

МАТАМАТИЧКОГЕОГРАФСКА АНАЛИЗА ОРИЈЕНТАЦИЈЕ ЦРКВЕ СВ. КРИЖА У НИНУ

Милутин Тадић^{1*},

Универзитет у Београду – Географски факултет

Апстракт. У раду су извршене математичкогеографска и топографска анализа оријентације средњовековне цркве св. Крижа (XI в.) у Нину (Хрватска). Повод за анализу јесте уврежено мишљење, засновано на тврдњама изнесеним још крајем 70-их година прошлог века да оријентација ове цркве има соларни смисао, или тачније, да су очите неправилности у градњи резултат намере протомајстора да грађевина истовремено буде богомоља, календар и сунчани часовник. Резултати анализе, међутим, не доказују ту примамљиву причу: оријентација цркве св. Крижа диктирана је оријентацијом старијих грађевина међу које је уклопљена, док је искривљеност тлоцрта последица неукости средњовековног мајстора (а не његове намере да тлоцрт прилагођава геометрији сунца). Иако се ради о заблуди, теорија о соларном смислу оријентације цркве св. Крижа није без значаја: њоме је први пут на простору бивше Југославије скренута пажња на потребу проучавања смисла оријентације средњовековних цркава.

Кључне речи. *црква св. Крижа, математичка географија, оријентација, средњи век*

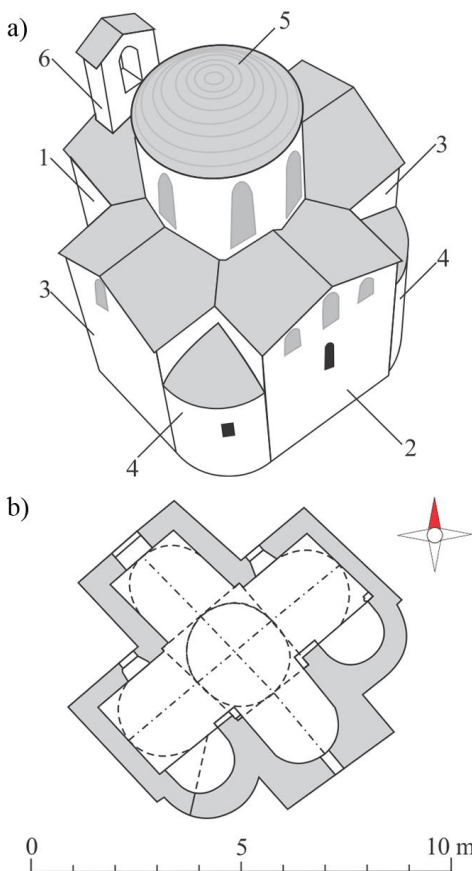
Увод: црква св. Крижа у Нину

У далматинском острвском градићу Нину (Хрватска), некадашњем седишту хрватских кнезова, налази се средњовековна предроманичка црквица св. Крижа, коју фигуративно називају „најмањом катедралом на свету” (ск. 1). Мада се у новијим хрватским изворима наводи IX век, вероватно је саграђена у XI веку (Vežić, 2013). Св. Криж припада централном типу цркве са основом у облику уписаног грчког крста, средишњом куполом на високом круголиком тамбуру, и звоником у облику преслице који је накнадно дограђен; централна апсида уоквирена је правоугаоним зидовима, а са њом спојене апсиде бочних кракова наткривене су полукалотастим сводовима (ск. 2.а). Црква није осликана. Дужина јој је око 9 m, колико приближно износи и распон између бочних кракова. Тлоцрт је искривљен, без правих углова, и без главне осе која би била симетрала улазног и чеоног крака (ск. 2.б).

* tadic@gef.bg.ac.rs

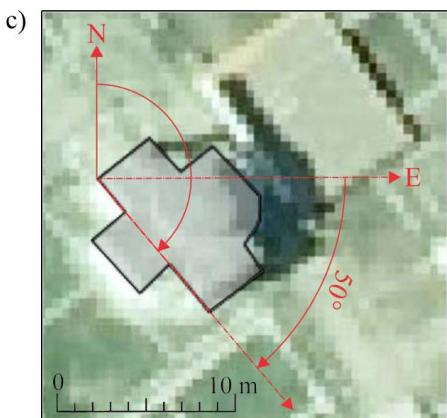


Скица 1. а) Ортофото Нина (крстићем је означен положај цркве); б) ортофото цркве св. Крижа (<http://геортал.dgu.hr/>); фотографије цркве св. Крижа: с) поглед са SW (улазна страна); д), поглед са SE (апсидна страна); е) поглед са SW; ф) и са поглед са S.



Црква св. Крижа, уз цркву св. Доната у Задру, спада међу најпознатије старохрватске цркве, добрим делом захваљујући сликару и историчару уметности М. Пејаковићу (1928–2005) који је тврдио да неправилности конструкције нису последица неукости градитеља него да се, заправо, ради о „правилним неправилностима” (Пејаковић, 1978; 1981; 1982). Према њему, старохрватски протомајстор је намерно деформисао тлоцрт и асиметрично распоредио апсиде и прозоре, да би створио комплексну грађевину, истовремено богомољу, редуковани календар (својом спољашњом структуром) и молитвени сунчани часовник (унутрашњом структуром).

Скица 2.



а) Скица цркве св. Крижа: 1) улазни крак; 2) чеони крак са полукружном апсидом уоквиреном правоугаоним зидовима; 3) бочни кракови; 4) апсиде бочних кракова; 5) средишња круголика купола на високом тамбуру; 6) накнадно дограђени звоник у облику преслице;

б) тлоцрт цркве св. Крижа (Eitelberger R., 1861), оријентисан према приказу на ортофото карти (с);

с) поједностављен контурни приказ цркве св. Крижа на ортофото карти (<http://geoportal.dgu.hr/>).

Нису сви прихватили ту красноречиву причу (Piplović, 1995), али је неким чудом изостала озбиљнија критика: могуће је да су историчари архитектуре и географи устукнули пред замршеним и напорним објашњењима која прате геометријске конструкције у Пејаковићевој књизи, а астрономи нису имали времена да се баве земаљским објектима, или су се и једни и други устручавали да доведу у питање тврдње које уздижу старохрватско градитељство? Резултат: априорно прихвативши причу, знатижељници су се од 2009. године почели окупљати за време летњег солстицијума око цркве св. Крижа, да чекају излазак сунца, слично новодруидима у Стоунхенџу:

„Први Фестивал Сунца и свјетлости у цркви Светог Крижа у Нину, одржан је тијеком првог дана љета у краљевском граду и тим је почела нова традиција једног новог и на нашим просторима јединственог догађања. Програм је започео у раним јутарњим сатима, у вријеме самог сунцостаја када су окупљени могли проматрати игру сунчеве свјетлости која се ствара захваљујући посебном распореду и обликовању прозора” (Стагличић, 2009).

Изостала је, дакле, егзактна анализа какве су последњих година вршене на црква у више балканских земаља (Iliades, 2006; Antonaki, 2007; Tancheva, 2010; Tadić, 2012; Shumka, 2013 и др), анализа каквом ћемо се бавити у наредном поглављу.

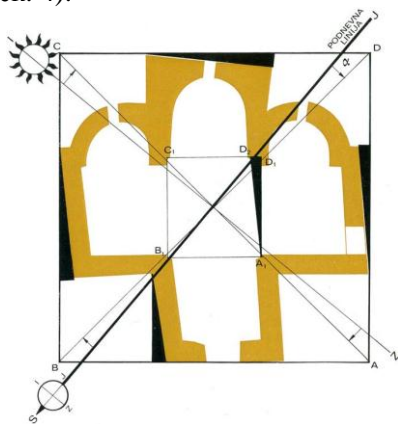
Анализа оријентације цркве св. Крижа: резултати и дискусија

У наставку су редом (1–12) издвојене главне тврдње из поменуте књиге М. Пејаковића (1878) (изузев оних „неастрономских”, везаних за црквене празнике). За сваку од њих у заградама су наведени бројеви одговарајућих страница и илустрација у књизи. Свака тврдња је попраћена коментаром, с том разликом што се бројеви у заградама односе на илустрације из овог чланка.

1. Уздужна оса цркве није постављена правцем запад–исток; главна апсида се налази на југоистоку (стр. 31, ск. 3).

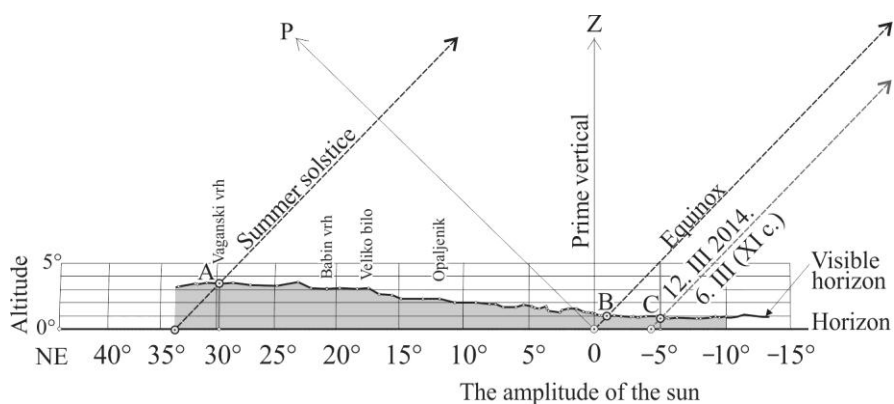
Коментар. То у књизи није директно написано, али је то очито из нацрта које она садржава. У књизи, такође, нигде није наведен угао отклона главне осе цркве од источног правца, који приближно износи $\Delta A = 50^\circ$ (ск. 2.с). „Приближно”, јер је оса цркве изломљена (улазни крак-поткуполно поље-главна апсида); $\Delta A = 50^\circ$ односи на осу поткуполног поља/трапеза.

4. Једна дијагонала описаног квадрата одређена је правцем прве зраке излазећег сунца за еквинокцијума – усмерена је ка тачки „правог истока” на Велебиту (стр. 33, ск. 4).



Скица 3. Тлоцрт цркве св. Крижа, описани квадрат (ABCD), поткуполно поље ($A_1B_1C_1D_2$), угао отклоне α (затамњена поља) и хипотетички правац еквинокцијског изласка сунца (AC) (Пејаковић, 1978, стр. 29).

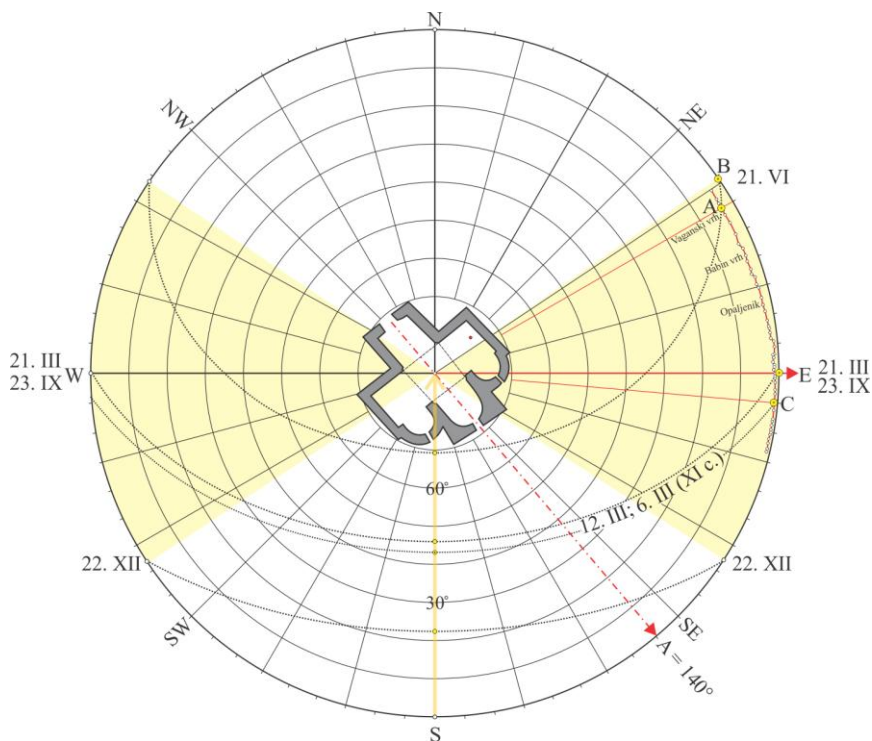
Коментар. Према томе, јутарња даљина сунца 21. III је $a = \alpha = 5^\circ$. Након што се на одговарајућим листовима ТК100 конструише природни топографски профил по продужетку дијагонала AC, могуће је одредити висину сунца у тренутку изласка у том правцу ($h = 0,8^\circ$), а затим вредност деклинације сунца ($\delta = -3,02^\circ$) и одговарајући пролећни датум савременог (12. III) и Јулијанског календара у XI веку (6. III) (Тадић и Петровић, 2011).



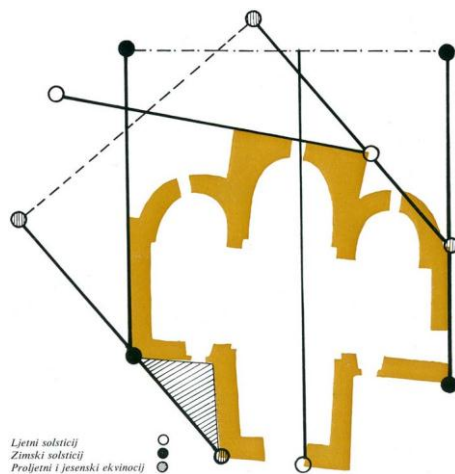
Скица 4. Геометризовани сектор физичког хоризонта цркве св. Крижа у ортографској попречној пројекцији, у распону азимута од $A_N = 55^\circ$ до $A_N = 95^\circ$; (A, B, C) – тачке стварних изласака сунца за време летњег солстицијума, оба еквинокцијума, и 12. III (при азимуту изласка сунца $A_N = 95^\circ$).

Градитељ цркве св. Крижа, дакле, није у XI в. могао одредити тај правац посматрајући излазеће сунце 21. III (ск. 4, ск. 5). (Стварно, у XI веку пролећни еквинокцијум је по Јулијанском календару падао 15. III, али то нису знали градитељи тог доба).

А објашњење правца дијагонале заправо је сасвим једноставно: прилагођавајући се постојећем урбаном склопу (што је чест случај), протомајстор цркве св. Крижа је описани квадрат тлоцрта цркве закренуо 50° у односу на стране света тако да дијагонале са кардиналним правцима заклапају углове једнаке 5° , и ту нема ништа необично.



Скица 5. Видљива небеска хемисфера приказана у азимутној еквидистантној пројекцији, са црквом св. Крижа као конструкцијом полом ($44^\circ 14' 34''$ N, $15^\circ 11' 04''$ E), са делом физичког хоризонта (види ск. 4), мрежом алмукантарата и вертикала ($\Delta A = 15^\circ$, $\Delta h = 10^\circ$) и дневним луковима привидних путања сунца за солстицијума и еквинокцијума. У центар је, центром поткуполног поља, постављен оријентисани тлоцрт цркве св. Крижа. На картографској мрежи су истакнути јутарњи (источни) и вечерњи (западни) сектори хоризонта који су ограничени солстицијским изласцима/заласцима сунца, укупног распона $67^\circ 28'$ (то јесте, $33^\circ 44'$ пута два). На мрежу је учртана и привидна путања сунца 12. марта, када сунце излази над физичким хоризонтом (над Велебитом) у тачки С која је 5° одмакнута од Е ка SE.



Скица 6. (Пејаковић, 1978, стр. 79)

7. Правци зидова бочних кракова цркве одређени су зрацима излазећег сунца зимског солстицијума, „помакнутим за угао α ” (стр. 41, ск. 9).

Коментар. Помакнутим за угао α – у ком смеру, и зашто помакнутим? Ако је, рецимо, екваторска тачка стварног изласка сунца помакнута за угао α према SE, то не значи да се стварне солстицијске тачке изласка сунца аутоматски померају за исти угао, то зависи од рељефа (ск. 5, ск. 6). Уосталом, тврдња није тачна, бочни зидови немају азимут стварног изласка сунца зимског солстиција, био он увећан или умањен за угао α , то јесте 5° (ск. 6, ск. 7, лево). И значи ли то да је протомајстор био толико докон да је глосерт будуће цркве исцртавао/искривљивао од пролећног екваторска до зимског солстицијума?

8. Чеони зид главне апсиде усмерен је „у смеру истока летњег солстицијума”, то јесте, ка тачки изласка сунца летњег солстицијума, (стр. 40–41, ск. 9).

Коментар. Ако се доследно посматрајују стварне тачке изласка сунца на физичком хоризонту (а не час те, час теоретске на математичком хоризонту), то није тачно: азимут стварне тачке изласка сунца, помакнуте ка источној тачки због рељефног заклона (гребена Велебита), није једнак азимуту чеоног зида апсиде (ск. 5, ск. 7, лево).

9. Бочне апсиде су искривљене да би правци из тачке са улазног прага ка прозорима апсида, са уздужном осом цркве заклапали углове једнаке $23,5^\circ$

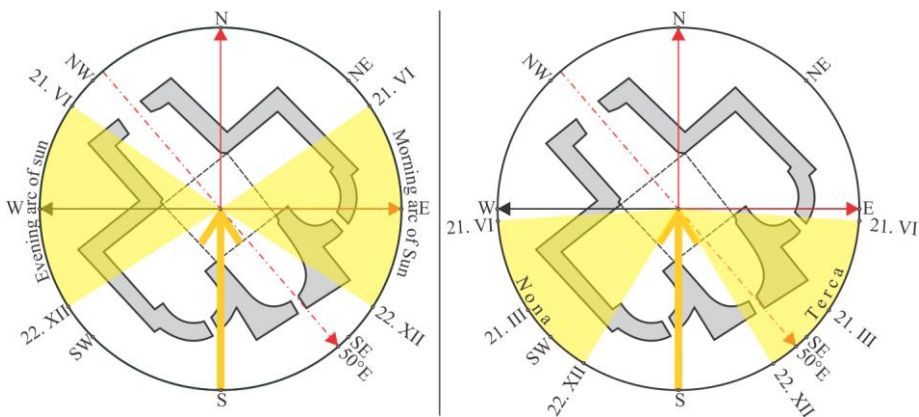
(стр. 47, ск. 14), а правци са средине базе поткуполног поља ка истим прозорима, углове једнаке солстицијским јутарњим/вечерњим даљинама сунца на хоризонту цркве св. Крижа (стр. 48, ск. 15).

Коментар. Протомајстор је, дакле, искривио бочне апсиде да би у цркви трајно „забележио” величину угла нагиба еклиптике према екватору и максималну величину јутарње/вечерње даљине сунца, једном гледајући са улазног прага (па мало лево), а други пут са базе поткуполног поља, визирајући час на унутрашње, час на спољашње ивице прозора. И једно и друго нема смисла, коме би, и зашто, протомајстор остављао такав „запис”? Нагиб еклиптике према екватору може се посредно бележити по подневачкој линији, зарезима на крајевима солстицијских сенки, а на неки начин материјализовати максималну јутарњу/вечерњу даљину сунца има смисла само ако је уздужна оса цркве оријентисана у складу са правилом, правцем запад-исток (ск. 7, лево).

10. Хоризонтални и вертикални нацрт цркве усаглашен је са подневним висинама сунца за солстицијума и еквинокцијума (стр. 70, ск. 32).

Коментар. У грађевинарству се мора водити рачуна о осунчавању просторија из здравствених и естетских разлога; оптимално осунчавање се постиже оријентацијом, обликом и положајем грађевине, те распоредом и величином прозора. Планирање се заснива на познавању сунчеве геометрије за одређену стајну тачку, за време солстицијума и еквинокцијума, а посебно подневних висина сунца које се, фигуративно речено, материјализују у самој грађевини. За цркву св. Крижа се то не може рећи, скице којима се то, као, доказује (ск. 29–32) доводе у заблуду посматрача да се уздужна оса цркве поклапа са подневачком линијом.

11. Сваки отвор на зиду цркве смишљено је постављен, оријентисан, димензиониран, и деформисан, да за време солстицијума и еквинокцијума усмери сунчеве зраке на одређена места и обавести посматраче да је наступио тренутак за почетак неке од дневних молитви дефинисаних према темпоралном часовном систему (стр. 72–86, ск. 36–45).



Скица 7. Оријентисан тлоцрт цркве св. Крижа са истакнутим хоризонтским секторима излазећег и залазећег сунца (лево), и секторима унутар којих се помера сунце у време терце и ноне (десно)

Коментар. У време једне те исте молитве (истог темпоралног часа), на пример терце (средина преподнева) или ноне (средина послеподнева) сунце се не налази у истом правцу него мења азимут у широком распону, на географској ширини цркве св. Крижа у распону $54^{\circ} 40'$ (ск. 7, десно), тако да сноп сунчевих зрака пропуштен кроз неки од прозора на зиду описује на поду цркве одговарајући лук хиперболе. Зато је положаје одсјаја прозора на поду и по зидовима цркве током године немогуће запамтити, а бележити их само за време солстиција и еквиноксијума, бескорисно је. Слике 36–38 тако су урађене да не доказују тврдњу, него обрнуто, својом претрпаности пре је доводе у сумњу.

12. Непосредна провера 1976. (21. VI и 22. IX) и 1977. (21. XII) потврдила је тачност предвиђања (стр. 139–160, ск. 38–76).

Коментар. Приложене фотографије, без наведеног тренутка снимања (h:min), не доказују да су фотографисани ефекти резултат смишљеног моделирања цркве, а не случајни спољашњи ефекти сенки које бацају зидови једни на друге, или ефекти у унутрашњости које стварају одсјаји снопова сунчевих зрака пропуштени кроз прозоре цркве. На страну то што је проверу, због разлике Јулијанског и Грегоријанског календара, требало вршити, не 21. VI и 22. XII, него по шест дана касније, десет дана пре и десет дана после солстицијума сунце практично излазни у истој тачки (помери се свега 1°) тако да јутарњи снимци црквених зидова у том периоду ништа поуздано не доказују.

Закључак

Географски азимут главне осе цркве св. Крижа износи приближно $A_N = 140^\circ$, што значи да се налази ван хоризонтског сектора излазећег сунца, то јесте, да црква није оријентисана у складу са црквеним правилом које налаже да црква треба бити усмерена „ка истоку” или „ка изласку сунца” (Мирковић Л., 1966). Таква оријентација цркве св. Крижа диктирана је положајем скупа старијих грађевина међу које је црква уклопљена, грађевина чији се темељи (постављени попреко на правац буре) јасно виде на ортофото карти Нина.

Пројектни тлоцрт цркве је једнакостранични крст, грчки крст. Након што је заравнао терен, средњовековни протомајстор је прво конструисао квадрат, па онда у њега уписивао крст. У идеалном случају пројектни квадрат би био оријентисан према странама света, а код цркве св. Крижа закренут је 50° од истока ка југоистоку. Зато дијагонале замишљеног пројектног квадрата који описује тлоцрт цркве св. Крижа одступају 5° од кардиналних праваца. Тако тај угао нема никакво скривено значење.

Средњовековни протомајстор је имао скромна помагала, конопац са чворовима и угаоник, тако да не чуди што није тачно конструисао тлоцрт. Није добио праве углове, искривио је централни квадрат поткуполног поља и кракове грчког крста, искосио зидове и деформисао полукружне апсиде, тамбур и куполу, а касније у истом стилу наставио асиметричним распоредом прозора и ниша. Таква одступања су уобичајна за већину цркви тога доба, мајстори једноставно нису успевали да верно пренесу задати нацрт:

„Посвуда [код старохрватских грађевина] наилазимо на одступања; круг је више елипса неголи круг, квадрати су неједнаких страница и неправилних кутова, у распореду прозора и ниша једва се разабире начело симетрије. Неправилности проналазимо и у пресеку грађевина, лукови прозора често су помакнути изван осе, неједнаки су унутарњи и вањски обриси отвора. Црквице су заправо збирка неправилности које можемо посвуда замијетити” (Dobrić, н. д.).

Тако је настала црква св. Крижа, као скуп различитих и лако уочљивих градитељских неправилности. Из тумачења које је у својој књизи опширно изложио сликар М. Пејаковић, да протомајстор није хтео тачно пренети нацрт, него га је плански деформисао с намером да цркву претвори у астрономски календар и молитвени часовник, произилази да је

протомајстор, осим што је одлично познавао календар, знао одредити стране света, висину небеског пола (климат), јутарњу и вечерњу даљину сунца, подневне висине сунца, тачно време по темпоралном часовном систему и хоризонтске координате сунца у тренуцима дневних молитви. То даље значи да је протомајстор цркве св. Крижа одлично познавао Витрувијевих „X књига о архитектури” и поседовао завидно астрономско знање, то јесте, да је био врхунски архитекта тога доба. А да је био врхунски архитекта, црква св. Крижа би сасвим другачије изгледала.

У настојању да докаже своју хипотезу, М. Пејаковић јој је „подешавао” чињенице, конструисао бројне, често варљиве цртеже, „натезао” углове и померао тачку посматрања (центар поткуполног поља, средина основице поткуполоног поља, тачка на улазним вратима), уз врло напорна објашњења, која сама по себи код читаоца буде сумњу – Ако је то тачно, зар се није могло једноставније образложити? Давши сувише маха фантазији, створио је фикцију коју нико од компетентних стручњака, изгледа, није хтео да доводи у питање, можда због зебње да би то могло бити криво схваћено као атак на цело хрватско народно градитељство. А таква се прича, ако би то некеме био циљ, може исплести око односа светла и сенке сваке цркве, било како оријентисане, посебно оне разгранатог тлоцрта. Током 365 дана у години, од којих је сваки посвећен неком црквеном светитељу или догађају, сунце сваког дана над хоризонтом описује нову привидну путању, излази и залази у новим тачкама физичког хоризонта и постиже различите подневне висине, и у складу с тим, црквени зидови бацају, примају и преламају различите сенке, а кроз прозоре у унутрашњост цркве из разних праваца и под различитим угловима продиру снопови сунчевих зрака и падају на различита места пода и зидова цркве, између осталог и на ликове приказане на фрескама и иконама – „душу дало” за фикцију.

Понесен хипотезом коју је створио о соларном смислу цркве св. Крижа, М. Пејаковић је сазидао својеврсну кулу од карата, али је њоме први на простору бивше Југославије указао на потребу егзактног проучавања оријентације средњовековних цркава, и то је, заправо, његова главна заслуга. А самој цркви св. Крижа није потребно лажно „соларно рухо”, она је и без њега лепа у својој својој рустикалној једноставности.

Списак литературе

- Antonaki, T.(2007). Lighting and Spatial Structure in Religious Architecture: A comparative Study of a Byzantine Church and an Early Ottoman Mosque in the city of Thessaloniki. *Proceedings, 6th International Space Syntax Symposium, Istanbul*, 34-45.
- Vežić, P. (2013). Memorije križnoga tlocrta na tlu Istre i Dalmacije. *Ars Adriatica*, 3, 21-52
- Dobrić, S.(н. д.) Starohrvatske sakralne građevine. *Nova Akropola: filozofija - humanizam – kultura*, 18. преузето са: <http://nova-akropola.hr/kultura/casopis/>
- Eitelberger, R. (1861). *Die mittelalterlichen Kunstdenkmale Dalmatiens*. Vienna.
- Eitelberger von Edelberg, R. (1884). *Srednjovjekovni umjetnički spomenici Dalmacije*. Beč (reprint: Leykam International, Zagreb, 2009.)
- Iliades, Y. (2006), The orientation of Byzantine Churches In eastern Macedonia and Trace. *Mediterranean Archaeology and Archaeometry, special issue*, 6 (3), 20-26.
- Мирковић, Ј. (1966). *Православна литургија или наука о богослужењу православне источне цркве – I*, Београд: Српски архиепископски синод СПЦ.
- Ненадовић, М. С. (2003). *Грађевинска техника у средњовековној Србији*. Београд: Просвета.
- Рејаковић, М. (1978). *Број из свјетлости – старохрватска црквца Светог Крџа у Нињу*. Загреб: Накладни завод Матце Хрватске.
- Рејаковић, М. (1981). *Starohrvatska sakralna arhitektura*. Загреб: NZMH i KS.
- Рејаковић, М. (1982). *Le Pietre e il sole*. Milano: Jaca Book.
- Piplović, S. (1995). Razmatranje o orijentaciji starohrvatskih crkava u Dalmaciji. *Starohrvatska prosvjeta*, III (21), 171–182.
- Potamianos, I. (1996). *Light into Architecture: Evocative Aspects of Natural Light as Related to Liturgy and Byzantine Churches*, PhD, Michigan: University of Michigan.
- Stagličić, I. (2009). Festival Sunca i svjetlosti u Sv. Križu. *Zadarski list*, 23.06.2009. преузето са: (<http://www.zadarskilist.hr/clanci/23062009/festival-sunca-i-svjetlosti-u-sv-križu>)
- Shumka, L. (2013). Considering Importance of Light in the PostByzantine Church in Central Albania. *International Journal of Innovative Research in Science, Engineering and Technology*, 2 (11).
- Тадић, М. (2004). *Сунчани часовници*. Београд: Завод за уџбенике и наставна средства.
- Тадић, М., Петровић, А. (2011). Mathematical-geographical analysis of the orientation of st John's church of the Studenica monastery. *Journal of the Geographical Institute "Jovan Cvijić"* 61(1), 1-11. (Available online at www.gi.sanu.ac.rs)
- Tadić, M. (2012). Orientation of the Serbian Monastery Studenica Churches. *Publications of the Astronomical Observatory of Belgrade (Proceedings of the XVI National Conference of Astronomers of Serbia: october 10 – 12)*, 91, 315-320.
- Tancheva, E. (2010). Colour and Light in the Post-Byzantine Church Architecture in the Town of Arbanassi, Bulgari a. *Colour and Light in Architecture_First International Conference 2010_Proceedings*. 8-34.