuania). *Materials (Basel)* 2018;12:8. <https://doi.org/10.3390/ma12010008>.

[12] Compan V, Pachón P, Cámara M. Ambient vibration testing and dynamic identification of a historical building. Basilica of the Fourteen Holy Helpers (Germany). *Procedia Eng* 2017;199:3392–7. <https://doi.org/10.1016/j.proeng.2017.09.572>.

[13] Moropoulou A, Labropoulos KC, Delegou ET, Karoglou M, Bakolas A. Non-destructive techniques as a tool for the protection of built cultural heritage. *Constr Build Mater* 2013;48:1222–39. <https://doi.org/10.1016/j.conbuildmat.2013.03.044>.

Jasna GRUJOSKA-KUNESKA, Veronika ŠENDOVA, Biljana PEJOVA

ASSESSMENT OF THE STATE OF ST. NIKITA CHURCH, BANJANI USING NON-DESTRUCTIVE TECHNIQUES

Summary

Keywords: *material cultural heritage, conservation, modern approach, non-destructive techniques*

The process of protection of a cultural-historical building primarily depends on the correct assessment of its current state. The integrated diagnostic study should include the study of the existing historical documentation for the facility, characterization of the embedded materials, evaluation of previous interventions, and assessment of existing hazards including environmental impact. Of particular importance for correct diagnostics is also the in-situ assessment of the condition of the structural elements, mapping of all visible damages and defining the values that the monument possesses.

Surveys using non-destructive techniques, enabled by modern technological development, is an

important and current topic in all areas worldwide. Considering the possibility of obtaining significant insights in a relatively short time without disturbing the existing condition and authenticity of the monument, the application of non-destructive techniques in the field of diagnostics of the conditions of cultural-historical buildings acquires a special value and significance. This paper presents the results of the available techniques for non-destructive testing, namely (1) chemical analyzes of the constituent materials, (2) the ambient vibration technique, (3) infrared thermography, carried out for the church of St. Nikita in the village Banjani, selected as a representative Byzantine church in the country.

